

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 5**



**SISTEMA PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES SOBRE  
DATOS PARAMETRIZADOS**

**Trabajo de diploma para optar por el título de:**

**Ingeniero en Ciencias Informáticas**

**Autor: Luanner Kerton Martinez**

**Tutor: Msc. Marvyn Amado Márquez**

**Co-Tutor: Msc. Lidiexy Hernández Alonso**

**La Habana, Junio 2012**



### ***Declaración de autoría***

---

Me declaro como único autor de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas como entidad con los derechos patrimoniales exclusivos sobre la misma.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

---

Luanner Kerton Martinez.

---

Msc: Marvyn Amado Márquez

Tutor

---

Msc: Lidiexy Hernández Alonso

Co-tutor.



## **Dedicatoria**

*A mi abuela Nenita, por ser la primera en alentarme a ser un profesional.*

*A mi madre, por darme la virtud de vivir, crecer y luchar.*

*A mi hermano, por permitirme ser su ejemplo.*

*A la ciencia, por apasionarme.*

## **Agradecimientos**

*A mi madre y mi hermano, que han sido fieles acompañantes a mi causa sin dejar de requerirme, felicitarme o alentarme en los momentos necesarios.*

*A mi padre, por ayudarme a encontrar mi vocación y apoyarla toda el tiempo.*

*A mi tía Cele, por defenderme en todo momento y compartir conmigo mis victorias.*

*A Reynier Pérez, por enseñarme como ser un profesional y corregirme los fallos.*

*A Karel Piorno, por acompañarme en estos nueve años demostrando amistad, hermandad y cariño.*

*A Tomás López Jiménez, por mostrarme lo que es ciencia y motivarme a crearla.*

*A mis tutores, por confiar en mí y ayudarme a progresar, a investigar y a crear ciencia.*

*A mi novia, por asistirme en todo, por motivarme a ser mejor y por creer en mis ideales.*

*A mis amigos: Ana, Mora, Yasmany, Sonia, Osmel, Leyannis, Luis Enrique, Jairo, Miguel Ángel, Yanna, por compartir conmigo en los momentos de gloria y desesperación.*

*A la familia de Osmel, por acogerme como hijo y colaborar en el desarrollo de esta investigación.*

*A los compañeros de Altoserra: Francisca, Osmel, Taiza, Alexander, Alfonso, por desinteresadamente apoyarme en mi formación profesional.*

*A todos los profesores que de una forma u otra han aportado a mi formación, gracias por contribuir a que hoy sea mejor persona.*

*A todos aquellos que de una forma u otra colaboraron con el proyecto DSerp, gracias por compartir este sueño.*

*A mi país, por darme esta oportunidad.*

## Resumen

Dentro del entorno corporativo, las decisiones influyen directamente en la competitividad y productividad de las organizaciones, determinado la eficiencia y eficacia durante la creación de productos y servicios. En el sector agrícola, los métodos de asistencia que dan soporte a decisiones estratégicas están marcados por características específicas que obligan a la optimización de procesos de gestión dentro de los sistemas de información. El EBMS DSerp Agro es un sistema estratégico para la gestión avanzada de recursos y procesos agrícolas que da soporte a procesos empresariales dentro de redes de negocios en el sector agropecuario. En la presente investigación se argumenta el desarrollo de un sistema de soporte para la toma de decisiones sobre datos parametrizados para el sistema EBMS DSerp Agro, que permitirá fundamentar las decisiones estratégicas en procedimientos científicos, basándose en datos institucionales a partir de la colaboración de varios procesos de gestión. Con este sistema, los gestores podrán definir los parámetros beneficiosos para los procesos de decisión, así como determinar y evaluar los criterios que influyen en los objetivos de decisión durante las situaciones de incertidumbre. Este documento hace un estudio del arte sobre las técnicas, modelos y herramientas para la toma de decisiones, describe el desarrollo del sistema a partir de la metodología *Extreme Programming* utilizada, y exhibe un resumen de los resultados alcanzados tras su integración a la plataforma EBMS DSerp Agro.

Palabras Clave: agricultura, decisión estratégica, EBMS DSerp Agro, entorno empresarial, sistema de soporte a decisiones.



## Contenido

Introducción .....	1
Capítulo 1. Fundamentación teórica .....	1
1.1 Introducción .....	1
1.2 Teoría de decisión o incertidumbre .....	1
1.2.1 Tipos de decisión .....	2
1.2.2 El juicio humano y toma de decisiones .....	3
1.2.3 Modelos de decisión .....	4
1.2.4 Componentes de un modelo de decisión .....	4
1.3 Criterios de decisión .....	6
1.3.1 Criterio de Wald .....	6
1.3.2 Criterio de Laplace .....	6
1.3.3 Criterio de Hurwicz .....	7
1.3.4 Criterio de Savage .....	8
1.4 Sistemas de soporte a decisiones .....	9
1.4.1 Clasificaciones de un Sistema de soporte a decisiones .....	11
1.4.2 Arquitectura de los Sistemas de soporte a decisiones .....	14
1.4.3 Tipos de Sistemas de soporte a decisiones .....	15
1.5 Inteligencia de negocios .....	16
1.5.1 Fases de un proceso de inteligencia de negocios .....	17
1.6 Soluciones actuales de Inteligencia de Negocio y toma de decisiones .....	18
1.7 Herramientas y Soluciones Técnicas .....	20
1.7.1 Metodología de desarrollo de software .....	20
1.7.2 Lenguaje de modelado .....	21
1.7.3 Herramientas de desarrollo .....	21
1.7.4 Frameworks .....	22
1.7.5 Servidor Web .....	24
1.7.6 Base de datos .....	25
1.8 Conclusiones .....	25
Capítulo 2. Descripción del sistema .....	26
2.1 Introducción al capítulo .....	26
2.2 Consideraciones del negocio .....	26
2.2.1 EBMS DSerp Agro .....	26
2.2.2 Objeto de automatización .....	26

2.2.3	Información que se manipula .....	27
2.3	Propuesta del sistema .....	29
2.4	Exploración y Planificación .....	30
2.4.1	Historias de usuario .....	30
2.4.2	Requerimientos no funcionales.....	35
2.4.3	Estimación de esfuerzos por historia de usuario.....	37
2.4.4	Plan de iteraciones .....	38
2.4.5	Plan de entregas.....	39
2.5	Conclusiones del capítulo .....	39
Capítulo 3.	Descripción de la solución .....	40
3.1	Introducción al capítulo.....	40
3.2	Métodos y técnicas .....	40
3.2.1	Modelos basados en Programación Lineal. ....	40
3.2.2	Métodos basados en Inteligencia Artificial. ....	40
3.2.3	Elección del modelo para el sistema.....	41
3.2.4	Modelo de decisión.....	41
3.3	Diseño del sistema .....	46
3.3.1	Elección de patrones .....	46
3.3.2	Diseño de bases de datos .....	48
3.4	Conclusiones del capítulo .....	49
Capítulo 4.	Implementación y validación de resultados.....	50
4.1	Introducción al capítulo.....	50
4.2	Tareas de ingeniería.....	50
4.3	Pruebas.....	53
4.3.1	Casos de prueba de la primera iteración.....	55
4.3.2	Casos de prueba de la segunda iteración.....	58
4.4	Validación de resultados.....	59
4.4.1	Resultados de la integración a DSerp Agro. ....	59
4.4.2	Validación de incidencias en el negocio.....	60
4.5	Conclusiones del capítulo .....	61
	Conclusiones Generales .....	62
	Recomendaciones.....	63
	Referencias bibliográficas .....	64



La toma de decisiones es un proceso vinculado al hombre desde su inicio, y se reconoce como una característica que ha permitido a nuestra especie adaptarse, comprender y manipular las diferentes situaciones que se han presentado en el devenir histórico de la humanidad. Asociado a esta evolución, el proceso de decisión se ha hecho más complejo y determinista, creciendo el número de factores y alternativas que se consideran.

En las sociedades modernas, el entorno competitivo y productivo de las empresas está obligando a optimizar procesos que afecten su rendimiento financiero y operativo, lo que ha obligado a los altos ejecutivos a desarrollar el “criterio empírico” para fundamentar sus decisiones estratégicas. Sin embargo las nuevas, y algunas no tan nuevas características del entorno empresarial bajo los efectos de globalización de las empresas, de los mercados, de las tecnologías, de los flujos de capitales y de los productos, ejercen una enorme influencia sobre la competitividad y la productividad de las organizaciones, presionando con ello a fundamentar cada vez menos las decisiones en los sentidos, para hacerlo cada día más apoyadas en los sistemas de información y las tecnologías.

Como apoyo para la evaluación y selección de alternativas en ambientes empresariales, existen herramientas denominadas Sistemas de Soporte de Decisiones (*DSS* por sus siglas del inglés *Decision Support System*), definidos como sistemas de cómputo interactivos y flexibles, desarrollados para apoyar la solución de un problema de gestión no estructurado para mejorar la toma de decisiones (Turban, 1995). Los estudios teóricos sobre los *DSS* se comenzaron a finales de la década de 1950, en el Instituto Tecnológico de Carnegie, y el trabajo técnico comenzó a desarrollarse por primera vez en el Instituto Tecnológico de Massachusetts en la década de 1960, ambos fundamentados en los criterios de decisión que se venían desarrollando desde la tercera década del siglo XIX.

Los *DSS* constituyen una capa o utilidad de la Inteligencia de Negocios (*BI* por sus siglas del inglés *Business Intelligence*), brindando la posibilidad de realizar el análisis de las diferentes variables de negocio para apoyar el proceso de toma de decisiones de los directivos (Kent, 1999), por lo que todo *DSS* cumple que:

- Permite extraer y manipular información de una manera flexible.
- Ayuda en decisiones no estructuradas.
- Permite al usuario definir interactivamente qué información necesita y cómo combinarla.



Y opcionalmente también puede:

- Incluir herramientas de simulación y modelización.
- Combinar información de los sistemas transaccionales internos de la empresa con los de otra empresa externa.

En el mercado existen herramientas de *BI* que proveen esquemas para la toma de decisiones a partir de colecciones de datos, y bajo estructuras sólidas y rígidas que están atadas a las arquitecturas propuestas por sus desarrolladores (Sauter, 2010), algunas de estas son:

- SEAP, de *SONDA Inc.*
- Suite Artus, de *Bitman*.
- Crystalis, del grupo *Business Objects* de la compañía *SAP*.
- El proyecto Pentaho.
- Oracle database 11g, de *Oracle*.

El principal objetivo de estas herramientas es procurar una correcta administración y creación del conocimiento a través del análisis de los datos de la empresa, con el fin de que esta información sea útil para la toma de decisiones estratégicas.

En la actualidad, existen empresas cubanas de diferentes sectores de la economía que utilizan sistemas *DSS* como apoyo a la toma de decisiones. Ejemplo de ello es el sistema de apoyo para la toma de decisiones del sistema penitenciario SIGEPOL, y el subsistema de balance de carga de módulo de almacenamiento y gestión de datos de SCADA.

La agricultura es uno de los sectores productivos que demanda soluciones de *BI* debido a su fuerte responsabilidad económica y el volumen de datos que maneja. En consecuencia, existen diferentes herramientas que garantizan la gestión de datos en entidades agrícolas, como el Versat, Conet o Windamer, que son las más utilizadas. Además, se encuentra en desarrollo el EBMS<sup>1</sup> DSerp Agro, un sistema estratégico para la gestión avanzada de recursos y procesos agrícolas, diseñado para grandes negocios, con un esquema multiempresa y definido para operar en ambientes internos y externos a las organizaciones, por lo que maneja grandes colecciones de datos. Este sistema, al igual que los anteriores, carece de un esquema que permita al decisor elaborar una lista de estados de decisión que son relevantes para las situaciones involucradas a partir de los cuales se puedan definir las mejores alter-

---

<sup>1</sup> EBMS: siglas del inglés *Enterprise Business Management System* o Sistema de Administración de Negocios Empresariales en español.

nativas; y por consecuencia, no permite identificar los parámetros que son beneficiosos para el negocio y que éstos influyan en la alternativa recomendada por el sistema, lo que provoca:

- Decisiones imprecisas que no consideran criterios de relevancia.
- Supresión de factores de riesgo de alta permanencia en el negocio.
- Realización de un análisis repetitivo sobre los datos durante el proceso de decisión.
- Adaptación de medidas fundamentadas por el análisis global y no preferencial de criterios de decisión.

Teniendo en cuenta la situación problemática planteada se define como **problema a resolver**: ¿Cómo determinar la relevancia de los parámetros que afectan al negocio y que esta influya en la toma de decisiones en el EBMS DSerp Agro?

Lo que determina como **objeto de estudio**: Toma de decisiones en procesos empresariales.

Para darle solución al problema planteado se propone como **objetivo general**: Desarrollar un sistema que basándose en la importancia de los parámetros genere pronósticos que ayuden a la toma de decisiones en EBMS DSerp Agro.

Teniéndose como **objetivos específicos**:

- Desarrollar un sistema para el análisis de datos y toma de decisiones que tenga un aprendizaje supervisado a partir de los hechos.
- Ofrecer un escenario que permita, a partir de los datos, la configuración de parámetros y prioridades que son beneficiosas para el proceso de decisión.

Por lo expresado, se define como **campo de acción**: Toma de decisiones basada la relevancia de los parámetros en ambientes empresariales.

Se plantea la siguiente **idea a defender**:

Si se desarrolla un sistema de apoyo para la toma de decisiones que a partir de patrones y tendencias, considere la relevancia de los datos involucrados y permita definir el grado de afectación de dichos datos al negocio, se favorecerá la toma de decisiones respondiendo a los criterios de interés del usuario.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos se definen las siguientes **tareas de investigación**:

1. Elaborar el marco teórico de la investigación a partir del estudio del estado del arte existente sobre el tema.
2. Identificar la técnica de decisión idónea que responda a los objetivos planteados.
3. Definir los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.
4. Diseñar el sistema de soporte para la toma de decisiones.
5. Implementar la solución propuesta
6. Validar la solución mediante su prueba y despliegue.

Desde el punto de vista metodológico se emplean los siguientes **métodos científicos**:

#### **Métodos teóricos:**

**Análítico – Sintético:** Utilizado para analizar elementos bibliográficos y definiciones sobre los sistemas de soporte para la toma de decisiones, con el objetivo de arribar a conclusiones que sustenten la necesidad de la investigación.

**Análisis histórico – lógico:** Es utilizado para analizar la evolución histórica de soluciones similares, las tendencias más recientes en la toma de decisiones dentro como capa de la inteligencia de negocios y basándose en esos datos, complementar las características necesarias y deseables para la solución que se propone.

**Modelación:** Se empleará para representar mediante gráficas, modelos y esquemas la solución propuesta.

#### **Métodos empíricos:**

**Observación:** Para realizar el estudio de las características y comportamientos de los usuarios de soluciones similares permitiendo la formulación global de la investigación.

**Entrevista:** Se aplica a especialistas en el control y análisis de datos empresariales para determinar requerimientos e impresiones que aporten valores y bases para la investigación.

El contenido se estructurará de la siguiente manera.

**Capítulo 1.** Fundamentación Teórica: En este capítulo se definen los conceptos y principios utilizados durante toda la investigación y se presentan los argumentos teóricos que responden a las técnicas a utilizar.

**Capítulo 2.** Características del sistema: Se argumentan las necesidades del sistema DSerp Agro, la información a manipular por el sistema de soporte a decisiones y se realiza una descripción de los requerimientos y la planificación a tener en cuenta durante el desarrollo.

**Capítulo 3.** Descripción de la solución: Se describe el diseño propuesto para la solución, se definen los modelos y técnicas que utilizará el sistema, las fases propuestas para el mismo y se argumentan los artefactos definidos durante el diseño de la aplicación.

**Capítulo 4.** Implementación y validación de resultados: Se describen los procesos de implementación del sistema, reflejando en cumplimiento de los objetivos de los capítulos anteriores. Se detallan las pruebas realizadas y se reflejan los resultados alcanzados con el despliegue de la solución propuesta.

## 1.1 Introducción

En este capítulo se abordan una serie de conceptos y descripciones relacionados con el proceso de toma de decisiones; se describen los sistemas y modelos asociados, reflejando las aplicaciones más destacadas en el mercado dedicadas a realizar procedimientos similares al que se propone en este trabajo. Además, se detallan y fundamentan las herramientas y tecnologías a utilizar durante el desarrollo del sistema.

## 1.2 Teoría de decisión o incertidumbre

Una decisión es una elección consciente y racional, orientada a conseguir un objetivo, que se realiza entre diversas posibilidades de actuación (o alternativas). Antes de tomar una decisión se debe calcular cuál será el resultado de escoger una alternativa. En función de las consecuencias previsibles para cada alternativa se tomará la decisión. Así, los elementos que constituyen la estructura de la decisión son: los objetivos de quien decide y las restricciones para conseguirlos; las alternativas posibles y potenciales; las consecuencias de cada alternativa; el escenario en el que se toma la decisión y las preferencias de quien decide (Goodwin, y otros, 2004).

Así, en su dimensión más básica, un proceso de toma de decisión puede entenderse como la elección de lo “mejor” entre lo “posible”. Ahora bien, según se defina qué es lo mejor y qué es lo posible se enfrentan distintas situaciones de decisión. La optimización clásica tiene como característica general que lo mejor, el objetivo, es único y está claramente determinado (excepto en optimización multiobjetivo) y que lo posible, las soluciones factibles, no vienen expresadas explícitamente sino en forma de restricciones y sin incertidumbre (excepto en optimización estocástica, que no es precisamente clásica). Pero además de estos contextos de decisión de optimización clásica, existen otros que configuran lo que se suele denominar en términos amplios la teoría de la decisión (Sauter, 2010).

Tres grandes bloques son los que se suelen abordar en este análisis:

- La teoría de la decisión con incertidumbre o riesgo, en la que se analiza la toma de decisiones con aleatoriedad o incertidumbre en los resultados, de modo que las consecuencias de una decisión no están determinadas de antemano, sino que están sujetas al azar.

- La decisión multicriterio, en la que dada una decisión sus consecuencias están perfectamente determinadas, lo que no está definido tan claramente es qué es lo mejor, existiendo varios objetivos en conflicto.
- La teoría de juegos, en la que las consecuencias de una decisión no dependen únicamente de la decisión adoptada, sino, también de la que elijan otros jugadores. En este contexto, los problemas de decisión con aleatoriedad de este bloque suelen ser denominados juegos frente a la naturaleza.

Una de las situaciones de mayor dificultad a la hora de tomar una decisión es aquella en la que las consecuencias de las decisiones no pueden ser controladas, sino que están sujetas a la aleatoriedad; esta aleatoriedad puede provenir, tanto porque el proceso pueda estar gobernado por el azar, como por una falta de información que nos impida determinar con exactitud cuáles son esas consecuencias. El contexto en que nos encontramos por lo tanto, es aquél en el cual el decisor ha de tomar una decisión ante una situación con diversos estados gobernados por el azar. Los elementos que intervienen en un proceso de decisión de estas características son:

- $E = \{E_1, \dots, E_m\}$ : Conjunto de estados (o parámetros) de la naturaleza o posibles escenarios.
- $A = \{A_1, \dots, A_m\}$ : Conjunto de posibles alternativas o decisiones.
- $X_{j,i}$ : Consecuencia de tomar la decisión  $A_i$  y se dé el estado  $E_j$ .

En ocasiones también intervienen las probabilidades a la hora de escoger una decisión:

- $P_j$ : probabilidad de que se dé un estado  $E_j$ ; este valor muchas veces no es conocido.
- $P$ : probabilidad de que se dé el estado  $j$ .

### 1.2.1 Tipos de decisión

Existen diferentes tipos de decisión en dependencia de la visión de quien tome la elección que se considera. Desde una visión simple, el proceso de toma de decisiones es que existe un problema con la elección de una alternativa para resolverlo (Cross, 2001). Una visión más desarrollada incluye el proceso de elaboración de las alternativas; es decir, dado el enunciado de un problema, elaborar una lista exhaustiva de todas las opciones de elección. Desde una panorámica más completa, se incluye además la búsqueda de las oportunidades para cada alternativa (es decir, el procedimiento para descubrir qué decisión debe tomarse).

Los tipos de decisiones dependen del contexto del problema y de la naturaleza de las decisiones asociadas a este. Influyen además, como el decisor considera el problema y en el método que eligen para resolverlo, ya que definen los procedimientos de resolución y los métodos de análisis de las variables involucradas.

### 1.2.2 El juicio humano y toma de decisiones

Los estudios teóricos sobre la toma de decisiones racionales, en particular, el contexto de la teoría de la probabilidad y la teoría de la decisión, han estado acompañados por la investigación empírica sobre si el comportamiento humano se ajusta a la teoría. Más bien se ha demostrado de manera convincente en numerosos estudios empíricos que el juicio humano para la toma de decisiones se basa en estrategias intuitivas en lugar de reglas de razonamiento teóricamente demostradas. Estas estrategias intuitivas, conocidas como juicios heurísticos en el contexto de la toma de decisiones, nos ayudan en la reducción de la carga cognitiva, pero a costa de una elección óptima de alternativas. En efecto, tanto nuestro juicio como nuestro procedimiento de elección de alternativas, muestran violaciones sistemáticas de los axiomas de probabilidad (en adelante, los prejuicios). Algunas discusiones de los resultados de las investigaciones más importantes, junto con los datos experimentales se pueden encontrar en una antología editada por Kahneman, (Kahneman, y otros, 1982).

Se puede decir que las personas que han logrado cierto nivel de experiencia en determinado dominio, estarán menos condicionadas a decisiones a juicio, y se acercan más a métodos óptimos de elección de decisiones. Mientras, las evidencias muestran que los expertos son más precisos que los novatos cuando toman decisiones dentro de su área de especialización, pero muestran los mismos errores e incoherencias en su juicio que los novatos cuando el problema de decisión está fuera de sus áreas del conocimiento. Los profesionales, como los médicos prácticos, utilizan esencialmente los mismos métodos heurísticos y son propensos a los mismos errores, aunque el grado de desviación a la normativa disminuye con la experiencia. Además de los estudios de laboratorio, existen pruebas en ambientes realistas que demuestran que los humanos, durante la toma de decisiones, presentan incluso, un rendimiento inferior a los sistemas lineales (Dawes, 1988). Por ejemplo, las predicciones de futuro comportamiento violento de los pacientes psiquiátricos realizados por un equipo de psiquiatras que tenían acceso a los registros de pacientes y que entrevistaron a éstos resultaron ser inferiores a un modelo simple que incluye sólo la incidencia del comportamiento violento en etapas pasadas. Las predicciones de consejeros matrimoniales relativos a la felicidad conyugal, se mostró ser inferior a un modelo simple que sólo considera la tasa de relaciones sexuales (una vez más, los consejeros matrimoniales tenían

acceso a todos los datos, incluyendo entrevistas con las parejas). Estudios con resultados similares se han llevado a cabo con los oficiales de préstamos bancarios, médicos, comités de acceso a la universidad, y así sucesivamente (Finlay, 1994).

### 1.2.3 Modelos de decisión

La superioridad de los modelos lineales más simples sobre el juicio intuitivo humano sugiere que una manera de mejorar la calidad de las decisiones es descomponer un problema de decisión en componentes más simples que están bien definidos y fáciles de entender. El estudio de un complejo sistema construido a partir de pequeños componentes puede ser asistido por técnicas formales, teóricamente sólidas. El proceso de descomposición y formalización de un problema se denomina modelado. La construcción de un modelo de un problema de decisión, en lugar de razonar acerca de un problema de una manera holística, permite la aplicación del conocimiento científico que puede ser transferido a través de problemas y, a menudo a través de dominios. Esto permite analizar, explicar y discutir acerca de un problema de decisión.

El deseo de mejorar la toma de decisiones humanas ha sido siempre la motivación para el desarrollo de una variedad de herramientas de modelado en las disciplinas de la economía, investigación de operaciones, teoría de decisiones, análisis de decisiones, y las estadísticas. En cada una de estas herramientas de modelado, el conocimiento acerca de un sistema se representa por medio de variables algebraicas, lógicas, o estadísticas. Las interacciones entre estas variables se expresan mediante ecuaciones o reglas lógicas, posiblemente enriquecidas con una representación explícita de la incertidumbre. Cuando la forma funcional de una interacción es desconocida, a veces se describe en términos puramente probabilísticos, por ejemplo, por una distribución de probabilidad condicional. Una vez que un modelo ha sido formulado, una variedad de métodos matemáticos se puede utilizar para el análisis. La toma de decisiones en condiciones de certeza ha sido abordada por métodos económicos y de investigación de operaciones, como el análisis de flujo de caja, análisis de punto de equilibrio, análisis de escenarios, la programación matemática, técnicas de inventario, y una variedad de algoritmos de optimización para la programación y la logística. La toma de decisiones bajo incertidumbre mejora los métodos anteriores con métodos estadísticos, tales como análisis de confiabilidad, la simulación y la toma de decisión estadística.

### 1.2.4 Componentes de un modelo de decisión

Aunque matemáticamente un modelo consta de variables y de las especificaciones de las interacciones entre ellas, desde el punto de vista de la toma de decisiones en un modelo se representan los tres



componentes siguientes: la medida de las preferencias sobre los objetivos de decisión, las opciones disponibles de decisión, y una medida de la incertidumbre de las variables que influyen en la decisión y los resultados (Druzdel, 2002.).

La medida de preferencia es ampliamente vista como el concepto más importante en la toma de decisiones. Los resultados de un proceso de decisión no son todos igualmente atractivos y es crucial para la elección examinar estos resultados en términos de su conveniencia. Las preferencias pueden ser ordinales (por ejemplo, se prefiere más ingresos que menos ingresos), por lo que son convenientes y necesarias a menudo para representar cantidades numéricas, especialmente si el resultado del proceso de decisión se compone de varios atributos que deben ser comparados en común escala. Incluso es conveniente esta representación cuando los resultados están formados por sólo un único atributo, pero la elección se hace en condiciones de incertidumbre; expresar las preferencias numéricas permite el equilibrio entre la conveniencia y riesgo.

El segundo componente de los problemas de decisión son las opciones disponibles de decisión. A menudo, estas opciones se pueden enumerar (por ejemplo, una lista de posibles proveedores), pero a veces son valores continuos de variables específicas (por ejemplo, la cantidad de materia prima que se mantenga en stock). Listar las opciones disponibles de las decisiones es un elemento importante de la estructuración del modelo.

El tercer elemento de los modelos de decisión es la incertidumbre. La incertidumbre es una de las características más propias y frecuente del conocimiento, provenientes de lo incompleto de las aproximaciones de la información, la imprecisión, y el modelo hecho en aras de la simplicidad. No sería una exageración afirmar que en el mundo real las decisiones que no impliquen la incertidumbre no existen o pertenecen a una clase verdaderamente limitada (Sauter, 2010).

La toma de decisiones bajo incertidumbre puede ser vista como una deliberación: la determinación de las medidas que deberían tenerse en cuenta para maximizar la ganancia esperada. Debido a la incertidumbre no hay garantía de que el resultado de la acción será el que se pretende, y lo mejor que se puede esperar es maximizar la probabilidad de un resultado deseable. El proceso se basa en la suposición de que una buena decisión es aquella que resulta de un buen proceso de toma de decisiones, que considere todos los factores importantes y que implique las alternativas de decisión, las preferencias, y la incertidumbre (Sauter, 2010).

### 1.3 Criterios de decisión

Los criterios de decisión son métodos propuestos por científicos, principalmente del área de las matemáticas, para modelar, analizar y resolver problemas de decisión considerando las alternativas, las preferencias y en algunos casos, la probabilidad asociada a dichas preferencias.

#### 1.3.1 Criterio de Wald

Es un criterio conservador ya que está basado en lograr lo mejor de las peores condiciones posibles. Esto es, si el resultado  $x(a_i, e_j)$  representa pérdida para el decisor, entonces, para  $a_i$  la peor pérdida independientemente de lo que  $e_j$  pueda ser, es el máximo de  $e_j \{ x(a_i, e_j) \}$ . El criterio de Wald (o minimax) elige entonces la acción  $a_i$  asociada a:

$$\text{Elegir } a_i = \text{Mín } a_i \text{ Máx } e_j X\{a_i, e_j\}$$

En una forma similar, si  $x(a_i, e_j)$  representa la ganancia, el criterio elige la acción  $a_i$  asociada a :

$$\text{Elegir } a_i = \text{Máx } a_i \text{ Mím } e_j X\{a_i, e_j\}$$

Este último criterio recibe el nombre de criterio maximín, y corresponde a un pensamiento pesimista, pues razona sobre lo peor que le puede ocurrir al decisor cuando elige una alternativa. En ocasiones, el criterio de Wald puede conducir a decisiones poco adecuadas. Esto sucede porque este criterio desecha muchos estados de la naturaleza, al escoger solamente aquellos escenarios que minimicen o maximicen el objetivo, dejando sin analizar estados que pueden ser relevantes para la solución.

#### 1.3.2 Criterio de Laplace

Este criterio, propuesto por Laplace en 1825, está basado en el principio de razón insuficiente: como a priori no existe ninguna razón para suponer que un estado se puede presentar antes que los demás, podemos considerar que todos los estados tienen la misma probabilidad de ocurrencia, es decir, la ausencia de conocimiento sobre el estado de la naturaleza equivale a afirmar que todos los estados son equiprobables. Así, para un problema de decisión con  $n$  posibles estados de la naturaleza, asignaríamos probabilidad  $1/n$  a cada uno de ellos.

La regla de Laplace selecciona como alternativa óptima aquella que proporciona un mayor resultado esperado:

$$\text{Máx } a_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X(a_i, e_j)$$

La objeción que se suele hacer al criterio de Laplace es la siguiente: ante una misma realidad, pueden tenerse distintas probabilidades, según los casos que se consideren. Por ejemplo, una partícula puede moverse o no moverse, por lo que la probabilidad de no moverse es  $1/2$ . En cambio, también puede considerarse de la siguiente forma: una partícula puede moverse a la derecha, moverse a la izquierda o no moverse, por lo que la probabilidad de no moverse es  $1/3$ . Desde un punto de vista práctico, la dificultad de aplicación de este criterio reside en la necesidad de elaboración de una lista exhaustiva y mutuamente excluyente de todos los posibles estados de la naturaleza.

### 1.3.3 Criterio de Hurwicz

Este criterio representa un intervalo de actitudes desde la más optimista hasta la más pesimista. En las condiciones más optimistas se elegiría la acción que proporcione el  $\text{máx } a_i \text{ máx } e_j \{x(a_i, e_j)\}$ . Se supone que  $x(a_i, e_j)$ , representa la ganancia o beneficio. De igual manera, en las condiciones más pesimistas, la acción elegida corresponde a  $\text{máx } a_i \text{ mín } e_j \{x(a_i, e_j)\}$ . El criterio de Hurwicz da un balance entre el optimismo extremo y el pesimismo extremo ponderando las dos condiciones anteriores por los pesos respectivos  $a$  y  $(1 - a)$ , donde  $0 \leq a \leq 1$ . Esto es, si  $x(a_i, e_j)$  representa beneficio, seleccione la acción que proporcione:

$$\text{Máx } a_i \{ \delta \text{máx } e_j x(a_i, e_j) + (1 - \delta) \text{mín } e_j x(a_i, e_j) \}$$

Para el caso donde  $x(a_i, e_j)$  representa un costo, el criterio selecciona la acción que proporciona:

$$\text{Mín } a_i \{ \delta \text{mín } e_j x(a_i, e_j) + (1 - \delta) \text{máx } e_j x(a_i, e_j) \}$$

El parámetro  $a$  se conoce como índice de optimismo: cuando  $a = 1$ , el criterio es demasiado optimista; cuando  $a = 0$ , es demasiado pesimista. Un valor de  $a$  entre  $0$  y  $1$  puede ser seleccionado dependiendo de si el decisor tiende hacia el pesimismo o al optimismo. En ausencia de una sensación fuerte de una circunstancia u otra, un valor de  $a = 1/2$  parece ser una selección razonable.

Se le hace la objeción de que un solo índice de optimismo determina la confianza o no en todos los estados de naturaleza, arrojando un comportamiento óptimo o pésimo similar a todos los escenarios de la misma categoría (optimista o pesimista).

### 1.3.4 Criterio de Savage

En 1951 Savage argumenta que al utilizar los valores  $x_{ij}$  para realizar la elección, el decisor compara el resultado de una alternativa bajo un estado de la naturaleza con todos los demás resultados, independientemente del estado de la naturaleza bajo el que ocurran. Sin embargo, el estado de la naturaleza no es controlable por el decisor, por lo que el resultado de una alternativa sólo debería ser comparado con los resultados de las demás alternativas bajo el mismo estado de la naturaleza.

Con este propósito Savage define el concepto de pérdida relativa o pérdida de oportunidad  $r_{ij}$  asociada a un resultado  $x_{ij}$  como la diferencia entre el resultado de la mejor alternativa, dado que  $e_j$  es el verdadero estado de la naturaleza y el resultado de la alternativa  $a_i$  bajo el estado  $e_j$ :

$$r_{ij} = \text{máx} \{x_{kj}\} - x_{ij} \quad 1 \leq k \leq m$$

Así, si el verdadero estado en que se presenta la naturaleza es  $e_j$  y el decisor elige la alternativa  $a_i$  que proporciona el máximo resultado  $x_{ij}$ , entonces no ha dejado de ganar nada, pero si elige otra alternativa cualquiera  $a_r$ , entonces obtendría como ganancia  $x_{rj}$  y dejaría de ganar  $x_{ij} - x_{rj}$ .

Savage propone seleccionar la alternativa que proporcione la menor de las mayores pérdidas relativas, es decir, si se define  $P_i$  como la mayor pérdida que puede obtenerse al seleccionar la alternativa  $a_i$ ,

$$P_i = \text{máx} \{r_{ij}\} \quad 1 \leq j \leq n$$

El criterio de Savage resulta ser el siguiente:

$$r(a_i, e_j) = \begin{cases} \text{máx}_{a_k} \{x(a_k, e_j) - x(a_i, e_j)\} \text{ beneficio} \\ x(a_i, e_j) - \text{mín} \{x(a_k, e_j)\} \text{ pérdida} \end{cases}$$

Conviene destacar que, como paso previo a la aplicación de este criterio, se debe calcular la matriz de pérdidas relativas, formada por los elementos  $r_{ij}$ . Cada columna de esta matriz se obtiene calculando la diferencia entre el valor máximo de esa columna y cada uno de los valores que aparecen en ella.

Se observa que si  $x(a_i, e_j)$  es una función de beneficio o de pérdida, la matriz de pérdidas relativas, formada por los elementos  $r_{ij}$  representa en ambos casos pérdidas. Por consiguiente, únicamente el criterio minimax (y no el maximin) puede ser aplicado a la matriz de deploración  $r$ , dando consigo el inconveniente de desechar estados de naturaleza que pueden ser de interés para el decisor.

## 1.4 Sistemas de soporte a decisiones

El término sistema de apoyo a la decisión (*DSS*<sup>2</sup>) se ha utilizado de formas muy diversas y se ha definido de diferentes maneras dependiendo del punto de vista de los autores. Existen varias decenas de definiciones sobre lo que sería un sistema de apoyo a decisiones, casi todas nacidas a partir de la década de 1980-1990, impulsadas por la revolución de los sistemas de alto nivel. Las definiciones más aceptadas y referenciadas son:

- Un *DSS*, en términos muy generales, es "un sistema basado en computador que ayuda en el proceso de toma de decisiones" (Finlay, 1994).
- Un *DSS* "combina recursos intelectuales individuales con las capacidades de un ordenador para mejorar la calidad de las decisiones (son un apoyo informático para los encargados de tomar decisiones sobre problemas semiestructurados)" (Keen, 1978).
- "Un *DSS* es un sistema ad-hoc<sup>3</sup> extensible capaz de apoyar el análisis de datos y el modelado de decisiones, orientado a la planificación futura y utilizado a intervalos irregulares, no planificados" (More, y otros, 1980)
- Los *DSS* son "Sistemas informáticos interactivos que ayudan a los encargados de tomar decisiones utilizando datos y modelos para resolver problemas no estructurados" (Power, 2010)

Como se puede ver no hay una definición universalmente aceptada de lo que es un *DSS*. Por tanto, se asume la definición dictada por Turban en 1995. "Un *DSS* es un sistema de información basado en un computador interactivo, flexible y adaptable, especialmente desarrollado para apoyar la solución de un problema de gestión no estructurado para mejorar la toma de decisiones. Utiliza datos, proporciona una interfaz amigable y permite la toma de decisiones en el propio análisis de la situación" (Turban, 1995).

Para lograr el procedimiento que sirve como apoyo a la toma de decisiones, el sistema debe ser especial, y consta de tres partes fundamentales que interactúan entre sí: un sistema de lenguaje, utilizado para la comunicación y estructuración dentro del sistema, un sistema de conocimiento que contiene la información necesaria y a partir del cual se crean reglas, se buscan patrones o se realiza el proceso de explotación; y un sistema de procesamiento de problemas para realizar el análisis de datos (Turban, y otros, 2001).

---

<sup>2</sup> *DSS*: siglas del inglés *Decision Support System*.

<sup>3</sup> Ac-hoc: sistema con fines específicos, definido temporal o provisionalmente.

Para obtener la información de los sistemas de soporte a la decisión, basta con hacerle una pregunta y entonces, se obtiene una respuesta, este es el cálculo básico que un *DSS* genera, y que desde 1960 se ha perfeccionado. Utilizando dicho procedimiento, se pueden generar los reportes que el usuario desee de tal manera que le pueda brindar la información suficiente para extender su habilidad de decisión; claro que dentro de esto, se encuentra implícito una serie de procesos y rutinas que permite esta generación de alternativas.

Existen ciertas características y capacidades que deben tener los sistemas de soporte a la decisión para ayudar a los usuarios en el proceso de toma de decisiones, estas características hacen de los *DSS*, herramientas tecnológicas que ayudan considerablemente a la organización. Estas características son:

1. Proveen soporte para tomadores de decisiones principalmente en situaciones semiestructuradas y no estructuradas.
2. Proveen soporte para diferentes niveles administrativos.
3. Se pueden aplicar para grupos e individuos.
4. Proveen soporte para decisiones interdependientes o secuenciales.
5. Soportan todas las fases del proceso de toma de decisión.
6. Soportan una variedad de procesos y estilos de decisión.
7. Son adaptables sobre el tiempo.
8. Presentan fácil uso para interactuar.
9. Ayudan y no reemplaza al humano.
10. Fáciles de construir por usuarios finales.
11. Utilizan modelos y análisis.
12. Tienen acceso a datos.

Todas y cada una de estas características ideales en un sistema de soporte a la toma de decisión permitirá obtener una serie de alternativas bien fundamentadas de acuerdo a los análisis y modelos que brindarán al usuario un mejor proceso de toma de decisiones y una mejor consistencia y ahorro de tiempo para el mismo. También, existen 12 beneficios que los *DSS* brindan a las empresas, estos beneficios, proveen un significado para los tomadores de decisiones de probada utilidad para realizar sus tareas en base al análisis e informaciones completas (Keen, 1978).

Estos beneficios son:

1. Números incrementados de alternativas examinadas, utilización de análisis de sensibilidad.
2. Mejor entendimiento de los negocios, a través de las relaciones y que puede ser usado para proveer una vista general del mismo.
3. Respuesta rápida a situaciones inesperadas. A través de la revisión de modelos y la vista rápida de cambios.
4. Habilidad para hacer análisis temporalmente.
5. Comprensión y aprendizaje nuevo. Identificando nuevos recursos y estimulando los nuevos enfoques.
6. Mejora la comunicación.
7. Control. Se tiene planes más consistentes y se estandarizan los procedimientos.
8. Ahorro de costos.
9. Mejores decisiones
10. Equipo de trabajo más efectivo
11. Ahorro de tiempos.
12. Mejor uso de los datos.

Asimismo, los *DSS* permiten a los usuarios fácilmente tomar ventaja de la información que se encuentra previamente almacenada en los repositorios, teniendo posiblemente una vista por medio de algún diagrama, gráfica o algún formato en específico. Esto, no se limita a un área específica sino puede abarcar un área geográfica amplia en la organización, a la cual puede brindar todos los requerimientos necesarios (Cross, 2001).

#### 1.4.1 Clasificaciones de un Sistema de soporte a decisiones

Diferentes autores han clasificado a los *DSS* dependiendo de factores de ámbito, alcance, asistencia o arquitectura. Esto permite establecer varias escalas de funcionamiento de estos sistemas, que sirven para comprender sus detalles operativos.

Utilizando la interacción con el usuario y el nivel de dependencia del sistema un *DSS* puede clasificarse según la siguiente escala (Haettenschwiler, 1999):

- *DSS* pasivo: Proporciona un acceso fácil a información confiable y actualizada. Habitualmente, los trabajadores de la información acceden a estos datos a través de sistemas de reportes,

análisis *OLAP*<sup>4</sup> o cuadros de mando, obteniendo una visión agregada o detallada de la información (según sus necesidades), pero que no puede llevar a cabo una decisión explícita a partir de sugerencias o soluciones.

- *DSS* activo: Aportan valor a la información disponible aplicando modelos matemáticos o estadísticos para detectar patrones ocultos, emplean esquemas de optimización, proyección o clasificación para proponer las mejores soluciones posibles a un problema determinado. Es decir, estas soluciones toman un papel activo en el proceso de toma de decisiones.
- *DSS* cooperativo.- Permite al encargado de la toma de decisiones (o a sus asesores) modificar, completar o perfeccionar las sugerencias de decisión proporcionadas por el sistema, antes de enviar de vuelta al sistema para su validación. El nuevo sistema mejora, completa y precisa las sugerencias del tomador de la decisión y las envía de vuelta a su para su validación. Entonces, todo el proceso comienza de nuevo, hasta que se genera una solución consolidada.

Utilizando el alcance de las decisiones como criterio, se definen las siguientes clasificaciones (Finlay, 1994):

- Decisiones estratégicas: Son aquellas que afectan a toda la empresa (o a una buena parte de la misma) durante un largo periodo de tiempo. Influyen, por lo tanto, en los objetivos generales de la empresa y en su modelo de negocio. Estas decisiones son tomadas por los máximos responsables de las compañías (presidentes, directores generales, comités de dirección y accionistas).
- Decisiones tácticas: Afectan únicamente a parte de la empresa, o a parte de sus procesos, y generalmente se toman desde un solo departamento (o de unos pocos). Tienen un impacto relevante a medio plazo (1 o 2 años, como máximo), y son tomadas por cargos intermedios (jefes de departamento, gerentes, asesores.)
- Decisiones operativas: Afectan a actividades específicas, con un alcance muy claro, y su efecto es inmediato o muy limitado en el tiempo. Estas decisiones son responsabilidad de los niveles bajos de la jerarquía empresarial (jefes de equipo, encargados de área, dependientes, directores de brigadas de producción o servicios).

Utilizando el modo de asistencia, si tienen los siguientes criterios (Power, 2002):

---

<sup>4</sup> Análisis *OLAP*: análisis multidimensional que se realiza a los datos a través de procedimientos analíticos en línea.



- *DSS* dirigidos por modelos: Se hace hincapié en el acceso y manipulación de un modelo estadístico, financiero, de optimización o de simulación. Utiliza datos y parámetros proporcionados por los usuarios para ayudar a los encargados de adoptar decisiones en el análisis de una situación, que no son necesariamente los datos intensivos.
- *DSS* dirigidos por comunicación: Disponen de soporte para varias personas que trabajan en una misma tarea compartida.
- *DSS* dirigidos por datos: También llamados orientados por datos, enfatizan el acceso y la manipulación de series temporales de datos internos de la empresa, y a veces también de datos externos.
- *DSS* dirigidos por documentos: Gestionan, recuperan y manipulan información no estructurada en una variedad de formatos electrónicos.
- *DSS* dirigidos por conocimiento: Proporcionan experiencia acumulada en forma de hechos, normas, procedimientos, o en estructuras similares especializados para la resolución de problemas.

A partir del ámbito de actuación de un *DSS* también se definen (Power, 2002):

- *DSS* para la gran empresa: Estará enlazado con un almacén de datos de gran tamaño y dará servicio a muchos gerentes, directores y/o ejecutivos de la compañía. Analiza la mayor cantidad de datos de las organizaciones o todas aquellas que respondan al problema modelado, dando servicio a muchos ejecutivos en diferentes áreas de la empresa.
- *DSS* de escritorio: Es un sistema pequeño que puede correr en el ordenador personal de un gerente al que da servicio (un solo usuario). Se enfoca solo en información de alcance personal y no está generalmente asistido por grandes repositorios de las organizaciones.

La naturaleza de la decisión también arroja la siguiente clasificación (Cross, 2001):

- Decisiones estructuradas: En este caso, las variables que afectan a la decisión son perfectamente conocidas, y en muchos casos el proceso de decisión puede representarse mediante un diagrama de flujo, e implementarse mediante un algoritmo. En casos extremos, ni siquiera es necesaria la intervención humana, aunque no es lo habitual.
- Decisiones desestructuradas: Son aquellas decisiones en la que no es posible diseñar un "flujo de decisión" en detalle, no es evidente que inteligencia se debe aplicar, ni cómo se debe diseñar el proceso, ni con qué criterios decidir. Suelen ser decisiones que se toman ante eventos

inesperados o que ocurren muy esporádicamente. En estos casos, evidentemente, la intervención humana es insustituible.

- **Decisiones semiestructurados:** Es el caso intermedio. En cierto sentido, se dice que son todas o casi todas las decisiones, que se encuentran en algún punto intermedio entre los dos extremos descritos anteriormente. En este caso, algunos pasos del proceso de decisión están claros y pueden definirse razonablemente, aunque existen otros aspectos inciertos que es necesario valorar.

### 1.4.2 Arquitectura de los Sistemas de soporte a decisiones

Un *DSS* no tiene una arquitectura fija, y muchos sistemas difieren en sus componentes a partir de la función, ámbito o alcance que presentan. De forma general, se tiene un modelo parecido al distintivo modelo de tres capas, en las que se diferencian claramente la interfaz de usuario, la base de datos y las reglas del negocio. Se utiliza el término *DDM*<sup>5</sup> en caso de un *DSS* para referirse a dicha arquitectura (Power, 2010). Sus capas son:

- **Datos:** La información que sirve de partida para la toma de decisiones.
- **Diálogo:** Presenta la información al usuario en un formato adaptado a este.
- **Modelo:** Permite generar la información que ayudará al usuario a la toma de decisiones.

Los distintos enfoques a la composición, desarrollo y detalles de estos tres componentes tienen base en las características inherentes a los *DSS*, que aunque parezca bastante similar a otros sistemas que utilizan esta arquitectura, presentan un análisis más complejo, debido a que en muchas ocasiones el propio usuario no conoce exactamente la información que se necesitará, o si la conoce, le es difícil comunicarla al analista. Esto influye en que sean considerados sistemas de alto riesgo, los requerimientos sean difíciles de determinar y su desarrollo sea iterativo a partir de pequeños prototipos funcionales; cada uno de estos factores influye en su arquitectura.

#### 1.4.2.1 Datos

Los datos proporcionan la entrada necesaria para la generación y asistencia de información necesaria para la toma de decisiones. Uno de los aspectos más discutidos es precisamente, el formato o la fuente en que los datos son introducidos a los sistemas de soporte a decisiones. Generalmente, debido a la necesidad de una estructuración adecuada de estos, se obtienen a partir de un Procesamiento Analítico On-Line, asistido por una base de datos multidimensional.

<sup>5</sup> *DMM*: de las siglas en inglés *Data, Dialog, Model*.

### 1.4.2.2 Diálogo

Todo usuario considera una aplicación en dependencia de cómo esta interactúa con él, y de ello depende en gran manera el éxito o fracaso de un proyecto. Los *DSS* agudizan esta condición, puesto que se necesita interfaces intuitivas, que representen la mayor cantidad de información de la forma más adecuada. No obstante, autores demuestran que en el caso de un *DSS*, existen riesgos de al elevar demasiado la “facilidad de uso”, se reduzca la “utilidad”, a tal punto que se vaya por debajo de los niveles mínimos de funcionalidad del sistema (Keyl, 1995).

### 1.4.2.3 Modelo

El modelo representa el componente racional de sistema. En base a formulaciones matemáticas que traten de abstraer la estructura del problema y formalizarla, se buscan procedimientos de resolución que generan nueva información de interés para el usuario (recomendaciones, análisis *what-if*<sup>6</sup>, o incluso la solución óptima). Herramientas clásicas de resolución son la programación lineal o no lineal, la programación por metas, Monte Carlo, y los procedimientos heurísticos y estadísticos. El modelo suele dividirse en los métodos de transformación y preparación de datos, los mecanismos de resolución y análisis y las técnicas que generan las salidas que luego el sistema dirigirá al usuario.

## 1.4.3 Tipos de Sistemas de soporte a decisiones

Los *DSS* también se clasifican según el nivel en que actúan. Aunque en general, todos estos sistemas se ubican en el nivel gerencial, los usuarios a los que están dedicados marcan una nueva forma de denominarlos (Sauter, 2010).

**Sistemas de información gerencial (MIS):** Los sistemas de información gerencial (*MIS*, siglas del inglés *Management Information Systems*), también llamados Sistemas de Información Administrativa (*AIS*, siglas del inglés *Administration Information Systems*) dan soporte a un espectro más amplio de tareas organizacionales, encontrándose a medio camino entre un *DSS* tradicional y una aplicación *CRM/ERP*<sup>7</sup> implantada en la misma compañía.

**Sistemas de información ejecutiva (EIS):** Los sistemas de información ejecutiva (*EIS*, siglas del inglés *Executive Information System*) son el tipo de *DSS* que más se suele emplear en la Inteligencia de

<sup>6</sup> *What-if*: análisis condicionales de causa y efecto.

<sup>7</sup> *CRM/ERP*: Sistemas de alto nivel generalmente encargados de la gestión de procesos sustanciales de una organización (Benvenuto, 2006).

Negocios, ya que proveen a los gerentes un acceso sencillo a información interna y externa de su compañía, y que es relevante para sus factores clave de Éxito.

**Sistemas expertos basados en inteligencia artificial (EESS):** Los sistemas expertos, también llamados sistemas basados en conocimiento, utilizan redes neuronales para simular el conocimiento de un experto y utilizarlo de forma efectiva para resolver un problema concreto. Este concepto está muy relacionado con la Minería de datos<sup>8</sup>.

**Sistemas de apoyo a decisiones de grupo (GDSS):** Un sistema de apoyo a decisiones en grupos (GDSS, siglas del inglés *Group Decision Support Systems*) es "un sistema basado en computadoras que apoya a grupos de personas que tienen una tarea (u objetivo) común, y que sirve como interfaz con un entorno compartido" (Turban, 1995). El supuesto en que se basa el GDSS es que si se mejoran las comunicaciones se pueden mejorar las decisiones.

## 1.5 Inteligencia de negocios

Se denomina inteligencia de negocios (*BI*, siglas del inglés *Business Intelligence*) al conjunto de estrategias que se realizan para la creación de conocimiento mediante el análisis de datos de una organización o empresa. Se enfoca principalmente en la correcta administración y creación de conocimiento a partir de la información que recolectan las empresas para la gestión, con el fin de que este conocimiento sea útil para todos los niveles dentro de la organización (analistas, gerentes y directivos) (Choo, 1998).

Esta estrategia de negocio resuelve la problemática que pasa en cualquier organización, donde la transformación y el análisis de datos que generan la compañía se convierten en un verdadero problema y se generan decisiones fuera de tiempo.

Algunas de las ventajas que los generalmente arrojan los sistemas de *BI* son (Cook, y otros, 2000):

- Permite compartir toda la información dentro de una organización.
- Crean escenarios en torno a una decisión.
- Permiten generar y procesar correctamente la información.
- Generan reportes completos y diferenciados a nivel ejecutivo o a nivel de área.

<sup>8</sup> Minería de datos: Procedimiento enfocado en la extracción de información a partir de la explotación de repositorios de datos (Choo, 1998).

### 1.5.1 Fases de un proceso de inteligencia de negocios

El proceso de inteligencia de negocios se divide en dos fases fundamentales, atendiendo a la naturaleza de los procedimientos que en ellas se realizan, y reflejan a grandes rasgos, cómo es tratada la información (Choo, 1998), y son:

- Integración.
- Explotación.

La fase de integración tiene como principal objetivo, extraer los datos desde los repositorios donde estos se encuentren, almacenarlos en algún contenedor y prepararlos para su explotación, este procedimiento se realiza con dos operaciones en cadena:

1. Se realiza un proceso de *ETL*<sup>9</sup>, mecanismo que permite la extracción y transformación de los datos que parten de múltiples fuentes: Bases de datos, *ERP*, archivos Excel, textos, etc. Estos son cargados en una bodega de datos.
2. Bodega de datos. El objetivo de la carga en una bodega de datos, es centralizar y resumir la variedad de información, los datos dejan de estar preparados para operaciones transaccionales, contiene información histórica y está estructura y lista para la explotación, lo que permite realizar consultas óptimas y las actualizaciones pueden hacerse fuera de línea.

La fase de explotación es aquella que transforma los datos en conocimiento principalmente a través de Análisis y Visualización de reportes estratégicos, y la utilización de Minería de Datos para transformar datos en conocimiento. Esta fase, enfocada en la gestión del conocimiento, soporta tecnologías de información que incluyen herramientas de soporte para la toma de decisiones estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas (Turban, y otros, 2001):

- Sistemas de información gerencial (*MIS*).
- Sistemas de información ejecutiva (*EIS*).
- Sistemas para la toma de decisiones en grupo (*GDSS*).
- Sistemas Expertos (*EES*).
- Sistemas de Redes Neuronales (*NN*)<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> *ETL*: siglas del inglés *Extraction, Transformation and Load*, o Extracción, Transformación y Carga en español.

<sup>10</sup> *NN*, siglas del inglés *Neural Networks*, sistemas que simulan el comportamiento de una red nerviosa para identificar informaciones relevantes en grandes cantidades de datos.

## 1.6 Soluciones actuales de Inteligencia de Negocio y toma de decisiones

Existen diferentes herramientas para el soporte a la toma de decisiones, tanto libres como privativas, sus diferencias residen en el empaquetamiento, ya que aunque algunas (cuyo ámbito fundamental es el escritorio) presentan una función elemental de brindar soporte a la toma de decisiones, la mayoría (dedicadas a la gran empresa) se encuentran empaquetadas en soluciones de Inteligencia de Negocios.

Dentro de los sistemas *DSS* que no están empaquetados podemos seleccionar muchos, con diversas arquitecturas, ámbitos, naturaleza de las decisiones y modelos de manipulación de datos. Sin embargo, se detallan aquellas soluciones consideradas como más completas y divulgadas:

*DSS American Airlines*: El *American Analytical information Management System (AIMS)*, sistema estadounidense de manejo de información analítica) es un exitoso sistema de apoyo a las decisiones, fue desarrollado por *American Airlines*, fue tan buena su aplicación que otras aerolíneas, fabricantes de aeronaves, analistas financieros de aerolíneas, consultores y asociaciones lo aplican. El *AAIMS* respalda las decisiones sobre aerolíneas a través del análisis de los datos que se recopilan sobre estadísticas de uso de aeronaves en las aerolíneas, la capacidad y uso de los asientos y sobre el tráfico aéreo. Además genera pronósticos sobre participación de mercado, ingresos y rentabilidad de las aerolíneas, a su vez ayuda a la gerencia a tomar decisiones sobre asignación de aeronaves, solicitudes de ruta, clasificación de pasajes y fijación de precios. Es uno de los *DSS* más conocidos en el mercado occidental, y sus últimas versiones están siendo adaptadas a otros sectores empresariales.

*Dicodess*: Es un programa de código abierto diseñado para los sistemas de soporte a la toma de decisiones de una compañía, es un marco para el desarrollo de software distribuido, con apoyo a la decisión de cooperación, diseñado para sistemas portuarios inicialmente. El proyecto *Dicodess*, precisamente trata de resolver los problemas que existen entre el usuario y la herramienta, mediante la aplicación de una nueva visión para los sistemas de apoyo a la decisión. En primer lugar, los sistemas basados en *Dicodess* ocultan los modelos de optimización y su formalismo seco detrás de uno genérico, y su interfaz es amigable para el usuario. Los tomadores de decisiones pueden llevar a cabo complejos análisis *what-if* sin escribir una sola línea de código. Los sistemas basados en *Dicodess* tienen una arquitectura distribuida de innovación que permite que diversos actores de forma dinámica se reúnan en grupos virtualmente para resolver los problemas sin verse obstaculizados por problemas técnicos.

*DSS PepsiCo*: Es el *DSS* de la compañía *PepsiCo* y *Sedgwick James Inc.*, segunda empresa de corretaje de seguros del mundo. La herramienta combina una alta capacidad de graficado con su poder analítico para el manejo de riesgos, a partir de los datos de incidencias, accidentes, robos y otras causas que maximizan las pérdidas de la empresa. Como resultado de obtiene que los gerentes de *PepsiCo* de todos los niveles pueden identificar con precisión tendencias críticas e indagar en información de respaldo detallada, identificar problemas y plantear maneras de minimizar riesgos y maximizar utilidades. Es un sistema comercializable a otras entidades.

*APlus*: Es un sistema cubano desarrollado por la empresa *Datazucar*, con el objetivo de servir como una plataforma informática para el control estadístico Agropecuario. Al igual que *Versat Sarasola*, desarrollado por la misma empresa, este sistema puede ser adaptado a cualquier negocio en cualquier sector. Combina un sistema de análisis, elaboración de modelos de apoyo y visualización gráfica de datos para proveer al usuario indicadores claves para la toma de decisiones, integra además conceptos tecnológicos que ayudan al sistema a considerar más variables y adaptarse rápidamente a múltiples ambientes.


Dentro de las aplicaciones integrales de inteligencia de negocios que brindan un soporte a la toma de decisiones se destacan:

*Crystalis SAP Business Objects*: Es una plataforma analítica integral para las organizaciones que utilizan el *ERP R/3*<sup>11</sup> de *SAP*. Sus potentes interfaces permiten a los usuarios comprender los datos rápidamente, apoyados por gráficas e indicadores inteligentes, que ayuden a la estrategia corporativa. Se integra a todas las áreas ejecutivas y productivas y provee tecnologías para el control y análisis auto dirigido a cualquier escala.

*Oracle Database 11g*: Es una plataforma integral de bases de datos y aplicaciones de inteligencia de negocios, diseñada para grandes empresas. Es una aplicación líder en el sector de la inteligencia de negocios. Ofrece una capa de funcionalidades para bodegas de datos, minería y extracción de conocimientos, manipulación de reportes y se integra con sistemas transaccionales que utilizan a *Oracle* en la capa de datos. Brinda motores analíticos escalables, incluye a *Oracle Warehouse Builder*, la herramienta líder en la construcción de componentes *ETL*.

---

<sup>11</sup> *R/3*: *ERP* de la compañía *SAP*. Se considera el producto *ERP* más integral y difundido del mundo, con alcance a más de 1000 clientes, incluyendo empresas como *IBM*, *Sony*, *Intel* y *Apple*.



Sharepoint *Intelligence Service*. Aplicación derivada de Microsoft Groove<sup>12</sup>, destinada para la inteligencia de negocios en ambientes empresariales. Se base en el paradigma de compartir datos en las organizaciones, y el análisis de estos para reconocer tendencias en el negocio. Es bastante personalizable, y puede ser integrada a las aplicaciones de Windows. Con Microsoft Server 2008 <sup>13</sup> aumentó considerablemente su funcionalidad, orientándose a grandes empresas y creando un entorno colaborativo.

## 1.7 Herramientas y Soluciones Técnicas

Se analizará en este epígrafe las soluciones técnicas que se escogen para el desarrollo de la aplicación. El principal motivo para seleccionar estas técnicas o herramientas, radica en la necesidad de garantizar una unicidad y compatibilidad en las tecnologías y métodos de desarrollo entre el proyecto EBMS DSerp Agro y el sistema de soporte a decisiones que se implementa, por lo que se adoptan dichas tecnologías para realizar la presente investigación.

### 1.7.1 Metodología de desarrollo de software

Como metodología de desarrollo de software se elige *Extreme Programming (XP)*, marco enfocado en la adaptabilidad y previsibilidad. *XP* se basa en la necesidad imperante de dar respuesta a los cambios que ocurren durante el proceso de desarrollo de un software, por lo que simplifica procesos de metodologías pesadas y promueve el producto por encima de la documentación. Se puede considerar la programación extrema como la adopción de las mejores metodologías de desarrollo de acuerdo a lo que se pretende llevar a cabo con el proyecto, y aplicarlo de manera dinámica durante el ciclo de vida del software. (Bent, y otros, 2001). Sus principios son:

**Comunicación:** Potencia el desarrollo rápido y el intercambio con el cliente, se enfoca en relacionar todo el equipo de trabajo y al cliente de forma sencilla y directa (McConnell, 2002).

**Simplicidad:** Enfocado en diseños sencillos del código, en su mayoría autogenerado, con una documentación indispensable y con terminologías fáciles y concretas.

**Retroalimentación:** Propicia el protagonismo del cliente en el proyecto, la realización de ciclos cortos de desarrollo y la realización de pruebas unitarias apoyados en herramientas que ayuden al flujo correcto del código fuente.

---

<sup>12</sup> Microsoft Groove: Aplicación de *Microsoft* que después se mejoró a Microsoft SharePoint.

<sup>13</sup> Microsoft Server 2008: Sistema operativo de *Microsoft* destinado a servidores, sucesor de Microsoft Server 2003.



Coraje: El equipo de desarrollo está preparado para cambios o decisiones complejas que afecten al proyecto, y mantienen la mentalidad positiva durante todo el ciclo apoyados en su adaptabilidad y previsibilidad.

Respeto: Se estima toda la magnitud del trabajo de todos los miembros del equipo.

### 1.7.1.1 Elección sobre otras metodologías de desarrollo

La metodología *XP*, propicia un ambiente de desarrollo centrado en la construcción de un prototipo funcional, a partir de cual realizar iteraciones de forma espiral para mejorarlo, en dependencia de los requisitos identificados en el negocio. Suprime la extensa documentación que proponen las metodologías tradicionales, y asegura mediante sus principales valores, que el equipo de desarrollo sea versátil y conozca las necesidades elementales del cliente. Presenta una abstracción de las fases propuestas por las metodologías tradicionales, por tanto, puede considerarse que realiza ciclos completos, y la documentación que se genera basta y es comprensible por desarrolladores y clientes.

## 1.7.2 Lenguaje de modelado

El Lenguaje Unificado de Modelado (*UML*)<sup>14</sup> constituye un lenguaje que permite visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema que involucra una gran cantidad de software. Se compone de diversos elementos gráficos que se combinan para conformar diagramas. Este lenguaje dispone de reglas para combinar tales elementos y permite la modelación de sistemas con tecnología orientada a objetos. Los diagramas son entes importantes de *UML*, cuya finalidad es presentar diversas perspectivas de un sistema, a las cuales se les conoce como modelo. Un modelo *UML* describe lo que supuestamente hará un sistema, no cómo implementarlo. El modelo gráfico de *UML* tiene un vocabulario en el que se identifican: elementos, relaciones y diagramas (Jacobson, y otros, 2000).

## 1.7.3 Herramientas de desarrollo

### 1.7.3.1 IDE NetBeans

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, extensible para el desarrollo sobre muchos lenguajes, aunque se realizó fundamentalmente para el lenguaje Java<sup>15</sup>. Es un producto de código abierto desarrollado por la compañía *Sun Microsystems* en el año 2000. Se basa en una filosofía modular, lo

<sup>14</sup> *UML*: siglas del inglés *Unified Modeling Language*

<sup>15</sup> Java: Lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por *Sun Microsystems* en los años 90.

que permite el desarrollo de múltiples proyectos con el uso de varias tecnologías (Domínguez, 2005). Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Administración de interfaces de usuario.
- Integración a múltiples frameworks<sup>16</sup>.
- Administración de almacenamiento.
- Gran cantidad de módulos y extensiones para múltiples lenguajes y tecnologías.
- Fuerte comunidad de respaldo.

### 1.7.3.2 Herramienta Case Visual Paradigm

Visual Paradigm es una eficaz herramienta proveniente del líder de soluciones de *software Visual Paradigm International*, que facilita a las organizaciones diseñar mediante diagramas e integrar y desplegar las funcionalidades críticas de aplicaciones empresariales. Es un producto de alta calidad donde el modelado de sistemas y soluciones de software se realiza utilizando *UML*, permite crear diagramas de clases y artefactos que tributan a la documentación de un software a lo largo del proceso de desarrollo. Se integra fácilmente con varios *IDEs*<sup>17</sup>, permite la generación semiautomática de código a partir de los diagramas construidos y también se puede llevar a cabo la ingeniería inversa para refinar los modelos. Soporta aplicaciones web y existe compatibilidad entre sus ediciones. Acelera el desarrollo del software obteniendo productos de calidad reduciendo costos y riesgos.

### 1.7.4 Frameworks

Un *framework* simplifica el desarrollo de una aplicación mediante la automatización de algunos de los patrones utilizados para resolver las tareas comunes. Además, un *framework* proporciona estructura al código fuente, forzando al desarrollador a crear código más legible y más fácil de mantener. Por último, un *framework* facilita la programación de aplicaciones, ya que encapsula operaciones complejas en instrucciones sencillas (Gerner, y otros, 2006).

#### 1.7.4.1 Qt Framework

Qt<sup>18</sup> es un *framework* multiplataforma para desarrollar interfaces gráficas de usuario, desarrollado por la compañía noruega *Trolltech* y bajo licencias GPL v1, GPL v2, GPL v3 y LGPL. Está desarrollado en el lenguaje de programación C++ con ligaduras a otros lenguajes de programación. El *framework* pre-

<sup>16</sup> *Framework*: estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, con base a la cual otro proyecto de *software* puede ser más fácilmente organizado y desarrollado.

<sup>17</sup> *IDE*: siglas del inglés *Integration Development Environment*.

<sup>18</sup> Qt: Siglas del inglés *Quasar Technologies*

senta una arquitectura modular estructurada por varios módulos, provee potentes herramientas de diseño de interfaces gráficas (QtDesigner), un entorno de desarrollo integrado (QtCreator) y un interactivo asistente de ayuda (QtAssistant) (Nokia Corporation).

#### 1.7.4.2 Ext JS Framework

Ext JS es una librería de JavaScript ligera, de alto rendimiento para el desarrollo rápido de aplicaciones web *cross-browser*<sup>19</sup>. Presenta una interfaz de usuario personalizable “*widgets*”, bien diseñada y contiene un modelo de componentes extensibles. Su *API*<sup>20</sup> es intuitiva y fácil de usar (Ext JS Inc). Tiene disponible licencias comerciales y de código abierto. Es compatible con la mayoría de los navegadores, y su familia de productos es utilizada por miles de compañías en el mundo.

#### 1.7.4.3 Symfony Framework

Symfony es un completo *framework* diseñado para optimizar, gracias a sus características, el desarrollo de las aplicaciones web. Para empezar, separa la lógica de negocio, la lógica de servidor y la presentación de la aplicación web. Proporciona varias herramientas y clases encaminadas a reducir el tiempo de desarrollo de una aplicación web compleja. Además, automatiza las tareas más comunes, permitiendo al desarrollador dedicarse por completo a los aspectos específicos de cada aplicación. El resultado de todas estas ventajas es que no se debe reinventar la rueda cada vez que se crea una nueva aplicación web.

Symfony se diseñó para que se ajustara a los siguientes requerimientos (Potencier):

- Fácil de instalar y configurar en la mayoría de plataformas (y con la garantía de que funciona correctamente en los sistemas Windows y \*nix estándares)
- Independiente del sistema gestor de bases de datos.
- Sencillo de usar en la mayoría de casos, pero lo suficientemente flexible como para adaptarse a los casos más complejos.
- Basado en la premisa de "convenir en vez de configurar", en la que el desarrollador sólo debe configurar aquello que no es convencional.
- Sigue la mayoría de mejores prácticas y patrones de diseño para la web.

<sup>19</sup> *Cross-browser*: Aplicación web que tiene la habilidad de correr en todos los navegadores web.

<sup>20</sup> *API*: siglas del inglés *Application Programming Interface* o Interfaz de Programación de Aplicaciones.

- Preparado para aplicaciones empresariales y es adaptable a las políticas y arquitecturas propias de cada empresa, además de ser lo suficientemente estable como para desarrollar aplicaciones a largo plazo.
- Código fácil de leer y documentar, además de que permite un mantenimiento muy sencillo.
- Fácil de extender, lo que permite su integración con librerías desarrolladas por terceros.

### 1.7.5 Servidor Web

Un servidor web es un programa que implementa el protocolo HTTP y se encarga de mantenerse a la espera de peticiones llevadas a cabo por un cliente suele denominarse navegador. El navegador realiza una petición al servidor y éste le responde con el contenido que el cliente solicita. Este protocolo está diseñado para transferir lo que se conoce como hipertextos, páginas web o páginas HTML: textos complejos con enlaces, figuras, formularios, botones y objetos incrustados como animaciones o reproductores de sonidos (Gerner, y otros, 2006).

El servidor Web Apache es un servidor de código abierto, libre de pagos de licencias, posee una increíble velocidad de respuesta, soportando mayores peticiones por segundo que su homólogo más cercano: IIS<sup>21</sup>, la elevada seguridad que le provee a sus clientes es una de sus grandes características y en la actualidad domina ampliamente el mercado de la web con respecto a los demás servidores HTTP (Apache Software Foundation). Cuando comenzó su desarrollo en 1995 se basó inicialmente en código del popular NCSA<sup>22</sup> HTTPd 1.3, pero más tarde fue reescrito por completo. Su nombre se debe a que originalmente Apache consistía solamente en un conjunto de parches a aplicar al servidor de NCSA. Era, en inglés, *a patchy server* (un servidor parcheado) (Gerner, y otros, 2006).

El servidor Apache se desarrolla dentro del proyecto HTTP Server (httpd) de la *Apache Software Foundation*. Apache presenta entre otras características mensajes de error altamente configurables, bases de datos de autenticación y negociado de contenido, pero fue criticado por la falta de una interfaz gráfica que ayude en su configuración. En la actualidad Apache es el servidor HTTP más usado, siendo dando servicios 70% de los sitios web en el mundo y creciendo aún su cuota de mercado (estadísticas históricas y de uso diario proporcionadas por *Netcraft*).

---

<sup>21</sup> IIS: siglas del inglés *Internet Information Server*, paquete de servicios para ordenadores que funcionan con Windows.

<sup>22</sup> NCSA: siglas del inglés *National Center for Supercomputing Applications* o Centro Nacional de Aplicaciones de Supercomputación)

### 1.7.6 Base de datos

Una base de datos o banco de datos (*DB*) es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. Existen programas denominados “Sistemas gestores de bases de datos”, abreviado SGBD, que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las propiedades de estos SGBD, así como su utilización y administración, se estudian dentro del ámbito de la informática (Arregoces, y otros, 2004).

PostgreSQL es un servidor de base de datos relacional libre, liberado bajo la licencia BSD. Es una alternativa a otros sistemas de bases de datos de código abierto (como MySQL, Firebird y MaxDB), así como sistemas propietarios como Oracle o DB2 (PostgreSQL Development Group, 2009). Algunas de sus principales características son:

- Claves ajenas también denominadas Llaves ajenas o Llaves Foráneas.
- Disparadores.
- Implementación del estándar SQL92/SQL99.
- Vistas.
- Integridad transaccional.
- Acceso concurrente multiversión (no se bloquean las tablas, ni siquiera las filas, cuando un proceso escribe).
- Capacidad de albergar programas en el servidor en varios lenguajes.
- Herencia de tablas.
- Tipos de datos y operaciones geométricas.

## 1.8 Conclusiones

El estudio del arte brindó un acercamiento a los principales conceptos, técnicas y métodos a utilizar durante el resto de la investigación, lo que permitió profundizar los aspectos teóricos de la toma de decisiones, identificando los métodos matemáticos empleados para dicha tarea, determinando el método de Laplace como candidato, dada su capacidad de adaptabilidad y su fundamentación no determinista. El estudio sobre los sistemas de soporte a decisiones permitió identificar las características potenciales que tendrá el sistema a desarrollar, aportando valores teóricos sobre cómo debe ser su comportamiento arquitectónico y su orientación al usuario. Además, la investigación sobre las técnicas y herramientas consolidaron las propuestas tecnológicas necesarias para la realización del sistema, lográndose una fundamentación técnica que justifica a las soluciones escogidas.

## 2.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se hará una descripción de las características del sistema estratégico para la gestión avanzada de recursos y procesos agrícolas, EBMS DSerp Agro, y se detallan las necesidades de integrar el sistema propuesto en esta investigación. Se definirán los requisitos del proyecto, determinado las iteraciones necesarias para completarlo y los planes de entrega de mismo.

## 2.2 Consideraciones del negocio

Un *EBMS* es un sistema con un modelo que permite a partir de una arquitectura centralizada, flexible e interactiva, integrar y administrar procesos empresariales que garanticen la automatización de actividades en todas las áreas claves de un conjunto de empresas que tengan dependencias funcionales sustanciales, creando un dominio de negocios común para la gestión de información de un entorno corporativo.

### 2.2.1 EBMS DSerp Agro

El EBMS DSerp Agro es una plataforma para la automatización y control de procesos en el sector agrícola, orientado a la gestión integral de actividades empresariales que involucran escenarios internos y externos de las empresas. El sistema centraliza toda la información de los entornos empresariales representados por la sociedad operativa de varias empresas agrícolas. Tiene subsistemas para la gestión de contabilidad y finanzas, facturaciones, activos fijos, productos y almacenes, clientes y proveedores, recursos humanos, flujos productivos, auditorías y organización empresarial, gestión integral de suelos, administración de abonos y fertilizantes, planificación y simulación de siembras y seguimiento de cosechas; todos con las dependencias automatizadas para acelerar los procesos transaccionales y de gestión. Está dirigido por cultivos, con una base flexible que permite definir los valores para ejecutar procesos y que constituye una biblioteca especializada de consulta. Cuenta con aplicaciones específicas, orientadas a determinados procesos, diseñadas para dispositivos móviles; y asistentes cartográficos para el seguimiento *GPS* de las acciones de campo.

### 2.2.2 Objeto de automatización

El sistema EBMS DSerp Agro presenta mecanismos que garantizan la manipulación de información gerencial y asegura la centralización, control y seguimiento de la información generada por los procesos operacionales y financieros de las entidades agrícolas. Sin embargo, en el nivel principal de la administración, la manipulación de información no ofrece detalles suficientes para fundamentar

decisiones estratégicas, ya que el sistema no cuenta con un módulo que garantice el apoyo a la toma de decisiones y la automatización de procesos a partir de condiciones y reglas definidas por el usuario. Esto afecta directamente a los objetivos de la plataforma de proveer un respaldo especializado en la gestión de procesos agrarios. Con el propósito de garantizar que el sistema EBMS DSerp Agro responda a las necesidades de soporte para las decisiones y que asegure la automatización de procedimientos basados en reglas flexibles a las demandas de los usuarios, se decide desarrollar un Sistema para el análisis y toma de decisiones sobre datos parametrizados.

Con el desarrollo de este sistema se propone automatizar los procesos de decisión, basándose en parámetros dinámicos que permitan fundamentalmente:

- Analizar variables que afectan los criterios de decisión: Los procesos que se automatizan en el EBMS DSerp Agro, están afectados por variables que determinan la influencia de condiciones, características y propiedades de cada proceso, éstas deben ser analizadas y clasificadas para lograr una correcta elección de alternativas involucradas en los procesos del sistema.
- Determinar la conveniencia de las variables sobre los criterios de decisión: Las variables que influyen sobre los criterios, pueden comportarse de forma beneficiosa o perjudicial para la situación que se analiza, por lo que es necesario determinar aquellas que aportan valores significantes y aquellas que no son valiosas en el criterio considerado.
- Emitir detalles de decisión: Los procesos de decisión que se llevan a cabo dentro de la plataforma, deben ser analizados y comprendidos por los usuarios, en forma gráfica y textual, que ayuden a los decisores a examinar los procedimientos selectivos y a la caracterización de las situaciones de decisión.

### 2.2.3 Información que se manipula

La información manipulada está clasificada en grupos de procesos, atendiendo a los procedimientos empresariales a los que responden y su influencia dentro de las organizaciones. Toda la información sobre estos procesos es manejada de forma cuantitativa. Estos grupos de procesos son:

**Gestión Ejecutiva.** Es información relacionada con los procesos organizativos de las empresas. Agrupa procesos dirigidos a la departamentalización, la burocracia, cadena de mando, especialización del trabajo, centralización y descentralización organizativa y formalización. Son procesos utilizados para la determinación de propiedades y estrategias generales en las empresas, relacionadas con las metas, objetivos, fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades en el negocio. Recoge información de productos y almacenes, estructura organizativa y planificación estratégica.

**Capital Humano:** Recoge toda la información sobre los recursos humanos de la entidad y su vinculación a los procesos directivos y productivos de la organización. Está influenciada por aspectos de planes formativos, comportamiento obrero, control de presencia y valores empleado-empresa. Afectan directamente el flujo operativo de las organizaciones. Contiene información sobre contratos, salarios, beneficios sociales, descuentos, horas extras, ausencias, retrasos, cursos, certificados, experiencias, títulos, sanciones y reconocimientos de los obreros.

**Procesos de Siembra:** Proceso centrado en la planificación y simulación de campañas. Determina la entrada de los procedimientos de seguimiento y control de cosechas y es utilizado para la certificación de factibilidad de campañas. Se vincula y afecta el flujo lucrativo agrario dentro de la empresa. Recoge información sobre todos los planes de siembra.

**Procesos de Campo.** Proceso orientado al seguimiento y control de cosechas. Tiene asociado todas las tareas de campo, y determina el funcionamiento productivo de las organizaciones. Contiene información sobre los libros de campos, acciones de limpieza de suelos, fertilización, abonado, riego, experimentación, control agrícola, muestreo y cosecha de cultivos.

**Gestión de suelos.** Proceso para el control de propiedades de terrenos. Caracteriza los suelos y define detalles que determinan su preparación y uso. Registra información sobre propiedades generales, características químicas, historial de cultivos, ciclos rotativos y resúmenes de utilidad.

**Gestión Comercial:** Proceso de administración de relaciones con terceras entidades. Integra procedimientos para la gestión de proveedores y clientes y determina la influencia de estos sobre la empresa. Recoge la información sobre la cartera de clientes, bolsa de proveedores, grupos homologados, contratos con terceros, procesos de marketing e intereses comerciales.

**Gestión Financiera:** Orientado a la gestión contable y financiera de las entidades. Detalla todas las operaciones económicas e interactúa con todos los procesos que intervienen en los hechos contables dentro y fuera de la organización. Manipula información sobre asientos y períodos contables, facturaciones, métodos y formas de pago, balances generales, libro diario y mayor, planes de cuentas, centros de costos, relaciones bancarias y gestión de monedas.

**Procesos de apoyo:** Son procesos de aseguramiento que complementan, asisten o auxilian a los procesos claves dentro de la empresa. Están constituidos generalmente por servicios, como el servicio de comedores, o servicios de transporte.



Toda esta información, genera caracterizaciones detalladas del negocio, que son encadenadas de acuerdo a las actividades de producción o servicios y en dependencias de la política organizativa de la empresa y de los objetivos económicos que se persiguen, determinado criterios, hechos, parámetros y variables interdependientes en los procesos de decisión. Estos datos, relacionados con todos los procesos dentro del flujo productivo y organizativo, son manipulados cuantitativamente en el sistema.

### 2.3 Propuesta del sistema

Para darle respuesta al problema analizado, se decide implementar un sistema de soporte a decisiones sobre datos parametrizados que contribuya a la automatización de procesos en el EBMS DSerp Agro y sirva como soporte a la toma de decisiones de los directivos en las empresas agrarias.

El sistema, atendiéndose a la interacción con el usuario y el nivel de dependencia, será de carácter colaborativo, dado que el decisor tendrá la posibilidad de modificar los parámetros y sugerencias de decisión a partir de la determinación de aquellas variables que son convenientes según los criterios involucrados en la situación. Utilizando el alcance de las decisiones como criterio, será un sistema basado en decisiones estratégicas, ya que las decisiones generadas afectarán a todos los procesos de la empresa, y las consecuencias de estas pueden perdurar por un largo período de tiempo afectando los objetivos generales de la empresa e influenciando en su modelo de negocio; recoge además decisiones tácticas y operativas. Según el modo de asistencia, será dirigido por datos, manipulando series temporales de datos internos y externos de la empresa. El ámbito de actuación del sistema será de gran empresa, dado a que estará enlazado a los almacenes de datos y dará servicios a muchos procesos y personal ejecutivo, analizando la mayor cantidad de información que respondan a los problemas modelados. La naturaleza de la decisión será basada en datos estructurados, usando las variables que afectan el proceso de decisión y que serán perfectamente conocidas en algunos casos, sin embargo en otros, no será posible diseñar flujos de decisión en detalle.

El sistema contará con dos escenarios fundamentales:

El **escenario de configuración** permitirá definir cuáles son los procesos donde intervendrá el sistema, certificar si el proceso será asistido o no y definir los criterios y objetivos de decisión que afectan éstos procesos. Además el escenario de configuración permitirá definir el conjunto de parámetros considerados durante el proceso de toma de decisiones.

El **escenario de asistencia** contiene las funciones elementales del sistema de soporte a decisiones, permitirá al usuario analizar las alternativas, los estados de naturaleza y sus incidencias, definir cuáles

de estos estados son prioritarios para la situación u objetivo tratado y obtener las sugerencias que da el sistema como respuesta, en forma de texto y en forma gráfica.

## 2.4 Exploración y Planificación

Utilizando XP como metodología, en esta fase los clientes plantean sus necesidades a través de historias de usuario y se definen cuáles son las prioridades de estas. Al mismo tiempo, el equipo de desarrollo estima el tiempo de desarrollo de las historias de usuario y se familiariza con las herramientas, tecnologías y prácticas que se utilizará en el proyecto. Se prueba la tecnología y se exploran las posibilidades arquitectónicas del sistema. Esta fase debe ser corta, dependiendo del alcance del proyecto y las capacidades del equipo de desarrollo.

### 2.4.1 Historias de usuario

Una historia de usuario escribe, en lenguaje del cliente, un requisito que debe satisfacer el sistema. Debe ser lo suficientemente sencilla como para que el cliente pueda comprenderla y además el programador debe saber que implementar y poder llevar una traza de su trabajo sobre esta funcionalidad. Si cuando el cliente escribe la historia de usuario, el programador entiende que no es lo completamente sencilla como para implementarla como una funcionalidad atómica, entonces se divide en dos o más historias.

Tienen varias clasificaciones en las que se pueden agrupar según las características del equipo de desarrollo y del proyecto, estas son: en base a los riesgos que representan y en base a la prioridad. La prioridad es la clasificación más importante, ya que está directamente relacionada con los intereses del cliente.

Las historias de usuario del sistema propuesto se escribieron con el mismo formato de las descritas en el proyecto EBMS DSerp Agro, asegurando una compatibilidad y estandarización para el equipo de desarrollo y los clientes. Estas historias serán de la siguiente forma:

HISTORIA DE USUARIO			
<b>Código:</b>	Vitae-01	<b>Nombre:</b>	Mostrar listado de candidatos.
<b>Usuario:</b>	Cliente	<b>Actividad:</b>	Ver/Listar datos
<b>Riesgo:</b>	Bajo	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Iteración:</b>	1	<b>Puntos estimados:</b>	Media
<b>Descripción:</b>	Se muestra un listado con todos los candidatos que tiene la empresa		

Tabla 2.1 Formato de la historia de usuario.

Campos de la historia de usuario:

**Código.** El código estará definido en dos partes. La primera será el módulo o subsistema al que pertenece la historia de usuario. Uno de los siguientes:

- Vitae.
- Gabinete.
- Terra.
- Rector.
- Mensaje.
- Germina.
- Labranza.
- Camarada.
- Hacienda.
- Sumario.
- Caudal.

La segunda parte será el número de la funcionalidad que representa.

**Nombre:** El nombre será la funcionalidad que se satisface, y también responderá al nombre de la acción que se registra en la base de datos.

**Usuario:** Define si la funcionalidad es iniciada por un el sistema o un usuario externo.

**Actividad:** La actividad responderá a uno de los posibles sucesos que se registran en la base de datos:

- Ver/ Listar datos.
- Gestionar datos.
- Proceso de relación.
- Exportar datos.
- Proceso interno.
- Importar datos.
- Mensaje de alerta.
- Mensaje de error.
- Inicio de sesión.
- Cierre de sesión.
- Permiso denegado.

**Riesgo:** Es el grado de riesgo en el desarrollo que se asocia a la historia de usuario. Determina la posibilidad real de implementarse o no con las condiciones previstas por el equipo de desarrollo (tiempo, recursos, personal). Puede ser Bajo, Medio o Alto.

**Prioridad:** La prioridad la define el cliente, y es el grado de importancia que le concede a la funcionalidad. Aquellas historias de prioridad alta deberían ser las primeras en implementarse.

**Iteración:** Es el número de la fase o iteración en la cual se define la historia de usuario.

**Puntos estimados:** Es un número entero que representa la cantidad de semanas que se supone para el desarrollo de la tarea de usuario. Según las consideraciones del equipo de proyecto, las historias con altos puntos estimados deben ser separadas en varias tareas. Un punto es una semana efectiva de desarrollo.

**Descripción:** Se escribe una pequeña descripción de lo que hace la funcionalidad.

En la fase de exploración se identificaron las siguientes necesidades funcionales:

1. Gestionar criterios de decisión.
2. Extraer alternativas de decisión.
3. Gestionar enlaces de procesos.
4. Gestionar objetivos de decisión.
5. Invertir estados mínimos a máximos.
6. Determinar peso de estados de naturaleza.
7. Mostrar datos de decisión.
8. Seleccionar parámetros de interés.
9. Guardar parámetros de interés de un proceso.
10. Calcular alternativas favorables para el proceso.
11. Graficar resultados de decisión.
12. Exportar resultados de decisión.

Argumentadas en las siguientes historias de usuario:

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-11	Nombre:	Gestionar criterios de decisión.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Gestionar datos
Riesgo:	Bajo	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	2
Descripción:	Define la posibilidad que tiene un decisor de gestionar los criterios o parámetros que afectan a los procesos de decisión.		

Tabla 2.2 Historia de usuario: Gestionar criterios de decisión.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-12	Nombre:	Extraer alternativas de decisión.
Usuario:	Sistema	Actividad:	Proceso de relación
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	1
Descripción:	Las alternativas presentes en los procesos de decisión son cargadas a partir de los las variantes, registros o posibilidades que tienen un mismo objetivo y que están presentes en el mismo proceso.		

Tabla 2.3 Historia de usuario: Extraer criterios de decisión.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-13	Nombre:	Gestionar enlaces de proceso.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Proceso de relación
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	1
Descripción:	Enlaza los procesos de decisión a las operaciones de gestión del sistema EBMS DSerp Agro, permitiendo determinar cuáles de estas operaciones están asistidas por el bloque de soporte a decisiones.		

Tabla 2.4 Historia de usuario: Gestionar enlace de proceso.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-14	Nombre:	Gestionar objetivos de decisión.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Gestionar datos
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	2
Descripción:	Se definen los objetivos de decisión y a qué proceso estos responden.		

Tabla 2.5 Historia de usuario: Gestionar objetivos de decisión.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-15	Nombre:	Invertir estados mínimos a máximo.
Usuario:	Sistema	Actividad:	Proceso interno
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	1
Descripción:	Invierte los criterios que se expresan en forma de costo a criterios expresados en forma de ganancia, invirtiendo la función de minimizar a maximizar.		

Tabla 2.6 Historia de usuario: Invertir estados mínimos a máximo.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-16	Nombre:	Determinar peso de en los estados de naturaleza.
Usuario:	Sistema	Actividad:	Proceso interno
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	2
Descripción:	Determina el peso de los estados de naturaleza para el proceso asignado.		

Tabla 2.7 Historia de usuario: Determinar peso en los estados de naturaleza.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-17	Nombre:	Mostrar datos de la decisión.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Ver/ Listar datos
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	1	Puntos estimados:	1
Descripción:	Muestra las alternativas de decisión, los criterios asociados al proceso y sus pesos tanto en valor original (mínimo o máximo) y su valor real para el proceso (máximo)		

Tabla 2.8 Historia de usuario: Mostrar datos de la decisión.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-18	Nombre:	Seleccionar parámetros de interés.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Gestionar datos
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	2	Puntos estimados:	2
Descripción:	Selecciona los parámetros que son beneficiosos para el proceso de decisión		

Tabla 2.9 Historia de usuario: Seleccionar parámetros de interés.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-19	Nombre:	Guardar parámetros de interés de un proceso.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Gestionar datos
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Medio
Iteración:	2	Puntos estimados:	2
Descripción:	Guarda los parámetros que son beneficiosos para un determinado proceso de decisión.		

Tabla 2.10 Historia de usuario: Guardar parámetros de interés de un proceso.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-20	Nombre:	Calcular alternativas favorables para el proceso.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Ver/ Listar datos.
Riesgo:	Medio	Prioridad:	Alta
Iteración:	2	Puntos estimados:	3
Descripción:	Determina las alternativas favorables para el proceso de decisión que se considere.		

Tabla 2.11 Historia de usuario: Calcular alternativas favorables para el proceso.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-21	Nombre:	Graficar resultados de decisión.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Ver/ Listar datos.
Riesgo:	Bajo	Prioridad:	Baja
Iteración:	2	Puntos estimados:	1
Descripción:	Muestra un gráfica con los resultados arrojados por cada alternativa.		

Tabla 2.12 Historia de usuario: Calcular alternativas favorables para el proceso.

HISTORIA DE USUARIO			
Código:	Rector-22	Nombre:	Exportar resultados de decisión.
Usuario:	Decisor	Actividad:	Exportar datos.
Riesgo:	Bajo	Prioridad:	Baja
Iteración:	2	Puntos estimados:	1
Descripción:	Exporta en formato pdf los resultados de la decisión.		

Tabla 2.13 Historia de usuario: Calcular alternativas favorables para el proceso.

### 2.4.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener. Deben pensarse en estas propiedades como los argumentos que hacen que el producto sea atractivo. Aunque estos requisitos no definen el éxito del producto, influyen considerablemente en la evaluación del mismo. Teniendo en cuenta las exigencias del cliente, las características de la plataforma EBMS DSerp Agro y las capacidades tecnológicas que debe el sistema se definieron los siguientes requerimientos no funcionales:

**Usabilidad:**

El sistema será utilizado por todas las personas que manipulen la información que se maneja, y que tengan permisos para operar sobre los diferentes escenarios de gestión de los módulos de la plataforma. Estos usuarios deben poseer conocimientos informáticos elementales. Las opciones principales para la manipulación de criterios, objetivos y alternativas deben estar visibles y accesibles.

**Seguridad:**

El sistema responderá a los requerimientos de seguridad de la plataforma EBMS DSerp Agro, por lo que se establecerá una política de acceso basada en roles, usuarios, permisos de los usuarios para las operaciones y permisos funcionales sobre las operaciones. Debe garantizarse mediante este método una defensa en profundidad y asegurar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la siguiente forma:

**Integridad.**

La información generada debe ser consistente y protegida contra alteraciones de cualquier tipo. Durante la manipulación de informaciones de los procesos, éstas no pueden ser alteradas.

**Disponibilidad:**

El sistema deberá estar disponible durante todo el tiempo laboral, y permitir el acceso desde todas las áreas de la empresa para dar soporte a los procesos de decisión especializado y en grupo al personal autorizado para ello.

**Confidencialidad:**

La información debe responder a los permisos laborales de los usuarios que utilizan el sistema dejando constancia de las operaciones y funciones de dichos usuarios sobre los recursos y procesos que se manipulan.

**Interfaces externas:**

La interfaz debe ser amigable, con las funciones elementales visibles en todo momento, mínimas distracciones, utilizando bloques organizados para mostrar la información según su relevancia, interactiva y con elementos gráficos que ayuden a identificar las funcionalidades rápidamente.



**Rendimiento:**

La aplicación debe ejecutarse utilizando eficientemente los recursos de software y hardware, y además debe asegurarse que los tiempos de respuesta a las diferentes peticiones de los usuarios sea el menor posible.

**Software:**

- Servidor Web Apache 2.2 o superior.
- Servidor de Base de Datos PostgreSQL 8.4.2 o superior.
- Navegador Web Mozilla Firefox , Internet Explorer, Google Chrome, Opera
- PHP versión 5.x

**Hardware:**

- Máquina Servidor:
- Procesador Pentium/AMD, 2.4 HGz o superior.
- Memoria RAM: 2 Gb.
- Disco duro: 40 Gb o superior.
- Tarjeta de Red o módem.

**2.4.3 Estimación de esfuerzos por historia de usuario**

Para un correcto desarrollo del sistema se propone la siguiente estimación de esfuerzos por cada historia de usuario definida:

Historia de usuario	Estimación de esfuerzos.
Gestionar criterios de decisión.	2
Extraer alternativas de decisión.	1
Gestionar enlaces de procesos.	1
Gestionar objetivos de decisión.	2
Invertir estados mínimos a máximos.	1
Determinar peso de estados de naturaleza.	2
Mostrar datos de decisión.	1
Seleccionar parámetros de interés.	2
Guardar parámetros de interés de un proceso.	2
Calcular alternativas favorables para el proceso.	3
Graficar resultados de decisión.	1
Exportar resultados de decisión.	1

Tabla 2.14 Estimación de esfuerzos por historia de usuario.

### 2.4.4 Plan de iteraciones

Para proveer un desarrollo iterativo e incremental y asegurar la organización del trabajo, se crea el plan de iteraciones donde se planifica el orden de desarrollo de las historias de usuario. Se definió realizar dos iteraciones, clasificando las historias de usuario según su prioridad y grado de afectación al sistema. La duración total de cada iteración dependerá de los puntos estimados de las historias que en él se desarrollan. Este plan de iteraciones será de obligatorio cumplimiento, y está normalizado según el modelo de desarrollo e implementación del proyecto EBMS DSerp Agro.

#### Iteración # 1:

Se implementarán los procesos de configuración y gestión que sirven de base para un correcto procedimiento de toma de decisiones.

#### Iteración # 2

Se implementarán los procesos correspondientes a la evaluación y respuesta de la toma de decisiones.

Iteración	Historia de usuario	Duración	
Iteración # 1	Gestionar criterios de decisión.	2	10
	Extraer alternativas de decisión.	1	
	Gestionar enlaces de procesos.	1	
	Gestionar objetivos de decisión.	2	
	Invertir estados mínimos a máximos.	1	
	Determinar peso de estados de naturaleza.	2	
	Mostrar datos de decisión.	1	
Iteración # 2	Seleccionar parámetros de interés.	2	9
	Guardar parámetros de interés de un proceso.	2	
	Calcular alternativas favorables para el proceso.	3	
	Graficar resultados de decisión.	1	
	Exportar resultados de decisión.	1	

Tabla 2.15 Plan de iteraciones.

### 2.4.5 Plan de entregas

En el siguiente plan de entrega se reflejan las fechas de culminación de las iteraciones y sus correspondientes historias de usuario.

Iteración	Iteración # 1	Iteración # 2
Cantidad de historias de usuario	7	5
Fecha de entrega	16 de marzo 2012	19 de mayo 2012

Tabla 2.16 Plan de Entrega.

## 2.5 Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se realizó una descripción del Sistema Estratégico para la Gestión Avanzada de Recursos y Procesos Agrícolas, lo que contribuyó a identificar sus necesidades ayudando a formalizar el sistema de soporte a decisiones que mejorará la capacidad del EBMS DSerp Agro para el soporte a la dirección, control y automatización de procesos. Se detallaron los requerimientos identificados para el sistema, argumentados en 12 historias usuarios, lográndose definir las necesidades funcionales del mismo y permitiendo al equipo de desarrollo tener un mejor control sobre las tareas del proyecto; además, se especificaron los requerimientos no funcionales que aseguran que el sistema sea agradable al cliente. Su logró concretar un plan de entrega que validó el cumplimiento del plan de actividades definidos para realizar la investigación y permitió seguir un desarrollo iterativo como el exigido por la metodología *Extreme Programming*.



### 3.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se describirá el método utilizado para la toma de decisiones, argumentando las fases del procedimiento y las técnicas matemáticas necesarias para la correcta elección de alternativas. Se realizará una descripción de los patrones utilizados mediante las clases y funcionalidades donde se implementan. Por último, se explica en detalle el modelo de datos del sistema de soporte a decisiones y su integración a la plataforma EBMS DSerp Agro.

### 3.2 Métodos y técnicas

La elección óptima, o asistencia a decisiones bajo incertidumbre, es un área que agrupa varios modelos y métodos de solución, diferenciados según el objetivo de las decisiones y el ámbito de los problemas que se intentan resolver. Estos modelos arrojan características propias relacionadas con su complejidad, forma de manipulación de datos, clasificación de alternativas, procedimientos de resolución y rama computacional o matemática a la que pertenecen (Kahneman, 1982). Se estudia a continuación aquellos modelos más utilizados para la resolución de problemas de decisión y se argumenta el modelo escogido, definiendo el método de resolución utilizado para la implementación del sistema.

#### 3.2.1 Modelos basados en Programación Lineal.

La programación lineal se define como un procedimiento de origen matemático con el objetivo de resolver un problema indeterminado a través de un sistema de ecuaciones lineales, donde se busca, de forma directa, optimizar la función objetivo, que también tiene un comportamiento lineal (Crilly, 2011). Este método, comenzó a utilizarse de forma masiva desde la Segunda Guerra Mundial, principalmente en actividades de planificación y reducción de gastos en las empresas. Consiste en la manipulación de variables y restricciones para maximizar o minimizar un objetivo de modo inmediato, sin considerar propiedades colaterales al proceso de decisión. Su principal crítica radica en que no adquiere un aprendizaje sobre los hechos o conocimientos, no discrimina fases que no son relativas durante su ejecución y su alcance es limitado en comparación con otras formas de solución.

#### 3.2.2 Métodos basados en Inteligencia Artificial.

Aunque existen muchos conceptos relacionados a la inteligencia artificial, se puede definir, de forma global que la inteligencia artificial es la disciplina que se encarga de construir procesos que al ser ejecutados sobre una arquitectura física producen acciones o resultados que maximizan una medida de rendimiento determinada, basándose en la secuencia de entradas percibidas y en el conocimiento al-

macenado en tal arquitectura (García, 2012). A esta definición, también se le asocian los conceptos de comportamiento humano y aprendizaje.

En el proceso de la toma de decisiones, la inteligencia artificial aporta valores sustanciales debido a su capacidad de extraer conocimiento a partir de las series de datos, y desarrollar un determinado aprendizaje a través del análisis repetitivo sobre patrones o reglas asociadas a dicho conocimiento. Esto posibilita que durante la resolución de problemas en situaciones bajo incertidumbre se tenga una determinada seguridad basada en la experiencia de los sistemas, que garantiza en cierta medida, un razonamiento similar al humano para determinados casos de la situación. La crítica principal a este tipo de sistemas, es su incapacidad para simular completamente un comportamiento humano, su nivel de interacción con el usuario, la complejidad de implementación y adaptación y la alta demanda de recursos computacionales.

### 3.2.3 Elección del modelo para el sistema

Para realizar el proceso de toma de decisiones se seleccionó un modelo basado en la programación lineal. Esta selección se fundamenta en las siguientes características:

- Los procedimientos lineales manipulan directamente datos y variables expresados en forma cuantitativa, dando la posibilidad de interactuar con los registros generados por los procesos financieros y operativos de las empresas.
- Responde a situaciones donde se pretende mejorar la utilización de recursos y la reducción de costos o efectos adversos a través de la minimización o maximización de objetivos, convirtiéndose en un método eficiente para la elección óptima de alternativas en procesos que combinan eficiencia operativa con mejora de valor dentro de las organizaciones.
- Los costos computacionales son mínimos y no necesitan de una supervisión o asistencia para realizar el procedimiento de decisión.
- Sus deficiencias no producen afectaciones severas en los procesos del EBMS DSerp Agro y puede ser aplicado a más de un problema determinado.

### 3.2.4 Modelo de decisión

Dadas las características del Sistema Estratégico para la Gestión Avanzada de Recursos y Procesos Agrícolas, EBMS DSerp Agro, y las necesidades y funcionalidades que debe cubrir el sistema de soporte para la toma de decisiones que se implementa, se construyó un modelo de 4 capas, cada una con funciones específicas y precisas que garanticen un correcto proceso de elección de alternativas para la automatización de tareas de gestión y el apoyo estratégico a la administración.

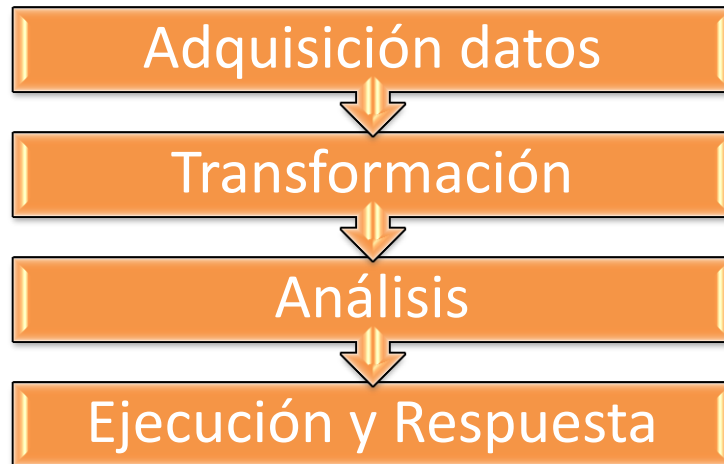


Figura 3.1 Fases del proceso de toma de decisiones.

### 3.2.4.1 Fase de adquisición de datos

La fase de adquisición de datos tiene como objetivo la extracción de todos los componentes y variables que intervienen en el proceso de decisión. Para satisfacer este objetivo, en esta fase se realiza un procedimiento de *ETL* desde los repositorios de datos del EBMS DSerp Agro, identificando, en primera instancia, todos los parámetros asociados a los procesos relacionados con el problema tratado. Se determina entonces de forma directa, todas las alternativas que satisfacen el objetivo de decisión y los valores cuantitativos que responden a los parámetros extraídos, teniéndose como salida, dichas alternativas y variables que constituyen los estados de naturaleza para la situación que se analiza.

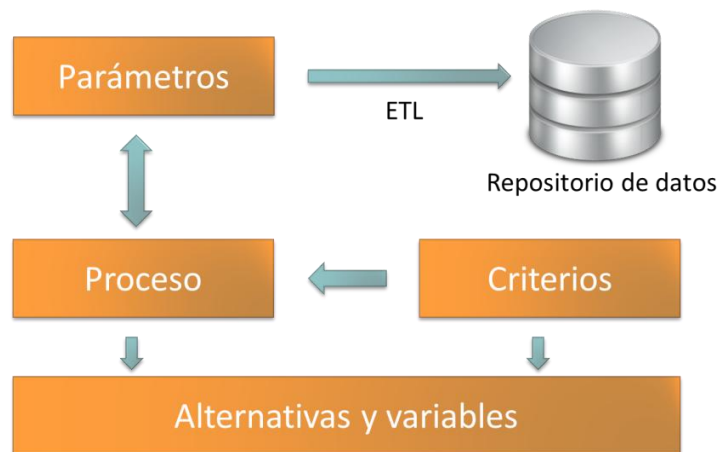


Figura 3.2 Fase de adquisición de datos

### 3.2.4.2 Fase de transformación

Durante un proceso de decisión, el objetivo puede ser maximizar o minimizar un resultado esperado, a partir de los recursos, variables o procesos que están involucrados y expresados de forma cuantitativa. Dado esta diversidad de propósitos, es necesario acotar el problema, a través de sus componentes, a una filosofía de decisión única que garantice un procedimiento exitoso para ambos casos del suceso (maximización o minimización). La fase de transformación tiene como objetivo realizar dichas mutaciones en los estados de naturaleza.

Todos los estados serán expresados en forma de maximizar la función objetivo, meta más común durante los procesos de decisión y que permite establecer restricciones de no negatividad en los parámetros o estados de naturaleza. Para ello, a aquellas variables expresadas en forma de minimización, se le realiza una transformación dada la siguiente función matemática:

$$X(a_i, e_j) = \omega(\max(e_i)) - X(a_i, e_j)$$

Siendo  $\omega(N)$  el valor entero inmediato superior del número significativo de N. Ejemplo:  $\omega(4200) = 4201$ ,  $\omega(0,3) = 1$ ,  $\omega(789,345) = 790$ . Esta transformación permite penalizar aquellos estados que menos aportan a una alternativa, y como resultados aquellos parámetros que se encuentran expresados en forma de minimización son invertidos a la variante de maximizar su función objetivo.

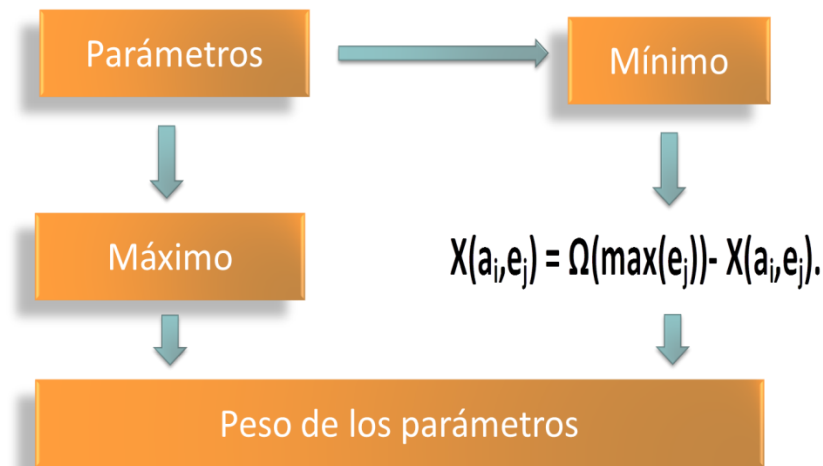


Figura 3.3 Fase de transformación

### 3.2.4.3 Fase de análisis

Para el procedimiento de decisión, se analizaron los métodos lineales que más se ajustan a la manipulación de series temporales de datos expresados en formas de alternativas y estados, y que se relacionen fácilmente con los procesos que se automatizan en el EBMS DSerp Agro. Los métodos candidatos fueron:

- Criterio de Wald.
- Criterio de Laplace.
- Criterio de Savage.
- Criterio de Hurwicz.
- Regla de Bayes.

De estos criterios, se desecharon los siguientes:

- Criterio de Wald: Suprime muchos estados que pueden ser determinantes para la decisión.
- Criterio de Hurwicz: Es una modificación al criterio de Laplace y tiene el inconveniente de definir un solo índice de optimismo o confianza.
- Criterio de Savage: Durante su ejecución, desecha, a partir del empleo del criterio de Wald, estados de naturaleza que pueden ser significativos en el proceso de decisión.
- Regla de Bayes: Aunque es un método bastante eficiente, es condicionado por razones probabilísticas que son ajenas a las necesidades de manipulación y automatización de procesos de gestión en la plataforma EBMS DSerp Agro.

La elección del Criterio de Laplace se fundamenta además en su razón no determinista, bajo condiciones ni óptimas ni pésimas, su consideración de todos los estados o parámetros que afectan la decisión y su capacidad para modificarse o adaptarse a procedimientos específicos.

Conocida la elección del criterio de Laplace como solución, se observa que durante los procesos industriales, donde se busca maximizar un resultado a partir de la adecuación de uso o mejora de valores en un proceso, la probabilidad es irrelevante y necesariamente reemplazable por los distintos parámetros que afectan al objetivo (Cabrera, y otros, 2009). Esto marca la necesidad de determinar el costo de éstos parámetros para las alternativas que se consideren. Sin embargo, el costo de un estado no es por si solo determinante, y su peso debe ser considerado como una combinación de su aporte al negocio y los demás factores tratados en la circunstancia. Por tanto, para analizar el costo de un estado hay que analizar todos los factores y ver cuánto incide este estado sobre ellos (Turban, 1993).



La fase de análisis tiene la responsabilidad de determinar el costo de cada parámetro para cada alternativa presente en el proceso de decisión, tarea que se realiza utilizando la siguiente regla matemática:

$$P(a_i, e_j) = X(a_i, e_j) \times \left[ \frac{\sum_{j=1}^n A(a_i, e_j)}{\sum_{j=1}^n B(a_i, e_j)} \right]$$

Donde **P** es el peso del estado **e** para la alternativa **a**, **X** el valor que aporta el estado de naturaleza al negocio, **A** son los estados importantes y **B** aquellos que no lo son. Esta formulación permite al decisor especificar aquellos parámetros o estados que son beneficiosos o positivamente influyentes en el problema de decisión, sin desechar aquellos que no lo son, ya que también influyen sobre la correcta elección de las alternativas. Utilizando esta regla esta se tiene que aunque no existan estados de importancia para el negocio, o todos interesen, las realidades sean diferentes.

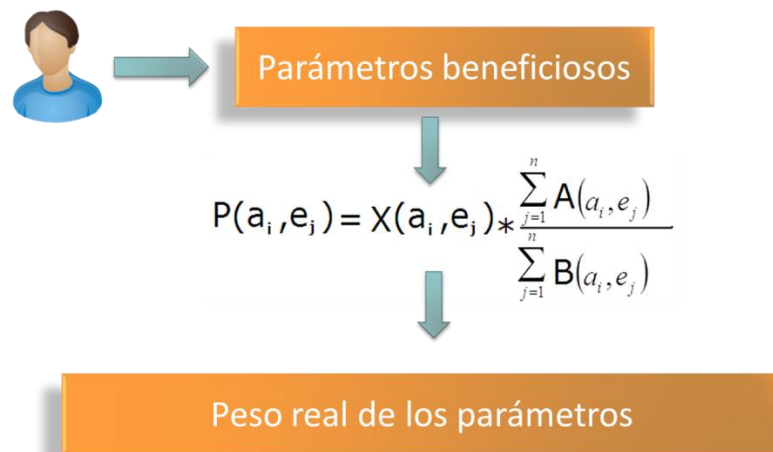


Figura 3.4 Fase de análisis.

### 3.2.4.4 Fase de ejecución y respuesta

Una vez obtenidos los pesos de cada estado de acuerdo a la relevancia que representan para el negocio, se puede realizar un procedimiento de elección de las alternativas favorables modificando el criterio de Laplace a la siguiente forma:

$$\max a_i \left\{ \sum_{j=1}^n P(a_i, e_j) \right\}$$

Seleccionándose aquella o aquellas alternativas que maximicen los pesos encontrados en la fase de análisis. Esta elección puede afectar directamente la automatización de un proceso de gestión dentro del EBMS DSerp Agro, o ser consultada como dato o reporte estratégico para la toma de decisiones.

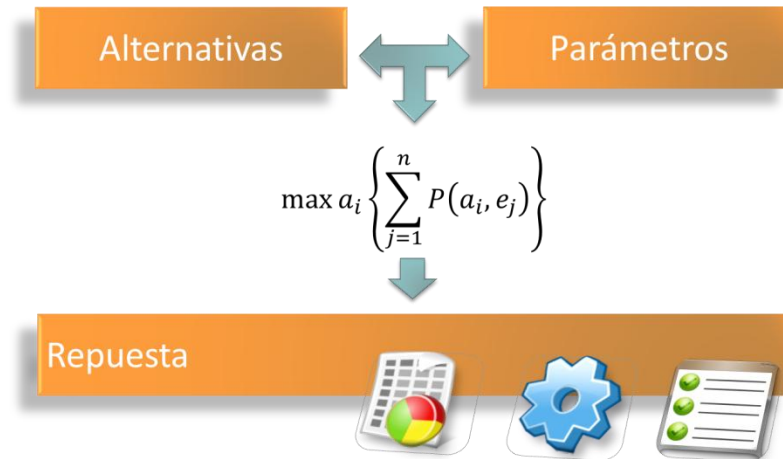


Figura 3.5 Fase de ejecución y respuesta

### 3.3 Diseño del sistema

#### 3.3.1 Elección de patrones

Un patrón de diseño es una buena práctica documentada o solución, que se ha aplicado con éxito en múltiples ambientes para erradicar problemas comunes de diseño de software, con una probada efectividad y con características de reutilización (Fowler, y otros, 2002). La elección del *framework* Symfony para la construcción del sistema proporcionó una serie de patrones que garantizan una arquitectura robusta, íntegra y que los elementos que interactúan dentro de ella se utilicen correctamente.

##### 3.3.1.1 Patrones GRASP

**Experto:** Este patrón se introduce mediante el uso de la librería Propel para mapear la Base de Datos. Esta librería, utilizada en la capa de modelo, encapsula toda la lógica de los datos y genera clases con todas las funcionalidades necesarias para el trabajo con las entidades.

**Creador:** En la clase Actions se encuentran las acciones que crean los objetos de las clases que representan las entidades, definiéndose como un “creador” de dichas entidades.

**Alta cohesión:** La asignación de responsabilidades y el empaquetamiento de archivos, se provee mediante una alta cohesión, patrón de uso obligatorio cuando se trabaja con el *framework* Symfony.

**Bajo acoplamiento:** Este patrón se evidencia durante la creación de objetos de las entidades con la clase Actions, que hereda únicamente del controlador sfActions, alcanzando un bajo acoplamiento de las clases. El modelo de tres capas además abstrae la vista y el controlador del modelo, proporcionando una baja dependencia.

**Controlador:** Todas las peticiones desde la web son manipuladas por un solo controlador: sfActions, que es el punto de entrada único para la aplicación dentro de un determinado entorno. Este patrón se evidencia en las clases sfFrontController, sfWebFrontController y sfContext.

### 3.3.1.2 Patrones GoF

**Singleton:** Este patrón se implementa mediante la clase sfRouting, cuyo método getInstance() se encarga de ejecutar todas las peticiones que se realizan a la aplicación a través del controlador sfWebFrontController.

**Comando:** Este patrón se observa en la clase sfWebController, encargada de establecer el módulo y la acción que se usará por cada petición del usuario.

**Decorador:** Utilizado en la clase sfView, padre de todas las vistas y que permite agregar funcionalidades dinámicamente.

**Registro:** Este patrón es un medio sencillo y eficiente de compartir datos y objetos en la aplicación sin la necesidad de preocuparse por conservar numerosos parámetros o hacer uso de variables globales. Este patrón se aplica en la clase sfConfig, que es la encargada de acumular todas las variables de uso global en el sistema.

### 3.3.1.3 Patrón MVC

El patrón Modelo-Vista-Controlador tiene como idea básica separar al sistema en tres capas: el modelo, la vista y el controlador (Jacobson, y otros, 2000). El **modelo** se encarga de las operaciones y persistencia sobre los datos; guarda y recupera información del medio persistente, ya sean base de datos o ficheros de textos. La **vista** presenta información obtenida con el modelo de manera que pueda ser visible al usuario. El **controlador** es la capa intermedia e implementa toda la capa de negocio del sistema.



### 3.3.2.1 Integración a la base de datos de DSerp Agro.

El bloque de decisión de EBSM DSerp Agro se encuentra en el esquema de decisión, que se relaciona con el esquema de seguridad donde se definen los procesos del sistema. Esto permite que el sistema de soporte a decisiones afecte operaciones que se encuentren en cualquier ambiente o escenario de la plataforma, globalizando el proceso y automatizando diversas tareas.

## 3.4 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se analizaron los métodos y técnicas utilizadas para modelar la solución propuesta, describiendo el método de decisión que se utiliza dentro del sistema de soporte a decisiones. Se argumentaron las cuatro fases del proceso de decisión, mostrando los algoritmos y procedimientos matemáticos que permiten al sistema analizar y tomar decisiones en base a la relevancia o preferencia de los estados de naturaleza. Se describieron los patrones utilizados, discutiendo las clases y funciones que lo implementan, además de exponer los detalles de la base de datos del bloque de decisiones y su integración al modelo general del EBMS DSerp Agro.

Capítulo 4. Implementación y validación de resultados

4.1 Introducción al capítulo

En este capítulo se describirá las tareas de ingeniería definidas para cada historia de usuario del sistema. Se realizará una representación de los casos de prueba creados para validar las funcionalidades que responden a los requisitos identificados en la fase de exploración y planificación. Finalmente, se formalizará un resumen de los resultados que validan la presente investigación.

4.2 Tareas de ingeniería

Las tareas de ingeniería son actividades que los programadores conocen que el sistema debe hacer. Deben ser estimables, su tiempo de implementación debe ser corto, aproximadamente entre uno y tres días, y su objetivo es resolver las historias de usuario. Una historia de usuario puede tener una o varias tareas de ingeniería, en dependencia de la funcionalidad a desarrollar. Pueden existir también tareas de ingeniería técnicas, que son aquellas que aunque no derivan directamente de una historia de usuario, es necesaria su consideración para que el sistema funcione (Wallace, y otros, 2002).

Para el desarrollo de estas taras de ingeniería se siguieron las normas y modelos de artefactos del sistema EBMS DSerp Agro, permitiendo clasificar las tareas de acuerdo al módulo al que pertenecen, tipología, historias de usuario y tiempo de desarrollo; y respondiendo a la estructura documental que sigue el equipo de desarrollo y asegurando la estandarización de los artefactos. El formato para las tareas de ingeniería es el siguiente:

TAREA DE INGENIERÍA			
<b>Código:</b>	Vitae t-18	<b>Historia de usuario:</b>	Vitae - 08
<b>Nombre de tarea:</b>	Modificar beneficio social de obreros		
<b>Responsable:</b>	Luanner Kerton Martinez		
<b>Tipo de tarea:</b>	Desarrollo	<b>Horas estimadas:</b>	10
<b>Fecha inicial:</b>	10/11/2011	<b>Fecha final:</b>	12/11/2011
<b>Descripción:</b>	Se muestra un formulario con los datos del beneficio social de empleado seleccionado, permitiendo modificar los datos.		

Tabla 4.1 Formato de la tarea de ingeniería.

Campos de la tarjeta de ingeniería:

**Código.** El código estará definido en dos partes. La primera será el módulo o subsistema al que pertenece la tarea de ingeniería, uno de los siguientes:

- Vitae.
- Gabinete
- Terra
- Rector
- Mensaje
- Caudal
- Germina
- Labranza
- Camarada
- Hacienda
- Sumario

La segunda parte será el número de la funcionalidad que representa con el prefijo t- que define que el artefacto es una tarea de ingeniería.

**Historia de usuario:** Es el código de la historia de usuario a la cual pertenece la tarea de ingeniería.

**Nombre:** Define el nombre o funcionalidad concreta a la que se dedica la tarea, debe estar expresado un forma infinitiva.

**Responsable:** Programador responsable de la realización de la tarea.

**Tipo de tarea:** Información del tipo de tarea a realizar, la misma puede ser:

- **Desarrollo:** Tarea que se realizará por primera vez.
- **Corrección:** Tarea que se realiza a partir de una anterior que no se realizó correctamente, es decir, que no pasó los casos de prueba satisfactoriamente.
- **Mejora:** Tarea que se realiza a partir de una anterior incorporándole nuevos requerimientos.
- **Otra:** Tarea que no corresponde con una de las anteriores, en este caso es necesario especificar el tipo de tarea o realizar una descripción más profunda de esta.

**Horas estimadas:** Las horas estimadas se definen para el desarrollo del proyecto EBMS DSerp Agro. Dado a que una historia de usuario, tiene como tiempo mínimo de desarrollo una semana hábil (40 horas), las horas estimadas constituyen la cantidad de tiempo en horas en desarrollar la tarea de ingeniería. La suma de horas estimadas de las tareas de ingeniería de una historia de usuario no puede superar la cantidad de horas hábiles definidas para la historia.

**Fecha inicial:** Fecha en la que se inicia el desarrollo de la tarea de ingeniería.

**Fecha final:** Fecha en la que se concluye el desarrollo de la tarea de ingeniería.

**Descripción:** Es una breve descripción sobre lo que la tarea debe hacer o resolver.

En el sistema propuesto se identificaron las siguientes tareas de ingeniería:

Historia de usuario	No. de tarea	Tarea de ingeniería
Gestionar criterios de decisión.	Rector t-32	Adicionar criterio de decisión
	Rector t-33	Eliminar criterio de decisión
	Rector t-34	Modificar criterio de decisión
Extraer alternativas de decisión.	Rector t-35	Cargar posibilidades de decisión
	Rector t-36	Depurar alternativas de procesos
Gestionar enlaces de procesos.	Rector t-37	Determinar enlace de procesos
	Rector t-38	Impedir enlace de procesos
	Rector t-39	Actualizar enlace de procesos
Gestionar objetivos de decisión.	Rector t-40	Registrar objetivo de decisión
	Rector t-41	Quitar referencias a objetivo de decisión
Invertir estados mínimos a máximos.	Rector t-42	Definir función de estado de naturaleza
	Rector t-43	Invertir funciones en estado de minimización
Determinar peso de estados de naturaleza.	Rector t-44	Calcular peso de estados de naturaleza
	Rector t-45	Asignar pesos a estados de naturaleza
Mostrar datos de decisión.	Rector t-46	Mostrar alternativas de decisión
	Rector t-47	Mostrar criterios de decisión
	Rector t-48	Mostrar estados de naturaleza
	Rector t-49	Mostrar pesos de los estados de naturaleza
Seleccionar parámetros de interés.	Rector t-50	Marcar estados de relevancia
Guardar parámetros de interés de un proceso.	Rector t-51	Registrar parámetros de interés para el proceso
	Rector t-52	Indicar parámetros de interés a partir de registros
Calcular alternativas favorables para el proceso.	Rector t-53	Determinar alternativas favorables
	Rector t-54	Visualizar alternativas favorables
	Rector t-55	Declarar respuesta textual
Graficar resultados de decisión.	Rector t-56	Determinar máximos de alternativas
	Rector t-57	Construir gráfica de resultados
Exportar resultados de decisión	Rector t-58	Crear modelo de información
	Rector t-59	Exportar modelo de información

Tabla 4.2 Tareas de ingeniería por historias de usuario.



Las siguientes tablas argumentan dos de las tareas de ingeniería generadas:

TAREA DE INGENIERÍA			
<b>Código:</b>	Rector t-25	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-13
<b>Nombre de tarea:</b>	Determinar enlace de procesos		
<b>Responsable:</b>	Luanner Kerton Martinez		
<b>Tipo de tarea:</b>	Desarrollo	<b>Horas estimadas:</b>	8
<b>Fecha inicial:</b>	25/01/2012	<b>Fecha final:</b>	27/01/2012
<b>Descripción:</b>	Se definen dentro de los procesos de gestión del sistema, aquellos que serán asistidos por el sistema de soporte a decisiones sobre datos parametrizables y se enlazan a un proceso de decisión.		

Tabla 4.3 Tarea de ingeniería de la historia de usuario Rector-13. 1ra Iteración

TAREA DE INGENIERÍA			
<b>Código:</b>	Rector t-37	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-20
<b>Nombre de tarea:</b>	Declarar respuesta textual		
<b>Responsable:</b>	Luanner Kerton Martinez		
<b>Tipo de tarea:</b>	Desarrollo	<b>Horas estimadas:</b>	8
<b>Fecha inicial:</b>	10/05/2012	<b>Fecha final:</b>	10/05/2012
<b>Descripción:</b>	Se muestra un resumen en forma de texto sobre el proceso de decisión indicando para los parámetros seleccionados como relevantes cuales son las alternativas idóneas.		

Tabla 4.4 Tarea de ingeniería de la historia de usuario Rector-20. 2da Iteración

### 4.3 Pruebas.

Los casos de prueba son pruebas funcionales o unitarias que se realizan al sistema para comprobar su funcionamiento. Las pruebas funcionales son validaciones escritas desde la perspectiva del cliente, y las pruebas unitarias son validaciones desde la perspectiva del programador. Mientras un código no haya sido probado no existe. El objetivo general es tener una forma para decirle al cliente que la historia de usuario está lista (Jeffries, y otros, 2000). Generalmente se definen para cada historia de usuario, aunque no existe límite de cuántos casos de prueba debe contener un sistema. Las pruebas funcionales, o pruebas de aceptación, son las más importantes, ya que representan la medida de satisfacción del cliente para una funcionalidad que el sistema debe tener, por lo que fueron escogidas.

A continuación se muestra el modelo de pruebas de aceptación definidas para el sistema de soporte a decisiones sobre datos parametrizables, las que como todos los artefactos generados, son compatibles con los modelos de documentación de desarrollo del sistema EBMS DSerp Agro.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Vitae p-12	<b>Historia de usuario:</b>	Vitae-8
<b>Nombre:</b>	Comprobar promover candidato a empleado		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad de promover un candidato a empleado.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El empleado debe estar registrado en el sistema, debe haberse definido una plaza y esta debe estar en estado "vacante".		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se definen los detalles de contrato, salario y responsabilidades del empleado.		
<b>Resultado esperado:</b>	El candidato es promovido a empleado con un puesto asignado.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.5 Formato de un caso de prueba de aceptación

Los campos de un caso de aceptación de prueba son los siguientes:

**Código.** El código estará definido en dos partes. La primera será el módulo o subsistema al que pertenece el caso de prueba de aceptación, uno de los siguientes:

- Vitae.
- Gabinete
- Terra
- Rector
- Mensaje
- Caudal
- Germina
- Labranza
- Camarada
- Hacienda
- Sumario

La segunda parte será el número de la funcionalidad que representa con el prefijo p- que define que el artefacto es un caso de prueba de aceptación.

**Historia de usuario:** Es el código de la historia de usuario a la cual pertenece el caso de prueba.

**Descripción:** Es una breve descripción del propósito de la prueba.

**Condiciones de ejecución:** Condiciones especiales que deben tenerse en cuenta para ejecutar el caso de prueba.

**Entradas / pasos de ejecución:** Entradas o funciones que deben ejecutarse para realizar el caso de prueba.

**Resultado esperado:** Salida u objetivo que debe cumplir la funcionalidad a la que se le realiza el caso de prueba.

**Evaluación.** Evaluación de éxito del caso de prueba. Prueba satisfactoria en caso de éxito o prueba insatisfactoria en caso de fallo.

Estas pruebas son agregadas a los artefactos de entrega que se realiza al cliente al terminar cada fase o iteración del proyecto. Aquellas funcionalidades o historias de usuario con una evaluación insatisfactoria, serán corregidas en la próxima iteración a partir de nuevas tareas de ingeniería. A continuación se argumentan los casos de prueba del sistema implementado clasificados según la iteración a la que pertenecen:

#### 4.3.1 Casos de prueba de la primera iteración.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-21	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-11
<b>Nombre:</b>	Comprobar gestionar criterio de decisión		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad de gestionar criterio de decisión.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario debe tener acceso a las funcionalidades de gestión de procesos de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Adición: Se definen los detalles inherentes al criterio de decisión. Modificación y Eliminación: Se selecciona un proceso de decisión.		
<b>Resultado esperado:</b>	Adición: Queda registrado un nuevo criterio de decisión. Modificación: Se actualizan los datos del criterio de decisión. Eliminación: Queda eliminado el criterio de decisión.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.6 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-21.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-22	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-12
<b>Nombre:</b>	Comprobar extraer alternativas de decisión		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad extraer alternativas de decisión.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario debe haber ejecutado un proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se define el proceso correspondiente, los criterios a tener en cuenta y los objetivos de decisión.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se extraen todas las alternativas posibles para la situación.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.7 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-22.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-23	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-13
<b>Nombre:</b>	Comprobar gestionar enlaces de procesos		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad de gestionar enlaces de procesos.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	Se debe tener acceso a la configuración de procesos del sistema de soporte a decisiones.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Determinación: Se escoge un proceso de gestión del sistema DSerp Agro y se asocia a un proceso de decisión Modificación y Eliminación: Se selecciona un proceso de decisión.		
<b>Resultado esperado:</b>	Determinación: Definido el enlace entre un proceso de gestión y uno de decisión. Modificación: Queda actualizado el enlace entre el proceso de decisión y el proceso de gestión del sistema DSerp Agro. Eliminación: Queda eliminado el enlace entre el proceso de gestión y el proceso de decisión.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.8 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-23.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-24	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-14
<b>Nombre:</b>	Comprobar gestionar objetivos de decisión.		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad gestionar objetivos de decisión.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	Se debe tener acceso a la configuración de procesos del sistema de soporte a decisiones.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Adición: Se define el nombre del objetivo de decisión. Modificación y eliminación: Se selecciona un objetivo de decisión.		
<b>Resultado esperado:</b>	Adición: Que registrado un nuevo objetivo de decisión Modificación: Queda actualizado el objetivo de decisión. Eliminación: Queda eliminado el objetivo de decisión y las alternativas que responden a este.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.9 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-24.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-25	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-15
<b>Nombre:</b>	Comprobar invertir estados mínimos a máximo.		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad invertir estados mínimos a máximos.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario ha solicitado ejecutar un proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se analizan los pesos de los estados de naturaleza, se buscan los estados expresados en función de minimización y se transforman a estados en función de maximización.		
<b>Resultado esperado:</b>	Todos los estados de naturaleza están expresados en función de maximización.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.10 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-25.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-26	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-16
<b>Nombre:</b>	Comprobar determinar peso de estados de naturaleza		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad determinar peso de estados de naturaleza.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario debe haber ejecutado un proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se calcula el peso de cada estado de naturaleza.		
<b>Resultado esperado:</b>	Todos los estados tienen un peso de decisión asignado.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.11 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-26.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-27	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-17
<b>Nombre:</b>	Comprobar mostrar datos de decisión		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad mostrar datos de decisión		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario debe haber ejecutado un proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se cargan los datos involucrados en el proceso de decisión.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se muestran los estados, alternativas y pesos relacionales que están presentes en el proceso de decisión.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.12 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-27

### 4.3.2 Casos de prueba de la segunda iteración.

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-28	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-18
<b>Nombre:</b>	Comprobar seleccionar parámetros de interés		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad seleccionar parámetros de interés.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario debe haber ejecutado un proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se establecen los parámetros beneficiosos a la situación.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se determinan aquellos estados que son prioritarios para el usuario.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.13 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-28

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-29	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-19
<b>Nombre:</b>	Comprobar guardar parámetros de interés de un proceso.		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad guardar parámetros de interés de un proceso.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario ha determinado aquellos parámetros que son beneficiosos para la situación.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	Se crea un registro en la base de datos con los parámetros relevantes.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se registran los parámetros beneficiosos para la situación acorde a los criterios, objetivos, estados y pesos asociados al proceso.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.14 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-29

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-30	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-20
<b>Nombre:</b>	Comprobar calcular alternativas favorables para el proceso.		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad calcular alternativas favorables para el proceso		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario realiza un proceso de decisión. El usuario ha determinado aquellos parámetros que son beneficiosos para la situación.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	El sistema evalúa los pesos de cada estado, determina las alternativas más favorecidas según el objetivo de decisión y los criterios definidos por el usuario.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se obtienen las alternativas recomendadas para proceso de decisión.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.15 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-30

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-31	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-21
<b>Nombre:</b>	Comprobar graficar resultados de decisión		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad graficar resultados de decisión		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario ha terminado de ejecutar el proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	El sistema determina los máximo de cada alternativa y construye una informe en forma gráfica.		
<b>Resultado esperado:</b>	Se visualiza una gráfica con los resultados.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.16 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-31

Caso de prueba de aceptación			
<b>Código:</b>	Rector p-32	<b>Historia de usuario:</b>	Rector-22
<b>Nombre:</b>	Comprobar exportar resultados de decisión.		
<b>Descripción:</b>	Prueba para comprobar la funcionalidad exportar resultados de decisión.		
<b>Condiciones de ejecución:</b>	El usuario ha finalizado el proceso de decisión.		
<b>Entrada / pasos de ejecución:</b>	El sistema crea un modelo de información y lo exporta como resumen del proceso de decisión		
<b>Resultado esperado:</b>	Se obtiene un archivo en formato pdf con la información del proceso de decisión.		
<b>Evaluación de la prueba:</b>	Prueba satisfactoria.		

Tabla 4.17 Descripción del caso de prueba de aceptación Rector p-32

## 4.4 Validación de resultados.

### 4.4.1 Resultados de la integración a DSerp Agro.

La creación de un sistema de soporte a decisiones sobre datos parametrizables en el sistema para la gestión avanzada de recursos y procesos agrícolas, DSerp Agro, ha permitido contar con una herramienta de alto nivel, que sirve como asistente para la gestión de recursos y procesos, con una capacidad para la toma de decisiones, a partir de las cuales se pueden generar medidas a tomar de forma temprana, marcadas por un índice de confianza detallado y análisis estadísticos de gran importancia para las empresas del sector agropecuario.

Los procesos que son automatizados: transacciones, registros financieros y operativos, funciones de incidencia y procesos de gestión documental, pueden ser detallados a partir de parámetros definidos por el usuario, aumentando la capacidad del sistema para manipular escenarios integrales con infor-

mación de varias empresas. La integración a los procesos del sistema DSerp asegura una conectividad y responsabilidad directa de dichos procesos sobre las actividades de decisión estratégica.

#### 4.4.2 Validación de incidencias en el negocio.

El sistema de soporte a de decisiones integrado al EBMS DSerp Agro ha sido desplegado en la empresa procesadora de café Guantánamo Asdrúbal López, de nombre comercial Altoserra. Esta organización, con fuerte responsabilidad económica en su región y avalada bajo la norma ISO NC 9001:2008, integra sus procesos y relaciones a través de los diferentes escenarios de gestión de la plataforma, asistido por el bloque de soporte a decisiones derivado de esta investigación. En la auditoría realizada al sistema para el período del 15 de Abril al 15 de Mayo del presente año, se determinaron los siguientes datos:

<b>Unidades registradas:</b>	<b>142</b>
Roles Activos:	86
Usuarios registrados:	459
Acciones generadas:	634760

Tabla 4.18. Resumen de interacción con la herramienta EBMS DSerp Agro.

La distribución de las empresas según su función dentro del entorno, y la distribución de las diferentes acciones generadas sobre el sistema de soporte para la tomad de decisiones se representan en la siguiente figura.

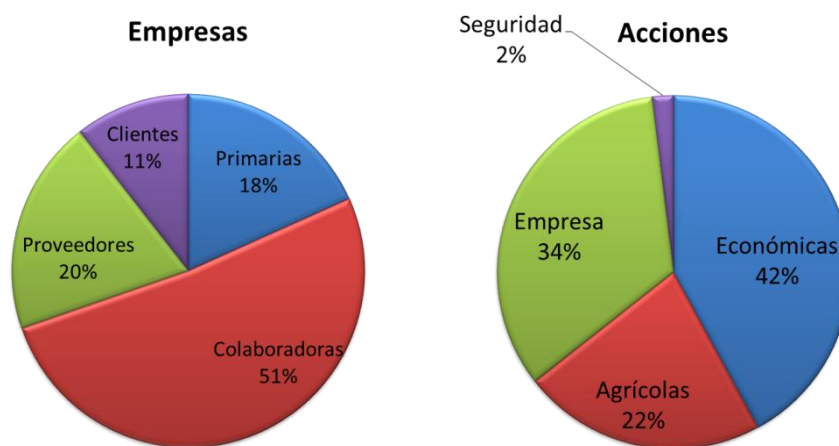


Figura 4.1 Distribución de empresas y acciones generadas en el EBMS DSerp Agro



Este sistema de soporte a decisiones, propicia valores al negocio agrícola de forma directa e indirecta, sirviendo como un medio tecnológico que sirve de apoyo para fundamentar decisiones estratégicas y automatización de procesos en el sector agrícola. Se define, a partir de los resultados alcanzados, que con esta herramienta el sistema EBMS DSerp Agro, contiene los siguientes valores:

- Es una solución eficiente para el manejo de datos y la toma de decisiones en la agricultura.
- Provee una plataforma estratégica capaz de suministrar criterios basados en el ahorro y el elevado rendimiento.
- Conecta de forma íntegra múltiples procesos y recursos agrarios asistidos por procesos de decisión.
- Cumple parte de los objetivos trazados para el milenio y la política de innovación tecnológica que desarrolla nuestro país a través la consultoría estratégica y efectiva que contribuye a elevar la eficacia y eficiencia de los productos y servicios.
- Mejora las condiciones de trabajo de los profesionales agrícolas y derivados.
- Proporciona métodos de experimentación, simulación y decisión más confiables, de menos costo y más ágiles.
- Garantiza trazar metas y planificaciones en base al rendimiento con la seguridad del control estricto de los procesos y recursos durante todo el procedimiento.
- Recoge la experiencia y el criterio especializado que sirve como base de conocimiento para la toma de decisiones estratégicas.
- Permite la determinación de procesos de gestión con asistencia a decisiones a todo un ambiente de negocios que fomenta las decisiones en grupo sobre datos institucionales.

#### 4.5 Conclusiones del capítulo

La especificación de las tareas de ingeniería durante este capítulo, garantizó un control y seguimiento de las tareas necesarias para desarrollar las historias de usuario definidas durante la planificación. Las pruebas realizadas permitieron validar las funcionalidades del sistema, desde la perspectiva del cliente, certificando la presente investigación. Se argumentaron además los resultados alcanzados con la integración del sistema de soporte a decisiones al EBMS DSerp Agro, lo que refleja el aporte realizado a dicha plataforma y el cumplimiento de los objetivos planteados para este trabajo.



## **Conclusiones Generales**

Durante el desarrollo de esta investigación se desarrolló un sistema de soporte para la toma de decisiones sobre datos parametrizados, que dará asistencia a los procedimientos de apoyo a las decisiones estratégicas en el sistema DSerp Agro. Al culminar esta investigación se arribaron a las siguientes conclusiones:

- El desarrollo del sistema de soporte a decisiones permitió a la plataforma DSerp Agro, contar con un bloque de decisiones para el apoyo a los procesos de gestión, lo que permitió a los ejecutivos y especialistas asistirse con métodos y modelos científicos durante el proceso de creación, evaluación y determinación de decisiones estratégicas en las empresas agrícolas.
- El nivel de dependencia colaborativo y el ámbito orientado a la gran empresa permitió globalizar todo el proceso de decisión dentro de la plataforma, dando alcance a todas las capas de gestión dentro de las empresas y propiciando un aprendizaje supervisado dentro del sistema, que asegura a los gestores administrativos, una asistencia a partir de la experiencia acumulada dentro de las organizaciones.
- La personalización y definición de beneficios o parámetros de interés dentro de los procesos de decisión, garantizó que los usuarios argumenten y perfeccionen los métodos de apoyo y que se establezcan los valores y criterios convenientes durante las situaciones de incertidumbre, lo que propicia una especificación en los procedimientos operativos y financieros.
- La asistencia a decisiones mediante métodos y técnicas no deterministas ofreció un modelo de soporte a decisiones adaptable a cualquier proceso empresarial que opere sobre datos cuantitativos, incidiendo en la flexibilidad y adaptabilidad del sistema EBMS DSerp Agro y extendiendo su alcance a otros entornos corporativos.

### **Recomendaciones.**

Luego de concluir este trabajo y cumplir los objetivos trazados, se realizan las siguientes recomendaciones.


- Agregar al sistema la posibilidad de operar sobre datos cualitativos durante el proceso de extracción de variables y criterios de decisión.
- Probar el sistema en otros ambientes de negocios que manipulen datos cuantitativos para la evaluación y determinación de decisiones, integrando procesos productivos de organizaciones con funciones diferentes a las desarrolladas por empresas agrícolas.

## Referencias bibliográficas

---

1. **Apache Software Foundation.** Apache Software Foundation. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2011.] <http://www.apache.org/>.
2. **Arregoces, Mauricio y Portolani, Maurizio. 2004.** *Data Center Fundamentals*. Indiana : Cisco Press, 2004. ISBN: 1-58705-023-4.
3. **Bent, Kent y Fowler, Martin. 2001.** *Planning Extreme Programming*. s.l. : Addison Wesley, 2001. ISBN: 0-201-71091-9..
4. **Benvenuto, Angel. 2006.** *Implantacion de Sistemas ERP, su impacto en la gestión de empresa e integración con las TIC*. Santiago de Chile : Universidad de Concepción, 2006. Vol. IV. ISSN: 0718-4662.
5. **Blanco, Lázaro. 2011.** *La informática en la dirección de empresas*. La Habana : Editorial Félix Valera, 2011. ISBN: 978-959-01-1629-4.
6. **Cabrera, Lucy Torres y Urquiaga Rodríguez, Ana Julia . 2009.** *Análisis de la actividad económica como herramienta para la toma de decisiones*. La Habana : Félix Valera, 2009. ISBN: 978-959-07-0942-5.
7. **Cook, M. y Cook, C. 2000.** *Competitive Intelligence*. London : Kogan Page, 2000.
8. **Crilly, Tony. 2011.** *50 cosas que hay que saber sobre matemáticas*. s.l. : Eriel, 2011. ISBN 978-987-1496-09-9..
9. **Cross, Mark. 2001.** *Decision support systems: using technology for succesful management*. s.l. : Hamilton, 2001. pág. 48. Vol. 75.
10. **Choo, C. W. 1998.** *The Knowing Organization: How Organizations Use Information to Construct Meaning, Create Knowledge, and Make Decisions*. Oxford, England : Oxford University Press, 1998.
11. **D´Espaux, L. M. 1990.** *Análisis económico de empresas industriales*. La Habana : Editorial Pueblo y Educación, 1990.
12. **Dawes, Robyn M. 1988.** *Rationals Choice in an Uncertain World*. s.l. : Hartcourt Brace Janovich, 1988.
13. **Domínguez, M. Dorado. 2005.** *NetBeans IDE 4.1, la alternativa a Eclipse*. Madrid : Editorial Iberprensa, 2005. págs. 32-34.
14. **Druzdel, Marek. 2002..** *Decision Support Systems*. [ed.] Allen Kent. Second Edition. Pittsburgh : University of Pittsburgh, 2002.
15. **Ext JS Inc.** Ext JS. [En línea] [Citado el: 11 de noviembre de 2011.] [www.extjs.com](http://www.extjs.com).

16. **Finlay, Paul N. 1994.** *Introducing decision support systems*. Universidad de Michigan : NCC Blackwell, 1994. 9781855543140.
17. **Fowler, Martin, Rice, David y Foemmel, Matthew. 2002.** *Patterns of Enterprise Application Architecture*. s.l. : Addison Wesley, 2002. ISBN : 0-321-12742-0 .
18. **García, Alberto. 2012.** *Inteligencia Artificial. Fundamentos, prácticas y Aplicaciones*. s.l. : RC Libros, 2012. ISBN 978-84-939450-2-2.
19. **Gerner, Jason, y otros. 2006.** *Professional LAMP: Linux, Apache, MySQL and PHP 5 Web Development*. Indianapolis : Wiley Publishing, Inc., 2006. ISBN: 978-0-7645-9723-7.
20. **Goodwin, Paul y Wright, Goerge. 2004.** *Decisión Analysis for Management Jugment*. 3rd edition. s.l. : Chichister: Weley, 2004. ISBN: 0-470-86108-8.
21. **Haettenschwiler, P. 1999.** *Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung*. Zurich : Politik und Gesellschaft. Zurich, 1999.
22. **Jacobson, Ivar, Booch, G. y Rumbaugh, J. 2000.** *El proceso unificado de desarrollo de software*. Madrid : Pearson Educación, 2000. ISBN: 84-7829-036-2.
23. **Jeffries, Ron y Anderson, Ann. 2000.** *Extreme Programming Installed*. s.l. : Addison Wesley, 2000. ISBN: 0-201-70842-6.
24. **Kahneman, Daniel. 1982.** *Judgment under uncertainty: heuristics and biases*. Cambridge : Cambridge University Press, 1982.
25. **Kahneman, Daniel, Slovic, Paul y Tversky, Amos. 1982.** *Judgment Huristics and Biases*. Cambridge : Cambridge University Press, 1982.
26. **Kamenitzer, S. E. 1981.** *Organización, planificación y dirección de la actividad de las empresas industriales*. s.l. : Editorial Pueblo y Educación, 1981.
27. **Keen, P. G. W. 1978.** *Decision Support Systems: organizational perspective*. Reading, Mass : Addison Wesley Pub., 1978. ISBN: 0-201-03667-3.
28. **Kent, Allen. 1999.** *Encyclopedia of library and information science*. s.l. : M. Dekker, 1999. 9780824720643.
29. **Keyl, M. P. 1995.** *Usefulness and ease of use: field study evidence regardign task consideratiosn. Decision Support Systems*. Adison Wesley : s.n., 1995. Vol. 83.
30. **Llull Céspedes, Krysia y Méndez Gutiérrez, Yaimara. 2011.** *Sistema de apoyo para la toma de decisiones en el sistema penitenciario cubano*. Ciudad de la Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2011.

- 
31. **McConnell, Steve. 2002.** *Professional Software Development: Shorter Schedules, Higher Quality Products, More Successful Projects, Enhanced Careers [CHM]*. s.l. : Addison Wesley, 2002. pág. 272. ISBN: 0-321-19367-9.
  32. **More, J. H y Chang, M. G. 1980.** *Design of Decision Support Systems*. s.l. : Fall, 1980. Vol. Vol. 12.
  33. **Nokia Corporation.** Qt Framework. [En línea] [Citado el: 23 de Febrero de 2012.] [www.qt.nokia.com](http://www.qt.nokia.com).
  34. **PostgreSQL Development Group. 2009.** *PostgreSQL 8.4.0 Documentation*. s.l. : PostgreSQL Global Development Group, 2009.
  35. **Potencier, Fabien.** Symfony Project. [En línea] [Citado el: 20 de Noviembre de 2011.] [www.symfony-project.org](http://www.symfony-project.org).
  36. **Power, D. J. 2002.** *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Westport : Quorum Books, 2002.
  37. **Power, Daniel J. 2010.** *Decision Support Systems*. s.l. : InTech, 2010. ISBN 978-953-7619-64-0,.
  38. **Sauter, Vicki L. 2010.** *Decision Support Systems for Business Intelligence*. s.l. : John Wiley & Sons, 2010. 9780470634424.
  39. **Sprague, R. H. . 1996.** *Decision Support for Management*. New Jersey : Prentice Hall Publications, 1996.
  40. **Turban, Efraim. 1995.** *Decision support and expert systems: management support systems*. Universidad de Indiana : Macmillan, 1995. 9780024216915.
  41. —. **1993.** *Decision support and expert systems: management support systems*. Universidad de Indiana : Macmillan, 1993. 9780024216915.
  42. **Turban, Efraim y Aronson, Jae E. 2001.** *Decision Support System and Intelligent systems*. 6th Edition. s.l. : Ed Printice Hall, 2001.
  43. **Wallace, Doug y Ragget, Isobel. 2002.** *Extreme Programming for Web Projects*. s.l. : Addison Wesley, 2002. ISBN : 0-201-79427-6.