



Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Informática

# MÓDULO INFORMÁTICO ÁRBOLES DE DECISIÓN PARA LA PLATAFORMA ADRIP

Autor: Alejandro Noa Nimo.  
Tutores: MSc. Cinthya Rodríguez Hernández.  
Ing. Carlos Alberto Rodríguez Robaina

Cienfuegos-Cuba

2016-2017

## Resumen

La Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” es hoy uno de los pilares fundamentales en el proceso de cambio de la matriz energética del Caribe. La misma cuenta con un proyecto de inversión que tiene asociado una serie de riesgos, para su gestión se designa un grupo de expertos, encargados de realizar su análisis cualitativo y cuantitativo siguiendo lo establecido en la Resolución 60/11 de la Contraloría General de la República y la Guía para la Gestión de Proyectos, empleando para ello el sistema informático ADRIP. Este sistema realiza el proceso de gestión, análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos a través de métodos de análisis de sensibilidad, criterio de optimización del valor esperado y toma de decisiones en incertidumbre. La presente investigación tiene por objetivo desarrollar un módulo informático para la evaluación de riesgos de inversión con árboles de decisión. Este se desarrolla cumpliendo con los requerimientos actuales de la Refinería y ADRIP, se ejecuta sobre un entorno web, es multiplataforma y no presenta restricciones de licencias de software para su uso. Se validan los resultados obtenidos por medio de un sistema de expertos aplicando el método Delphi, los que consideraron los resultados del módulo como Bastante y Muy Adecuados, por lo que queda avalada la importancia del mismo para cumplir los pasos establecidos en la Guía de Gestión de Proyectos.

**Palabras clave:** ADRIP, Proyectos de Inversión, Análisis Cuantitativo de Riesgos, Árboles de decisión.

## Abstract

The "Camilo Cienfuegos" Oil Refinery is today one of the fundamental pillars in the process of change of the Caribbean energy matrix. The same has an investment project that has associated a series of risks, for its management is designated a group of experts, responsible for conducting their qualitative and quantitative analysis following the provisions of Resolution 60/11 of the General Comptroller of the Republic And the Guide for Project Management, using the ADRIP computer system. This system performs the process of management, qualitative and quantitative analysis of risks through methods of sensitivity analysis, optimization criterion of expected value and decision making in uncertainty. The present research aims to develop a computer module for the evaluation of investment risks with decision trees. This is developed in compliance with the current requirements of the Refinery and ADRIP, runs on a web environment, is multiplatform and does not present restrictions of software licenses for its use. We validate the results obtained through a system of experts applying the Delphi method, which considered the results of the module as Fair and Very Adequate, so it is endorsed the importance of the module to comply with the steps established in the Management Guide Projects.

**Keywords:** ADRIP, Investment Projects, Quantitative Risk Analysis, Decision Trees.

# Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1: Marco teórico.....	6
1.1 Sobre la empresa .....	6
1.2 Árboles de decisión.....	7
1.2.1 Conceptos de la Toma de Decisiones con experimentación .....	10
1.2.2 Árboles con experimentación. Teorema de Bayes .....	11
1.3 Sistemas informáticos existentes para el análisis cuantitativo de riesgos en proyectos .....	13
1.3.1 Internacionales .....	13
1.3.2 Nacionales.....	16
1.4 Metodología, lenguaje de modelado, tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo del módulo informático .....	17
1.4.1 Metodología .....	17
1.4.2 Lenguaje de modelado.....	18
1.4.3 Lenguajes y tecnologías web utilizadas .....	19
1.4.4 Herramientas .....	23
1.5 Conclusiones.....	26
Capítulo 2: Construcción de la solución propuesta .....	28
2.1 Definición de las entidades y conceptos principales .....	28
2.1.1 Entidades.....	28
2.1.2 Descripción general de los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto.....	28
2.2 Reglas del negocio a considerar .....	30
2.3 Representación del modelo del dominio .....	30
2.4 Descripción de la arquitectura.....	31
2.4.1 Concepción general .....	31

2.4.1 Estructuración en capas .....	31
2.4.2 Patrones presentes en el sistema .....	32
2.4.3 Requerimientos funcionales .....	32
2.4.4 Requerimientos no funcionales .....	33
2.5 Modelo de casos de uso del sistema .....	34
2.5.1 Actores del sistema .....	35
2.5.2 Casos de Uso del Sistema .....	35
2.5.3 Diagramas de casos de uso del sistema .....	36
2.5.4 Requerimientos por caso de uso .....	36
2.5.5 Descripción de los Casos de Uso .....	36
2.6 Construcción de la solución propuesta .....	41
2.6.1 Diagramas de clase web.....	41
2.7 Principios del Diseño .....	42
2.7.1 Interfaz de Usuario.....	42
2.7.2 Formato de Salida de los Reportes.....	43
2.8 Diseño de la base de datos .....	43
2.8.1 Modelo Lógico de Datos .....	43
2.8.2 Modelo Físico de Datos .....	44
2.8.3 Diagrama de Despliegue .....	44
2.8 Conclusiones.....	45
Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación por método de expertos .....	46
3.1 Planificación basada en Casos de Uso .....	46
3.1.1 Cálculo de puntos de casos de uso sin ajustar .....	46
3.1.2 Factor de Peso de los Actores sin ajustar (UAW) .....	46
3.1.3 Factor de Peso de los Casos de Uso sin Ajustar .....	47
3.1.4 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados .....	49

3.1.5 Factor de complejidad técnica (TCF).....	49
3.1.6 Factor de ambiente (EF) .....	50
3.1.7 Estimación del esfuerzo .....	51
3.1.8 Cálculo de costos .....	52
3.2 Beneficios tangibles e intangibles.....	53
3.2.1 Análisis de costos y beneficios .....	53
3.3 Pruebas Funcionales .....	53
3.4 Método Delphi .....	60
3.4.1 Caracterización de los expertos .....	60
3.4.2 Matriz de Resultados de los Criterios dado por los Expertos .....	61
3.4.3 Tabla de Frecuencia Acumulada de los Expertos .....	62
3.3.4 Tabla de Distribución Normal Estandarizada Inversa .....	63
3.4.4 Tabla N-P .....	64
3.4.5 Promedio por Aspectos.....	64
3.4.6 Conclusiones del método Delphi .....	65
3.5 Conclusiones.....	66
Conclusiones .....	67
Recomendaciones .....	68
Referencias Bibliográficas .....	69
Bibliografía .....	72
Anexos .....	76

## Índice de tablas

Tabla 1: Tabla de probabilidades dada por los expertos (resultado de la experimentación).....	12
Tabla 2: Actores del sistema .....	35
Tabla 3: Requerimientos por caso de uso. ....	36
Tabla 4: Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación. ....	36
Tabla 5: Análisis con Árbol de Decisión con experimentación. ....	38
Tabla 6: Factor de peso de los actores del sistema.....	46
Tabla 7: Clasificación de los actores atendiendo al factor de peso.....	47
Tabla 8: Criterios del factor de peso de los casos de uso sin ajustar. ....	48
Tabla 9: Clasificación de los casos de uso del sistema. ....	48
Tabla 10: Significado y peso de los factores. ....	49
Tabla 11: Significado y peso de las habilidades del grupo. ....	50
Tabla 12: Criterios de distribución de esfuerzo.....	52
Tabla 13: Resultado de las pruebas funcionales .....	54
Tabla 14: Resultado de las pruebas funcionales .....	57
Tabla 15: Análisis Curricular de los Expertos .....	61
Tabla 16: Resultados de los Criterios dado por los Expertos .....	61
Tabla 17: Frecuencia Acumulada de los Expertos .....	62
Tabla 18: Distribución Normal Estandarizada Inversa .....	63
Tabla 19: N-P .....	64
Tabla 20 : Promedio por Aspectos .....	64
Tabla 21: Conclusiones Bastante Adecuado.....	65
Tabla 22: Conclusiones Muy Adecuado .....	65

## Índice de figuras

Figura 1: Estructura del árbol de decisión .....	8
Figura 2: Diagrama de clases del dominio.....	30
Figura 3: Diagrama de Casos de Uso del Sistema .....	36
Figura 4: Caso de Uso: Análisis con árbol sin experimentación .....	41
Figura 5: Caso de Uso: Análisis con árbol con experimentación.....	42
Figura 6: Modelo Lógico de Datos .....	43
Figura 7: Modelo Físico de Datos .....	44
Figura 8: Diagrama de Despliegue .....	44

## Introducción

Todas las actividades de una organización implican riesgos, que pueden ser riesgos internos y/o externos, y que hacen incierto saber si se cumplirán los objetivos trazados y en qué tiempo. Las organizaciones gestionan los riesgos identificándolos, analizándolos y evaluándolos. Esto implica desarrollar una comprensión de los mismos, proporciona elementos de entrada para su evaluación y para tomar decisiones acerca de si es necesario tratarlos, así como sobre las estrategias y los métodos de tratamiento más apropiados.

Cuando las empresas se enfrentan a la toma de decisiones, se debe tener como premisa la comprensión de la situación, que el decisor este en la capacidad de analizar y evaluar las alternativas en los contextos de la problemática, con el objeto de encontrar soluciones convenientes.

Un adecuado análisis de riesgos permite a la empresa planear adecuadamente la forma de anticiparse a posibles resultados adversos y sus consecuencias y, de este modo, prepararse para enfrentar la incertidumbre sobre las variables que puedan afectar dichos resultados. Además, proporciona mejores resultados a los proyectos. Esto se debe a que se toman mejores decisiones sobre los procesos de planificación y diseño, que permite prevenir o evitar los riesgos que pudieran aparecer, y de esta manera elaborar una buena planificación de las contingencias que hagan frente a los riesgos y sus impactos. [1]

Realizar un análisis de riesgos no es sencillo sin la ayuda de las tecnologías existentes en las ciencias informáticas. Las actuales perspectivas del desarrollo de los sistemas informáticos llevan a brindar información oportuna, rápida y precisa. Contar con sistemas informáticos posibilita organizar y acceder de manera más fácil a la información, para la toma de decisiones acertadas.[2]

Para resolver los problemas de inversión en la industria o los servicios se realizan una serie de métodos de cálculo, teorías de riesgo, análisis de decisión, árboles, cálculos de redes, entre otros. Para estos fines se cuenta con pocos productos informáticos y en el caso de encontrarlos son privativos y costosos.

La Refinería de Petróleo de Camilo Cienfuegos, ubicada en la ciudad de Cienfuegos, es hoy uno de los pilares fundamentales en el proceso de cambio de la matriz energética del Caribe, bajo los acuerdos del ALBA y PetroCaribe, impulsados por Cuba y Venezuela.

La Refinería tiene implementado un Sistema de Control Interno amparado por la Resolución 60/11 de la Contraloría General de la República (CGR), que lo define como un proceso integrado a las operaciones con un enfoque de mejoramiento continuo, extendido a todas las actividades inherentes a la gestión.[3] Este proceso es efectuado por la dirección y el resto del personal; se implementa mediante un sistema integrado de normas y procedimientos, que contribuyen a prever y limitar los riesgos internos y externos.

En la Refinería durante la ejecución de un proyecto de inversión se realiza la gestión y evaluación de riesgos asociados al mismo siguiendo lo establecido en la Guía de Gestión de Proyectos, por ello se desarrolla en la Universidad de Cienfuegos ADRIP: Sistema Informático para la Administración de Riesgos en Proyectos de Inversión desde el año 2015. [4] [5] Este software realiza el proceso de gestión de riesgos y el análisis cualitativo y cuantitativo de los mismos a través de métodos de análisis de sensibilidad, criterio de optimización del valor esperado y toma de decisiones en incertidumbre. [6] Además de cumplir con los requerimientos actuales de la Refinería, se ejecuta sobre un entorno web, es multiplataforma y no presenta restricciones de licencias de software para su uso.

### **Situación Problemática**

En la Refinería de Cienfuegos para la ejecución de un proyecto de inversión se designa un grupo de expertos, encargados de realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos siguiendo lo establecido en la Resolución 60/11 de la Contraloría General de la República utilizando para ello el sistema ADRIP que establece los métodos a utilizar.

Sin embargo, ADRIP no tiene implementado los árboles de decisión necesarios para el análisis y evaluación de riesgos de inversiones, que hacen más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones. A través de esta técnica

se puede tener una visión del panorama completo del proyecto de inversión, se perciben mejor los diferentes cursos de acción y sus posibles eventos asociados, así como la magnitud de las inversiones que cada curso de acción origina.

Los árboles de decisión se utilizan para realizar un análisis de como las decisiones tomadas en el presente pueden afectar las decisiones en un futuro, ya que muchas acciones realizadas en el presente no consideran las consecuencias a largo plazo.

Teniendo en cuenta la situación problemática anterior se define como **problema de investigación** ¿Cómo contribuir a la evaluación de riesgos de inversión para la toma de decisiones en el Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos?

Identificándose como **objeto de estudio** la evaluación de riesgos en los Proyectos de Inversión, y como **campo de acción** los árboles de decisión para la evaluación de riesgos de inversión en el Proyecto de la Expansión.

El **objetivo general** es desarrollar un módulo informático para la evaluación de riesgos de inversión con árboles de decisión para la plataforma ADRIP en la Refinería de Cienfuegos.

### **Objetivos específicos**

1. Analizar el proceso de evaluación de riesgos en proyectos de inversión.
2. Diseñar un módulo informático que realice la evaluación de riesgos de inversión.
3. Implementar el módulo informático propuesto.
4. Validar el módulo informático mediante criterio de especialistas.

Se plantea como **idea a defender**: La elaboración de un módulo informático para la evaluación de riesgos de inversión con árboles de decisión para la plataforma ADRIP en la Refinería de Cienfuegos contribuirá a la toma de decisiones en esta empresa.

Para cumplir con el objetivo se trazaron un conjunto de **tareas**:

- Entrevista a los trabajadores que intervienen en la administración de riesgos en el Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos.

- Revisión de las aplicaciones similares implementadas en otras provincias del país y el resto del mundo.
- Selección de la metodología, tecnología, lenguajes y herramientas para la implementación del módulo.
- Aplicación de una encuesta para medir el grado de satisfacción con el módulo propuesto en la Refinería de Cienfuegos.
- Documentación de la información generada durante el análisis, diseño, implementación y validación del módulo.

### **Aporte Práctico**

Este trabajo propone un módulo informático para la plataforma ADRIP que realice la evaluación con árboles de decisión de los riesgos de inversión presentes en el Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos, que contribuya a la toma de decisiones del equipo de dirección durante la implementación del Sistema de Control Interno.

Como **métodos de investigación** se emplearon fundamentalmente los siguientes:

De los **Métodos Teóricos** se utilizaron:

**Método Histórico Lógico:** Se utiliza con el objetivo de profundizar en los antecedentes de las teorías correspondientes a la evaluación de riesgos en proyectos de inversión, en su decursar histórico, precisando los momentos más significativos de este proceso y revelando las características y tendencias propias.

**Método Analítico- Sintético:** Se utilizará para captar y resumir varios documentos y procedimientos legales por los cuales se rige la administración del Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos. De ellos se extraerán las ideas fundamentales y al mismo tiempo se detallará la información necesaria para el correcto modelado del sistema.

### **Métodos Empíricos**

**Entrevista:** Se utilizará la entrevista como una conversación planificada con los clientes, para obtener información acerca del problema en cuestión. Su uso constituye un medio para el conocimiento cualitativo de las características

particulares del proceso de evaluación de riesgos de inversión y puede influir en el posterior análisis y diseño del módulo informático para el Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos.

Encuesta: Para la validación de la propuesta presentada por expertos de la Refinería.

La tesis está estructurada, en Resumen, Introducción, 3 capítulos, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas, Bibliografía y Anexos.

**Capítulo 1: Marco teórico.** En este capítulo se realiza una revisión de los temas relacionados con el estado del arte de los diferentes sistemas informáticos existentes en Cuba y en el mundo para la evaluación de riesgos con árboles de decisión en proyectos de inversión, sus elementos y características principales. Se establecen las herramientas, metodologías, lenguajes y tecnologías a utilizar, argumentando el porqué de la elección de las mismas.

**Capítulo 2: Construcción de la solución propuesta.** En este capítulo se describen las características y conceptos fundamentales asociados al modelo del dominio, se realiza el modelo de casos de uso del sistema y la descripción de los mismos, así como los diagramas de clases y los modelos lógico y físico de la base de datos.

**Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación por método de expertos.** En este capítulo se realiza el estudio de factibilidad empleando el análisis de planificación por casos de uso, la validación de la propuesta de diseño mediante la aplicación de pruebas funcionales al módulo informático y por medio de un sistema de expertos aplicando el método Delphi con 11 expertos de la Refinería.

# Capítulo 1: Marco teórico

## Introducción

En este capítulo se tratan los temas relacionados con el estado del arte de los diferentes sistemas informáticos existentes en Cuba y en el mundo para la evaluación de riesgos con árboles de decisión en proyectos de inversión, sus elementos y características principales. Se establecen las herramientas, metodologías, lenguajes y tecnologías a utilizar, argumentando el porqué de la elección de las mismas.

## 1.1 Sobre la empresa

CUVENPETROL S.A. es una Empresa Mixta que adopta la forma de Sociedad Anónima por acciones nominativas, con personalidad jurídica y patrimonio propio, balance financiero independiente y gestión económica, financiera, organizativa y contractual, autónoma. Tiene como objeto social el desarrollo y la operación del sistema de refinación de petróleo, gas natural licuado (GNL) y gas natural comprimido, en la República de Cuba, que incluye, los siguientes Proyectos:[3]

1. La expansión de la Refinería Camilo Cienfuegos.
2. El Desarrollo del Diseño y Construcción de Facilidades de la Planta de Regasificación de Gas Natural Licuado (GNL), en la República de Cuba.
3. La Construcción de nueva Refinería en Matanzas.
4. La expansión de la Refinería Hermanos Díaz.

El Proyecto Expansión de la Refinería pertenece al programa de Proyectos Mayores en Cuba, y se localiza en el futuro polo petroquímico de la provincia de Cienfuegos; se subordina a la empresa mixta cubano- venezolana CUVENPETROL, S.A.

El objetivo de este proyecto es aumentar la capacidad de refinación de petróleo de la actual Refinería, además de añadir valor a los productos mediante esquemas de conversión profunda, que garantizará su viabilidad económica y eliminará las pérdidas actuales.

## 1.2 Árboles de decisión

El árbol de decisión es un método gráfico, que permite analizar todos los resultados posibles en un proceso multietápico, y matemáticamente puede ser concebido como una red no orientada, finita y conexa, que no tiene ciclo y que está formada por 2 vértices como mínimo. Se comienza en un punto que podemos denominar tronco, y a partir de aquí se bifurcan las ramas. El árbol de decisión consta de Nodos, Ramas, Probabilidades Estimadas y Utilidades o Pagos. [7]

Han sido utilizados en diferentes ramas de la ciencia por el análisis que permiten efectuar. Se utiliza para realizar un análisis de como las decisiones tomadas en el presente pueden afectar las decisiones en un futuro, ya que muchas decisiones tomadas en el presente no consideran las consecuencias a largo plazo, cuando es importante considerar las secuencias de decisión y se conocen las probabilidades de que sucedan en el futuro los eventos bajo análisis.

Se encuentra su aplicación para el análisis de riesgos del proyecto, que se lleva a cabo desde la fase de planificación, y a través de todo el desarrollo del proyecto, pues es una importante herramienta de toma de decisiones. El uso de árboles de decisión como una base para analizar y evaluar inversiones, hacen más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones. [8]

A través de esta técnica se puede tener una mejor visión del panorama completo del proyecto de inversión, es decir, se perciben mejor los diferentes cursos de acción y sus posibles eventos asociados, así como la magnitud de las inversiones que cada curso de acción origina. Además pueden usarse tanto para valorar decisiones económicas como de planificación temporal.

### **Entre las ventajas de su utilización: [7]**

- Permite un análisis global del proyecto y revisar todas las estrategias viables para su implementación.
- Fomenta una revisión continua de la información disponible y hace evidente la necesidad de mejorarla y/o complementarla.

- Hace posible no sólo tomar la decisión inicial sino también realizar una continua evaluación de la decisión frente a cambios en las condiciones económicas a través del tiempo.

Se ha utilizado en investigaciones de riesgo crediticio (Cardona Hernández, 2004) como como una herramienta efectiva para la predicción de probabilidades de incumplimiento, no solo a nivel de capacidad de discriminación (potencia), estabilidad a través del tiempo, sino como una herramienta de fácil entendimiento que permite potencializar sus usos y servir además de la predicción, para la planeación de estrategias comerciales de venta de servicios, estrategias de cobranza entre muchas otras.

El árbol de decisión permite representar y analizar una serie de decisiones futuras de carácter secuencial a través del tiempo. Cada decisión se representa gráficamente por un cuadrado con un número dispuesto en una bifurcación del árbol de decisión. Cada rama que se origina en este punto representa una alternativa de acción. Además de los puntos de decisión es este árbol se expresan, mediante círculos, los sucesos aleatorios que influyen en el resultado. A cada rama que parte de estos sucesos se le asigna una probabilidad de ocurrencia. De esta forma, el árbol representa todas las combinaciones posibles de decisiones y sucesos, permitiendo estimar un valor esperado del resultado final, como un valor actual neto, utilidad u otro.

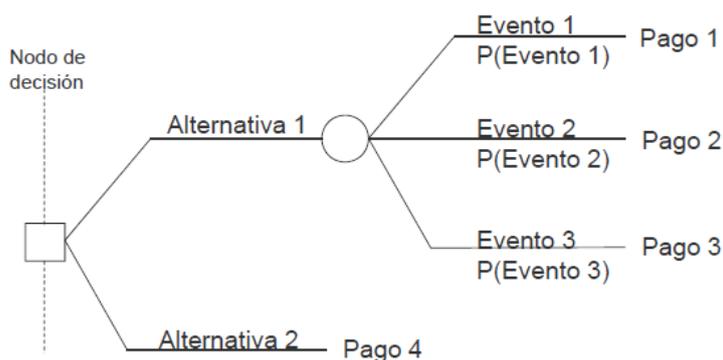


Figura 1: Estructura del árbol de decisión

**El árbol de decisión puede ser determinístico o estocástico: [8]**

Árbol de Decisión Determinístico: Representa un problema en el cuál cada posible alternativa y su correspondiente resultado se conoce con certeza.

Árbol de Decisión Estocástico: Se caracteriza por que en cada alternativa y su resultado existe un cierto riesgo dado la probabilidad.

**En los árboles de decisión existen dos tipos de nodos:**

Nodo de Decisión: denotado por un cuadrado y requiere una decisión para seleccionar una de las ramas que parten de él.

Nodo de Probabilidad: denotado por un círculo, de él parten los diferentes estados de la naturaleza, como valores enteros o con sus probabilidades según sea el árbol determinístico o estocástico respectivamente.

**Existen dos tipos de Ramas:**

Ramas de Decisión: Se dibujan con doble flecha, corresponden a las alternativas del decisor, no poseen tiempo (la decisión es inmediata), tienen costo y no presentan probabilidad.

Ramas de Probabilidad: Se dibujan con una flecha, corresponden a los estados de la naturaleza, poseen tiempo, probabilidad y ganancia unitaria.

**Para elaborar un árbol de decisión seguiremos el siguiente proceso: [8]**

- Las decisiones a tomar se corresponderán por cuadrados.
- Trazaremos diferentes líneas por cada posible opción (nombrándolas)
  - Al final de estas consideramos los resultados
    - Si son valores ciertos, el nodo será un cuadrado
    - Si son valores inciertos, el nodo será un círculo
- Por cada nuevo cuadrado repetiremos el proceso anterior
- Por cada círculo trazamos líneas por cada opción (nombrándolas)
- Asignamos un valor a cada posible decisión y una probabilidad
  - Tomas las ramas juntas sumarán 1
- Repetimos hasta considerar todos los escenarios posibles
- Calculamos el valor de cada nodo incierto (círculo) prorrateando cada resultado por su probabilidad
- Calculamos el valor de cada nodo de decisión (cuadrado)

- Fijando su coste sobre cada línea de decisión (C)
- Restamos del valor del siguiente nodo
  - El resultado es el Valor Esperado
- Seleccionamos la opción de mayor beneficio para el nodo

En cada nodo se calcula el Valor Esperado, que es un promedio de los distintos resultados asociados a una alternativa, ponderados por su grado de ocurrencia y considera la doble información disponible: resultado y probabilidad. En cada punto de decisión se selecciona la alternativa con el valor esperado óptimo y se desechan las demás decisiones.

El Valor Esperado es la media de la distribución de probabilidad y se calcula como:

$$E(x) = \sum_{i=1}^m X_i p(X_i)$$

donde:

m: número de estados de la naturaleza

p(X<sub>i</sub>): probabilidad del estado de la naturaleza X<sub>i</sub>

## 1.2.1 Conceptos de la Toma de Decisiones con experimentación

### Probabilidad:

Probabilidades Objetivas: Pueden concluirse a partir de una serie de observaciones. Pueden ser:

- **A priori:** Son aquellas que pueden ser computadas antes del experimento, porque la naturaleza del evento que ocurrirá es previamente reconocido. Éstas deben poder ser conocidas sin un gran número de experimentos ni grandes bases de datos.
- **Empíricas:** Son aquellas que se basan sobre grandes cantidades de datos históricos, que permiten construir tablas de frecuencias relativas de ocurrencia.

**Probabilidad simple:** Es aquella que no está condicionada a la ocurrencia de otro evento. (Ej.  $P(a)$ )

**Probabilidad Condicional:** Dado que otro evento ya ocurrió, cuál es la probabilidad de que el evento ocurra. (Ej.  $P(A/B)$ )

**Probabilidad Conjunta:** Es la probabilidad de que ocurra una serie de eventos de forma simultánea. (Ej.  $P(AB)$ )

**Probabilidad Marginal:** Corresponde a la suma de las probabilidades conjuntas para un evento, y corresponde a una probabilidad simple.

Ej. Si el evento A puede ocurrir con el evento B o sin el evento B, entonces:

$$P(A) = P(A.B) + P(A. \text{no } B)$$

### 1.2.2 Árboles con experimentación. Teorema de Bayes

El Teorema de Bayes es una técnica para calcular probabilidades condicionales. A partir de un conjunto de probabilidades llamadas "a priori" o "sin corregir", calcula un conjunto de probabilidades "a posteriori" o "corregidas" que son una modificación de las primeras ante la evidencia de que un determinado suceso ha ocurrido. [8]

Es frecuente utilizar pruebas adicionales (hacer experimentos, análisis de mercados) para mejorar las estimaciones preliminares de las probabilidades de los respectivos estados de la naturaleza que dan las probabilidades a priori.

El Teorema expresa la probabilidad condicional de un evento aleatorio A dado B en términos de la distribución de probabilidad condicional del evento B dado A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A. (Box George, 1992). Su estructura permite el cálculo de probabilidades después de haber sido realizado un experimento (probabilidades a posteriori), basándose en el conocimiento de la ocurrencia de ciertos eventos que dependan del evento estudiado, o sea, se parte de probabilidades conocidas antes de efectuar el experimento (probabilidades a priori), las cuales son afectadas por las probabilidades propias del experimento (las que aparecen durante la ocurrencia del evento).

Los modelos bayesianos se relacionan con los procesos de toma de decisiones, fundamentales para el desarrollo de aplicaciones empresariales en proporción de los costos reales y las oportunidades en que las decisiones a menudo deben hacerse en condiciones de incertidumbre. Es una herramienta de análisis del riesgo utilizado por las entidades en los métodos de detección y regulación en el tratamiento de riesgos. [9]

Tabla 1: Tabla de probabilidades dada por los expertos (resultado de la experimentación)

	Indicaciones	E <sub>1</sub>	E <sub>2...</sub>	E <sub>m</sub>
Valores probables de las experimentaciones (probabilidades condicionales del experimento dado el estado de la naturaleza)  $P \frac{E_{iprob}}{E_j}$	E <sub>1prob</sub>			
	E <sub>2prob</sub> .....			
	E <sub>mprob</sub>			

### Pasos del Método de Bayes [9]

1. Calcular el valor esperado de cada alternativa y la mejor alternativa (Tabla 1)
2. Se busca una experimentación con un costo y una tabla de valores probables condicionados dados por las experimentaciones (Tabla 2)
3. Calcular las probabilidades conjuntas:

$$P_{conj}(ij) = P_j P \frac{E_{iprob}}{E_j}$$

4. Calcular las probabilidades marginales para cada indicador:

$$P_{prob}(E_{iprob}) = \sum_{j=1}^m P_j P \left( \frac{E_{iprob}}{E_j} \right)$$

5. Calcular las probabilidades a posteriori: ProbConjunta (i,j) / ProbMarginali
6. Construir el árbol de decisiones con el experimento realizado, con las probabilidades a posteriori y marginales
7. Hacer el cálculo del árbol y este procedimiento llevaría a una política óptima.

## 1.3 Sistemas informáticos existentes para el análisis cuantitativo de riesgos en proyectos

Se hace un análisis de los sistemas informáticos existentes para la gestión de riesgos en proyectos nacionales e internacionales, destacando las ventajas y desventajas de los mismos.

### 1.3.1 Internacionales

**ORCA Risk Management:** Permite identificar, controlar y remediar riesgos tecnológicos, financieros, operacionales y de reputación que amenazan el cumplimiento de los objetivos en la organización, además proporciona un sistema de centralización de información que permite la identificación de riesgos, evaluar la probabilidad de ocurrencia e impacto de los mismos, relacionándolos con controles de mitigación, rastreando la solución para cada hallazgo.[10]

Esta herramienta cuenta con algunos beneficios destacables, pudiendo señalar la reducción de tiempo y costos, al concentrar procesos manuales y aislados en un sistema integral y automatizado de administración de riesgos, el rápido retorno de inversión, al mejorar el aprovechamiento de los recursos organizacionales, financieros, tecnológicos y humanos, así como la identificación de riesgos que pueden impactar la estrategia corporativa.

Esta herramienta es muy útil para la gestión de riesgos, pero no es multiplataforma y tiene un alto costo adquisitivo para el usuario.

**SAS® for Enterprise Risk Management:** Fortalece el control y la confianza con una gestión sistemática de los riesgos, detectando y ayudando a prevenir violaciones, lo que permite alinear la estrategia con la incidencia de los riesgos. Entre sus beneficios se destaca la mejora de la calidad de la toma de

decisiones en todas las áreas de la empresa, reducir la posibilidad de sorpresas desagradables para todas las partes interesadas y las pérdidas relacionadas con el riesgo, así como el riesgo de violaciones de cumplimiento con reglamentaciones. [11]

Es una herramienta multiplataforma, que se ejecuta en varios sistemas operativos como Windows, Linux y Solaris. Es un software privativo con un alto costo monetario.

**SE Risk:** Aplicación para la administración de riesgos corporativos y la mejora continua de los procesos de la gobernanza, dando soporte para la identificación de riesgos, reduciendo las pérdidas y maximizando las oportunidades de ganar de la organización. Facilita la categorización del riesgo, tal como su evaluación, a través de herramientas de fácil aplicabilidad y visualización, proporcionando más desempeño y eficacia en la prevención y en el control de los riesgos identificados en los procesos empresariales.[12]

Permite evidenciar cuales son los riesgos potenciales que pueden impedir la realización de los objetivos de la organización y permite también que los riesgos sean evaluados de tres maneras diferentes: cualitativa, cuantitativa y por matriz. Cumple con normas y metodologías mundiales, como ISO 9000, ISO 14000, ISO 20000, ISO 22000, AS/NZS 4360, ITIL, PMBOK, COBIT, SOX, FDA, HACCP.

Es una excelente aplicación para la gestión y control de los riesgos, pero es privativa y tendría un alto costo adquirirla, además no es multiplataforma.

**Decision Tools:** serie de programas integrados diseñados para analizar riesgos y tomar decisiones con elementos inciertos, que se ejecutan en Microsoft Excel. El DecisionTools Suite incluye al @RISK, el cual añade análisis de riesgos al Excel por medio de la simulación Monte Carlo, BigPicture para creación de mapas mentales y exploración de datos, el PrecisonTree para preparar árboles de decisión, el TopRank para análisis de tipo “qué pasaría sí...”, el NeuralTools y el StatTools para análisis de datos y más. Todos los programas funcionan juntos, y todos se integran con Microsoft Excel para facilitar su uso y maximizar su flexibilidad.[13]

Se ejecuta bajo la licencia privativa, con un alto costo para la organización que desee adquirirlo.

**Win QSB:** Sistema utilizado con frecuencia en el ámbito docente. Contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la investigación operativa. El sistema está formado por distintos módulos.[10]

Abarca los temas más importantes de la investigación y administración de operaciones como son: Análisis de Muestras, Análisis de Decisión, Programación Dinámica, Pronósticos, Programación de Metas, Programación Lineal y Entera, Proceso de Markov, Modelo de Redes, Programación no lineal, Pert – CPM, Control de Calidad, Análisis y Simulación de Colas, entre otros.[14]

No existe ninguna versión para los sistemas operativos más modernos como Windows 7 u Windows 8/8.1.

**Expert Choice:** Es un software para la toma de decisiones, está basado en el Proceso Jerárquico Analítico. Se utiliza en una variedad de aplicaciones incluyendo Priorización y Evaluación de Proyectos, Planeamiento estratégico, Análisis de costo/beneficio, Negociación y solución de conflictos, Evaluación de los planes de inversión/desinversión, Planeamiento mediante los procesos de avanzada y retroceso, "Benchmarking", Asignación de recursos, Administración de Calidad total, Evaluación de fusiones y adquisiciones, Contratación, evaluación y promoción de empleados, Satisfacción del cliente. [15]

Este software es privativo con un alto costo para el usuario, que luego de comprarlo tiene además que adquirir por separado cada uno de los módulos complementarios.

**EasyPlanex:** es un software que provee una solución integral para evaluar y optimizar proyectos de inversión. En una versión beta es gratis, pero para continuar su utilización el usuario debe realizar pagos periódicos. Realiza: [16]

- Cálculo de WACC
- Puntos de equilibrio
- Análisis de sensibilidad
- Análisis de riesgo (Montecarlo)

- Análisis de VAR
- Análisis de impacto
- Gráficos automáticos
- Optimización
- Documentación automática del proyecto
- Casos de ejemplo reusables
- Curso tutorial en video
- Curso para auto-aprendizaje
- Ayuda inmediata en contexto

### 1.3.2 Nacionales

**ADRIP:** Sistema Informático para la Administración de Riesgos en Proyectos de Inversión, es un sistema desarrollado en la Universidad de Cienfuegos en el año 2015. Este sistema cuenta con funcionalidades para la gestión y el análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos. En el caso del análisis cuantitativo tiene implementados los métodos de toma de decisiones bajo incertidumbre y análisis de sensibilidad. [5]

**FAROLA:** Es un sistema basado en plataforma distribuida que permite almacenar datos importantes referentes a la Gestión y Prevención de los Riesgos en todos los Grupos organizacionales, Organizaciones y/o Unidades organizativas, Procesos, subprocesos y Actividades, asociándolo con los objetivos, el mismo inicia en la detección de estos por cada Procesos, teniendo en cuenta las Actividades que se vinculan a los mismos, así como los Objetivos que estos pueden afectar. [17]

Es la primera aplicación que se conoce en el país que trate de Gestión y Prevención de Riesgos, pero, aunque brinda una amplia gama de reportes presenta el inconveniente de no evaluar los riesgos de forma cuantitativa, además de ser una aplicación privativa y tener un costo adquisitivo para el usuario final.

**XGER:** Es un software para la gestión de los riesgos operaciones y otros que puede ser utilizado en cualquier organización o empresa cubana. La aplicación fue desarrollada por Audita S.A. Sucursal Cienfuegos en el año 2006, inicialmente adaptada al cumplimiento de la Resolución 297/03 del Ministerio de Finanzas y Precios y posteriormente a la nueva normativa de la Contraloría

General de la República de Cuba (Resolución 60/11), que derogaba la normativa anterior. Esta aplicación posee un enfoque a procesos.

Este software solo está disponible para la plataforma Windows y no tiene implementado las herramientas para el cálculo y análisis cuantitativo de riesgos.

## 1.4 Metodología, lenguaje de modelado, tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo del módulo informático

### 1.4.1 Metodología

Las metodologías para desarrollo de software han evolucionado de manera significativa en las últimas décadas, permitiendo así el éxito o el fracaso de muchos de los sistemas desarrollados para distintas áreas.

Desarrollar software implica muchas cosas, desde su planificación hasta la puesta en marcha se deben de seguir un sinnúmero de pasos o actividades. Hoy en día existen diversas metodologías para hacerlo, sin embargo es necesario definir primero la naturaleza del software antes de elegir un determinado ciclo de vida.[18]

Las metodologías de desarrollo de software se dividen en dos grupos, las llamadas “pesadas” y las que se conocen como “ágiles”, ambos grupos tienen marcadas diferencias y la razón del uso o no de alguna de ellas está dada en la medida que el equipo de desarrollo del software determina la grandeza del producto o la simplicidad del mismo.[18]

El objetivo fundamental de una metodología es aumentar la calidad del software a producir en todas las fases de desarrollo del mismo, haciendo énfasis en la calidad y menor tiempo de construcción del software.

**Rational Unified Process (RUP):** El Proceso Unificado Racional es un proceso de desarrollo de software y junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas.[19]

Puede ser utilizado para una gran cantidad de tipos de sistemas de software, para diferentes áreas de aplicación, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de competencia y diferentes tamaños de proyectos. Es la metodología escogida para el modelado del módulo informático por las ventajas que presenta.

RUP ofrece un enfoque disciplinado para la asignación de tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo. Su meta principal es asegurar la producción de software de alta calidad que satisfagan las necesidades de los usuarios finales, enmarcándose en un calendario y presupuesto previsto.[19]

El Proceso Unificado tiene dos dimensiones: [19]

1. La primera dimensión representa el aspecto dinámico del proceso conforme se va desarrollando, se expresa en términos de fases, iteraciones e hitos.
2. La segunda dimensión representa el aspecto estático del proceso: cómo es descrito en términos de componentes del proceso, disciplinas, actividades, flujos de trabajo, artefactos y roles.

Los puntos clave en RUP son:

- Guiado por casos de uso
- Centrado en la arquitectura
- Iterativo e incremental

### 1.4.2 Lenguaje de modelado

**Lenguaje de Modelado Unificado (UML):** es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un sistema software orientado a objetos, convirtiéndose en el estándar de facto de la industria.[20]

Este lenguaje tiene una notación gráfica muy expresiva que permite representar en mayor o menor medida todas las fases de un proyecto informático: desde el análisis con los casos de uso, el diseño con los diagramas de clases, objetos, etc., hasta la implementación y configuración con los diagramas de despliegue. UML es ante todo un lenguaje. En este caso, este

lenguaje se centra en la representación gráfica de un sistema. Es escogido como lenguaje del modelado para el módulo informático.

### 1.4.3 Lenguajes y tecnologías web utilizadas

**HTML:** acrónimo en inglés de Hypertext Markup Language (lenguaje de marcado de hipertexto), es el lenguaje de programación “básico” de la World Wide Web. Se utiliza para crear documentos que muestren una estructura de hipertexto. Un documento de hipertexto es aquel que contiene información cruzada con otros documentos, lo cual nos permite pasar de un documento al referenciado desde la misma aplicación con la que lo estamos visualizando. [21]

HTML permite, además, crear documentos de tipo multimedia, es decir, que contengan información más allá de la simplemente textual como imágenes, vídeo, sonido, subprogramas activos (plug-ins, applets). [21]

**CSS:** el concepto de hojas de estilo apareció por primera vez en 1996 cuando W3C publicó una recomendación nueva intitulada "Hojas de estilo en cascada" o CSS, según sus siglas en inglés. Es un lenguaje de hojas de estilos creado para controlar el aspecto o presentación de los documentos electrónicos definidos con HTML. CSS es la mejor forma de separar los contenidos y su presentación y es imprescindible para crear páginas web complejas. [22]

La separación de los contenidos y su presentación presenta numerosas ventajas, ya que obliga a crear documentos HTML bien definidos y con significado completo (también llamados “documentos semánticos”). Además, mejora la accesibilidad del documento, reduce la complejidad de su mantenimiento y permite visualizar el mismo documento en infinidad de dispositivos diferentes.[22]

CSS se utiliza para definir el aspecto de todos los contenidos, el color, tamaño y tipo de letra de los párrafos de texto, la separación entre titulares y párrafos, la tabulación con la que se muestran los elementos de una lista, etc.[22]

**PHP:** sus siglas responden al acrónimo *Hypertext preprocessor*, es un lenguaje sencillo, de sintaxis cómoda y similar al de otros lenguajes como Perl, C y C++. Es rápido, interpretado, orientado a objetos y multiplataforma. Existen

disponibles una multitud frameworks compatibles con PHP, por tanto, es un lenguaje ideal para desarrollar aplicaciones web sencillas o complejas. Es escogido para estructurar y dirigir la codificación por sus ventajas. [23]

Una de las principales fortalezas es que los diversos módulos y la gran cantidad de librerías y frameworks desarrolladas son de código libre, además puede ser utilizado en conjunto por variados sistemas gestores de bases de datos como MySQL, PostgreSQL, Microsoft SQL Server, SQLite, etc.

**JAVASCRIPT:** Es un lenguaje de programación interpretado que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. Los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios.[24]

Se integra dentro del código HTML de las páginas web, se ejecuta en el navegador al mismo tiempo que las sentencias van descargándose junto con el código HTML. Brinda rapidez a la aplicación web a la hora de las validaciones de los formularios. Gracias a su compatibilidad con la mayoría de los navegadores modernos, es el lenguaje de programación del lado del cliente más utilizado.

**AJAX:** es una tecnología de desarrollo web para crear aplicaciones interactivas que se ejecutan en el cliente, es decir, en el navegador de los usuarios mientras se mantiene la comunicación asíncrona con el servidor en segundo plano. De esta forma es posible realizar cambios sobre las páginas sin necesidad de recargarlas, lo que significa aumentar la interactividad, velocidad y usabilidad en las aplicaciones. Dicha técnica es ampliamente utilizada en la Web 2.0.[25]

AJAX es un acrónimo de *Asynchronous JavaScript + XML*, que se puede traducir como “JavaScript asíncrono + XML”.

Las tecnologías que forman AJAX son: [25]

- HTML y CSS: para crear una presentación basada en estándares.
- DOM: para la interacción y manipulación dinámica de la presentación.
- XML, XSLT y JSON: para el intercambio y la manipulación de información.

- XML Http Request: para el intercambio asíncrono de información.
- JavaScript: para unir todas las demás tecnologías.

**Yii FRAMEWORK:** Es un framework PHP basado en componentes de alta performance para desarrollar aplicaciones web de gran escala. El mismo permite la máxima reutilización en la programación web y puede acelerar el proceso de desarrollo.[26]

Es utilizado para desarrollar portales, foros, sistemas de administración de contenidos (CMS), sistemas de comercio electrónico, gracias a que es liviano e implementa como muchos otros frameworks PHP el patrón Modelo-Vista-Controlador

Sobresale frente a frameworks PHP en su eficiencia, su gran cantidad de características y su clara documentación. Ha sido diseñado cuidadosamente desde el principio para el desarrollo de aplicaciones Web.

Otras características de Yii son: [26]

- Liberado bajo la Nueva Licencia BSD ya que es posible utilizarlo de forma gratuita para desarrollar cualquier aplicación web de código abierto o software privativo
- Es multiplataforma
- Presenta Database Access Objects (DAO), querybuilder, Active Record y migración de base de datos.
- Las aplicaciones Yii tienen soporte de autenticación incorporado.
- Incluye en las medidas de seguridad la prevención de la manipulación de cookies
- Posee herramientas para pruebas unitarias y funcionales basados en PHP Unit y Selenium.
- Está cuidadosamente diseñado para trabajar bien con código de terceros.

Es escogido como marco de trabajo del lado del servidor en el módulo informático por la facilidad del ambiente de trabajo, por ser uno de los frameworks más actualizados y con más seguridad presentes hoy en día y por responder a las necesidades y requisitos presentes en la Refinería.

**BOOTSTRAP:** es un framework HTML, CSS y JavaScript que podemos utilizar como base para crear nuestros sitios o aplicaciones web, fue creado por Mark Otto y Jacob Thornton para mejorar las herramientas internas en Twitter. Antes se utilizaban muchas librerías diferentes y esto hacía el mantenimiento bastante complicado. En agosto del 2011 Twitter liberó Bootstrap como código abierto bajo la licencia MIT. [27]

Elementos que sustentan la decisión de utilizar Bootstrap: [27]

- Ahorra tiempo, no es necesario empezar una página desde cero, sino que podemos modificar código que nos aporta y empezar a desarrollar desde ahí.
- Es fácil de aprender
- Es fácil de modificar.
- Está pensado con el diseño móvil primero, no importa si el sitio es visualizado por un dispositivo móvil o un ordenador, escalará correctamente sin importar la pantalla.
- Aporta un estilo base a todos los elementos HTML
- Posee una documentación muy detallada y abundante.
- Incluye una lista extensa de componentes que incluye: dropdowns, botones, barras de navegación, alertas, barras de progreso.
- Actualmente existen muchos plugins de terceros que amplían las características.

**Yii BOOSTER:** es un framework PHP con una colección de widgets que hacen más fácil el trabajo para los desarrolladores de aplicaciones en Yii agregando estilos CSS propios de Bootstrap.

**MySQL:** Es el sistema gestor de bases de datos de código abierto más popular y, posiblemente más usado en el mundo. Es escogido para gestionar la base de datos del módulo informático.

Principales características:[28]

- El principal objetivo de MySQL es velocidad y robustez.
- Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.

- Gran portabilidad entre sistemas, puede trabajar en distintas plataformas y sistemas operativos.
- Cada base de datos cuenta con 3 archivos: Uno de estructura, uno de datos y uno de índice y soporta hasta 32 índices por tabla.
- Aprovecha la potencia de sistemas multiproceso, gracias a su implementación multi-hilo.
- Flexible sistema de contraseñas y gestión de usuarios, con un muy buen nivel de seguridad en los datos.
- El servidor soporta mensajes de error en distintas lenguas.

#### 1.4.4 Herramientas

**Apache:** es un servidor web HTTP de código abierto para plataformas Unix, Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.1 y la noción de sitio virtual.[23]

Apache es usado principalmente para enviar páginas web estáticas y dinámicas en la World Wide Web. La mayor parte de los sitios webs activos en internet están soportados por Apache. Posee gran aceptación en la red desde 1996 convirtiéndose en el servidor HTTP más popular debido a que es modular, de código abierto, multiplataforma, extensible y cuenta con ayuda y soporte, además posee pocos requisitos para su uso e instalación.

**NetBeans:** es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de código abierto escrito completamente en Java que permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo tanto para escritorio, como aplicaciones Web, o dispositivos móviles. Da soporte a otras tecnologías como PHP, Groovy, C/C++, HTML5. Es multiplataforma pudiendo ser usado en sistemas operativos como Windows y Linux.

Es un excelente IDE, multilenguaje y presenta coloreado y sugerencias de código, acceso a clases desde el código mismo, control de versiones, localización de ubicación de la clase actual, comprobaciones sintácticas y semánticas, plantillas de código, completamiento de códigos, herramientas de refactorización.

**Visual Paradigm:** es una herramienta para el desarrollo de Ingeniería de Software Asistida por Computación (herramienta CASE). La misma propicia un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas informáticos, desde la planificación, pasando por el análisis y el diseño, hasta la generación del código fuente de los programas y la documentación.[29]

Se caracteriza por:[29]

- Ser multiplataforma a que se encuentra disponible para Windows y Linux
- Diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que genera un software de mayor calidad.
- Uso de un lenguaje estándar común a todo el equipo de desarrollo que facilita la comunicación.
- Capacidades de ingeniería directa e inversa.
- Modelo y código que permanece sincronizado en todo el ciclo de desarrollo
- Disponibilidad de múltiples versiones, con diferentes especificaciones.
- Licencia: gratuita y comercial.
- Soporta aplicaciones Web.
- Las imágenes y reportes generados, no son de muy buena calidad.
- Fácil de instalar y actualizar.
- Compatibilidad entre ediciones.
- Soporte de UML versión 2.1.
- Diagramas de Procesos de Negocio - Proceso, Decisión, Actor de negocio, Documento.
- Modelado colaborativo con CVS y Subversión (control de versiones).
- Ingeniería inversa - Código a modelo, código a diagrama.
- Diagramas de flujo de datos.
- Generación de bases de datos - Transformación de diagramas de Entidad-Relación en tablas de base de datos.
- Ingeniería inversa de bases de datos - Desde Sistemas Gestores de Bases de Datos (DBMS) existentes a diagramas de Entidad-Relación.
- Generador de informes.

- Distribución automática de diagramas - Reorganización de las figuras y conectores de los diagramas UML.

**Adobe Photoshop CC 2015:** es un programa de edición de imágenes que puede ser utilizado además para la realización de animaciones digitales sencillas, se ha convertido, casi desde sus comienzos, en el estándar en retoque fotográfico, pero también se usa extensivamente en multitud de disciplinas del campo del Diseño y fotografía, como Diseño web, composición de imágenes Bitmap, Estilismo digital, Fotocomposición, edición y grafismos de Vídeo y básicamente en cualquier actividad que requiera el tratamiento de Imágenes digitales.[30]

Soporta muchos tipos de archivos de imágenes, como BMP, JPG, PNG, GIF, PSD, PDD, PostScript, EPS, DCS, TIFF, RAW, PDF etc.

**Zotero:** Es una extensión para Firefox gratuita y fácil de usar que permite recopilar, gestionar y citar fuentes de investigación de todo tipo ya sea de catálogos bibliográficos como de los sitios visitados en Internet.

Entre algunas de sus características se pueden citar:[31]

- Es un software gratuito de código abierto.
- Puede utilizarse en los sistemas operativos: Windows, Mac OS X, Linux, BSD y Unix.
- Exporta ficheros hacia BibTeX, Endnote, Refer, BibIX, MODS XML y RIS.
- Importa ficheros desde BibTeX, Endnote/Refer/BibIX, ISI (parcialmente), MODS XML, Ovid (parcialmente), PubMed, RIS (parcialmente).
- Incorpora estilos de citas como: APA, Chicago/Turabian, Harvard, MLA, entre otros.
- Incluye formatos de archivo de lista de referencia como HTML y RTF.
- Se integra con procesadores de texto como Microsoft Word y OpenOffice.org Writer.
- Se conecta con bases de datos en línea como: ArXiv, CiteSeer, IEEE Xplore y PubMed.

**ER/Studio:** es una herramienta que modela los datos, se usa para el diseño y la construcción lógica y física de base de datos. Su ambiente es de gran alcance, de varios niveles del diseño. [32]

Direcciona las necesidades diarias de los administradores de bases de datos, desarrolladores y arquitectos de datos que construyen y mantienen aplicaciones de bases de datos grandes y complejos. Está equipado para crear y manejar diseños de bases de datos funcionales y confiables. Ofrece fuertes capacidades de diseño lógico, sincronización bidireccional de los diseños físicos y lógicos, construcción automática de bases de datos, documentación y fácil creación de reportes.[32]

**Microsoft Project:** software de administración de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft para asistir a administradores de proyectos en el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de trabajo.[33] Para la planificación del proyecto se utiliza dicha herramienta dadas las posibilidades que brinda.

## 1.5 Conclusiones

Se realiza un estudio de los aspectos teóricos de la gestión de riesgos, específicamente en la toma de decisiones mediante árboles y el estado del arte en el ámbito internacional y nacional encontrándose varios sistemas informáticos existentes, pero ninguno que se adecue a las características del Proyecto de Expansión de la Refinería de Cienfuegos.

La metodología escogida para el desarrollo del software es RUP y UML como lenguaje de modelado, el sistema gestor de bases de datos MySQL y Yii Framework como marco de trabajo del lado del servidor para estructurar y dirigir la codificación en PHP. Fue escogido Apache como servidor web debido a su alta estandarización en los servicios de hospedaje que existen en la actualidad.

Esta selección permite desarrollar un módulo informático que se integre a ADRIP, cumpla con los requerimientos actuales de la Refinería de Cienfuegos,

se ejecute sobre un entorno web, sea multiplataforma y no presente restricciones de licencias de software para su uso.

# Capítulo 2: Construcción de la solución propuesta

## Introducción

En este capítulo se describen las características y conceptos fundamentales asociados al modelo del dominio, se realiza el modelo de casos de uso del sistema y la descripción de los mismos, así como los diagramas de clases y los modelos lógico y físico de la base de datos.

## 2.1 Definición de las entidades y conceptos principales

### 2.1.1 Entidades

**Grupo de expertos:** es el encargado de hacer el análisis de sensibilidad.

**Fichero Excel:** es la hoja de cálculo donde el grupo de expertos crea la matriz de datos para su previo análisis.

**Plan de Gestión de Costo:** define el formato y establece los criterios para planificar, estructurar, estimar, presupuestar y controlar los costos del proyecto.

**Plan de Gestión del Cronograma:** define el formato y establece los criterios para elaborar y controlar el cronograma del proyecto.

**Activos de los Procesos de la Organización:** es la información procedente de proyectos similares anteriores completados.

**Visualizador:** es la representación gráfica del reporte.

### 2.1.2 Descripción general de los procesos de Gestión de los Riesgos del Proyecto

La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos relacionados la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su seguimiento y control en un proyecto. Los objetivos de la Gestión de los Riesgos del Proyecto son aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el

impacto de eventos negativos para el proyecto. Los pasos que la componen son: [6]

**Planificar la Gestión de Riesgos:** Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de los riesgos para un proyecto.

**Identificar los Riesgos:** Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar el proyecto y se documentan sus características.

**Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos:** Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos.

**Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos:** Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.

El análisis cuantitativo se utiliza para:

- Cuantificar numéricamente los posibles resultados del proyecto.
- Evaluar la probabilidad de lograr los objetivos específicos del proyecto.
- Identificar los riesgos que requieren una mayor atención mediante la cuantificación de su contribución relativa al riesgo general del proyecto.
- Identificar objetivos de costo, programa o alcance realistas y viables, dados los riesgos del proyecto.
- Determinar la mejor decisión de dirección de proyectos cuando algunas condiciones o resultados son inciertos.

**Planificar la Respuesta a los Riesgos:** Es el proceso por el cual se desarrollan opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto.

**Monitorear y Controlar los Riesgos:** Es el proceso por el cual se implementan planes de respuesta a los riesgos, se rastrean los riesgos identificados, se monitorean los riesgos residuales, se identifican nuevos riesgos y se evalúa la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto.

## 2.2 Reglas del negocio a considerar

1. El análisis de decisión debe ser realizado por un grupo de expertos pertenecientes a la empresa o contratados por la misma.
2. El departamento de economía y contabilidad debe suministrar al grupo de expertos la información necesaria para poder llevar a cabo el análisis de decisión.
3. El análisis de decisión se realiza a través de árboles con y sin experimentación.
4. El análisis de decisión genera un informe con los resultados obtenidos.
5. Los resultados del análisis de decisión solo pueden ser entregados al grupo de Dirección.

## 2.3 Representación del modelo del dominio

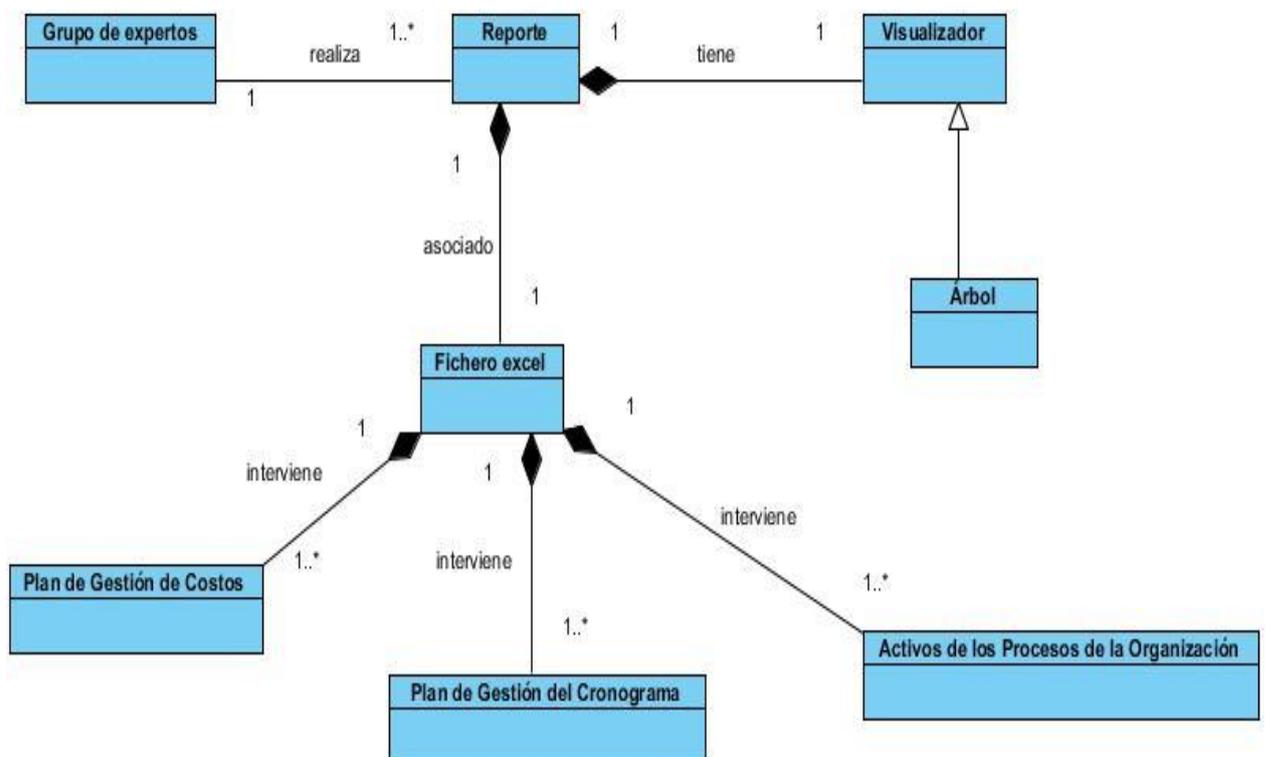


Figura 2: Diagrama de clases del dominio

## 2.4 Descripción de la arquitectura

### 2.4.1 Concepción general

El módulo propuesto está dirigido a la evaluación de riesgos de inversión con árboles de decisión que hacen más explícito e intuitivo el proceso de toma de decisiones, con el objetivo de reducir la complejidad del trabajo.

Cuando se trata de la construcción de un software, no se puede pasar por alto la selección de una arquitectura adecuada durante el diseño del mismo. La arquitectura del software identifica los distintos elementos estructurales de alto nivel que lo componen. Definiendo para cada uno de estos elementos su estructura y propiedades, así como la forma en que interactúan entre ellos.[16]

### 2.4.1 Estructuración en capas

Como se detalla en el Capítulo 1, la herramienta seleccionada para la enmarcación del código propone una arquitectura basada en capas utilizando el enfoque por responsabilidades.

#### **Capa Presentación:**

La capa de presentación es la interfaz que se le muestra al usuario y en la que éste puede interactuar con el sistema. Incluye los estilos CSS que trae consigo Bootstrap.

#### **Capa de Negocios:**

La capa de negocio establece la lógica del programa. Recibe las peticiones del usuario y se comunica con el nivel de datos para que le ofrezca los datos que necesita para enviarlos como respuesta a la capa de presentación.

#### **Capa de Datos:**

La capa de datos es la encargada de obtener los datos del sistema de almacenamiento elegido, sistemas gestores de bases de datos, y los entrega a la capa de negocio.

## 2.4.2 Patrones presentes en el sistema

En la arquitectura se muestran de manera general, las decisiones que se toman sobre la organización del sistema que no deben sufrir cambios durante el ciclo de desarrollo del mismo.

No existe una forma única para declarar la arquitectura de un software. Por lo tanto, en un mismo sistema pueden identificarse varios estilos o patrones arquitectónicos.

### **Modelo-Vista-Controlador (MVC)**

Es un patrón de diseño que separa de manera clara y precisa los tres componentes de una aplicación: el **modelo**, la **vista** y el **controlador**. Su objetivo principal es el de separar la lógica del negocio de la lógica de la presentación para darle estructura a la implementación y facilitar con esto su posterior mantenimiento.

#### ***Controlador frontal:***

Se crea la instancia de la aplicación cuya función es la de recibir los requerimientos del usuario y remitirlos a los controladores apropiados para su posterior procesamiento. Representa el contexto de ejecución del procesamiento de los requerimientos del usuario.

## 2.4.3 Requerimientos funcionales

Los requisitos funcionales permiten expresar una especificación más detallada de las responsabilidades del módulo que se propone. Ellos permiten determinar, de una manera clara, lo que debe hacer el mismo. [18]

Los requisitos funcionales propuestos son:

1. Subir fichero Excel para análisis sin experimentación.
2. Dibujar nodo del árbol.
3. Asignar un valor a cada nodo.
4. Sumar las probabilidades de cada estado de la naturaleza.
5. Calcular en cada nodo el Valor Esperado.
6. Construir Árbol sin experimentación.
7. Visualizar Árbol sin experimentación.

8. Exportar a PDF los resultados del análisis sin experimentación.
9. Subir fichero Excel para análisis con experimentación.
10. Sumar las probabilidades de cada estado de la naturaleza.
11. Sumar las probabilidades "a priori".
12. Calcular el valor esperado de cada alternativa.
13. Calcular la probabilidad a posteriori de cada alternativa.
14. Calcular las probabilidades conjuntas.
15. Calcular las probabilidades marginales para cada indicador.
16. Calcular las probabilidades a posteriori.
17. Construir Árbol Bayesiano con experimentación.
18. Visualizar Árbol Bayesiano con experimentación.
19. Exportar a PDF los resultados del análisis.

#### **2.4.4 Requerimientos no funcionales**

Los requisitos no funcionales especifican cualidades, propiedades del sistema; como restricciones del entorno o de la implementación, rendimiento, dependencias de la plataforma, entre otras. [18]

Los requerimientos no funcionales del módulo propuesto son los siguientes:

##### **Requerimientos de apariencia o interfaz externa**

La interfaz se visualizará a través de una página web, personalizada a partir del tipo de usuario que acceda a la misma. Los colores serán serios y de poca brillantez. La navegación estará guiada por un flujo de eventos con un orden lógico.

##### **Requerimientos de rendimiento**

El módulo propuesto debe ser rápido a la hora de dibujar, almacenar y cargar las capas vectoriales de los mapas.

##### **Requerimientos de seguridad**

Se debe garantizar un control sobre la seguridad de la información, teniendo en cuenta el establecimiento de niveles de accesos y política de roles. No se deben permitir accesos sin autorización a las áreas restringidas del sistema.

Es importante garantizar la integridad de los datos que se almacene en el servidor. La información almacenada deberá ser consistente y se utilizarán validaciones que limiten la entrada de los datos.

### **Requerimientos de portabilidad**

La plataforma propuesta se desarrolló sobre Windows, pero puede ser ejecutada desde otras plataformas a través de un servidor web y un servidor de base de datos que soporten el lenguaje PHP y el sistema gestor de base de datos MySQL respectivamente.

### **Requerimientos de soporte**

Los servicios de instalación y mantenimiento serán responsabilidad del administrador de la red del centro donde se encuentre alojada la aplicación.

### **Requerimientos de hardware**

Para utilizar el sistema ADRIP, se necesita un servidor web con 1GB de memoria RAM como mínimo y 15 GB de capacidad en el disco duro. Las computadoras clientes que interactuarán con la información alojada en el servidor deben estar conectadas a la red y deben tener al menos 512 MB de memoria RAM.

### **Requerimientos de software**

El sistema ADRIP necesita tener instalados en el servidor donde estará alojada la aplicación, el Apache como servidor web y MySQL como sistema gestor de base de datos.

Las computadoras clientes solo deben tener instaladas un navegador web para interactuar con la aplicación.

## **2.5 Modelo de casos de uso del sistema**

El modelo de casos de uso permite que los desarrolladores del software y los clientes lleguen a un acuerdo sobre los requisitos, es decir, sobre las condiciones y posibilidades que debe cumplir el sistema. Describe lo que hace el sistema según el usuario que interviene. [18]

## 2.5.1 Actores del sistema

Un actor no es más que un conjunto de roles que los usuarios de Casos de Uso desempeñan cuando interactúan con estos Casos de Uso. Los actores representan a terceros fuera del sistema que colaboran con el mismo. Una vez que hemos identificado los actores, tenemos identificado el entorno externo. [19]

Tabla 2: Actores del sistema

<b>Actor</b>	<b>Descripción</b>
Grupo de expertos	Es el encargado de crear un reporte para analizar cuantitativamente los riesgos de los proyectos que se encuentran en fase de desarrollo. Además visualiza el reporte y hace una apreciación del rendimiento dándose a conocer qué variable afecta en mayor medida el resultado de operación del proyecto de inversión.

## 2.5.2 Casos de Uso del Sistema

La forma en que interactúa cada actor del sistema con el sistema se representa con un caso de uso. Los casos de uso son fragmentos de funcionalidades que el sistema ofrece para aportar un resultado de valor para sus actores. De manera más precisa, un caso de uso especifica una secuencia de acciones que el sistema puede llevar a cabo interactuando con sus actores, incluyendo alternativas dentro de la secuencia. [19]

Los casos de uso que se definen para el módulo propuesto son:

1. Análisis con Árbol de Decisión con experimentación.
2. Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación.

### 2.5.3 Diagramas de casos de uso del sistema

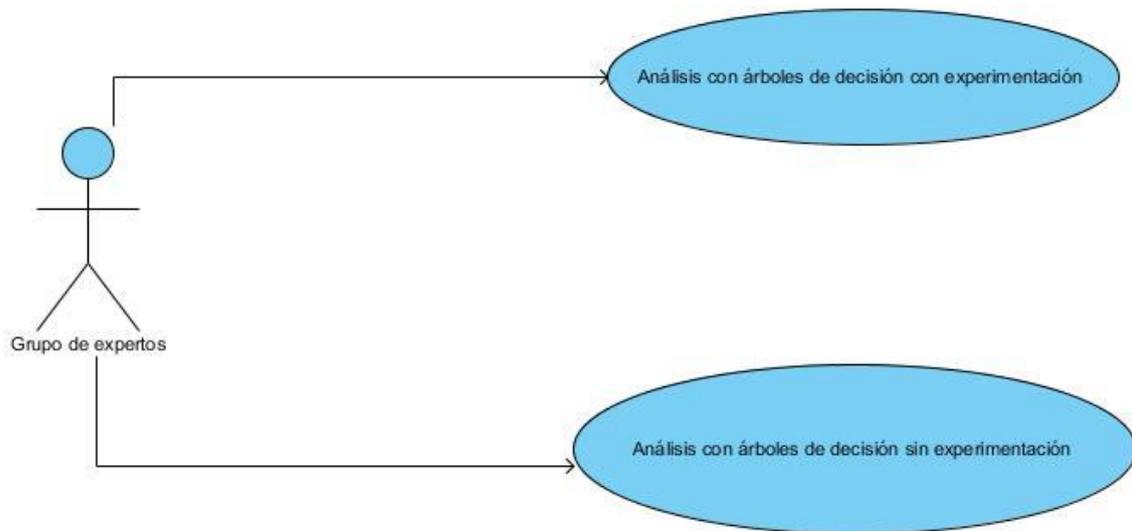


Figura 3: Diagrama de Casos de Uso del Sistema

### 2.5.4 Requerimientos por caso de uso

Tabla 3: Requerimientos por caso de uso.

Caso de Uso	Requerimientos
Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Análisis con Árbol de Decisión con experimentación	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19

### 2.5.5 Descripción de los Casos de Uso

Tabla 4: Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación</b>
<b>Actores</b>	Grupo de Expertos
<b>Resumen:</b> El Grupo de Expertos desea realizar el análisis cuantitativo de riesgos	

utilizando árboles de decisiones sin experimentación, se selecciona el archivo Excel que contiene los datos, se verificará que el archivo subido sea extensión .xls o .xlsx, el sistema realizará los cálculos necesarios utilizando análisis con árboles y visualizará los resultados.

<b>Precondiciones</b>	<p>Crear una matriz <math>m \times n</math> en Excel.</p> <p>Las vistas tienen que tener aplicadas los estilos CSS Bootstrap.</p>
-----------------------	---

<b>Post-condiciones</b>	Queda hecho el análisis cuantitativo de riesgos mediante árboles de decisión.
-------------------------	---

**Sección “Interfaz Principal”**

**Curso Normal de los Eventos**

<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<p>1. Selecciona la opción “Análisis con árboles” y dentro de esta selecciona la opción “Árbol sin experimentación”.</p> <p>2.1 Introduce los datos.</p>	<p>2. Muestra una interfaz con un formulario para la inserción de los datos.</p> <p>2.2 Valida los datos.</p> <p>2.3 Ejecuta el análisis.</p> <p>2.4 Muestra los resultados obtenidos.</p>

**Prototipo de Interfaz:**

### Analisis con metodo Bayesiano sin experimentacion

1. Crear un documento **Excel**
2. Crear matriz de datos
3. Guardar documento con la extensión **.xls** o **.xlsx**
4. Seleccionar la opción subir archivo
5. El software arrojará los resultados

Subir archivo excel

## Cargar fichero

Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

Subir archivo Excel

ID	BENEFICIO	COSTO	P(obtener bebeficio)
1			
6	30000	20000	0.7
	15000	20000	0.3
2	30000	20000	0.7
	15000	20000	0.3
3			
4	30000	20000	0.7
	15000	20000	0.3
5	10000	5000	0.5
	16000	5000	0.5

<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>
------------------	-------------

Tabla 5: Análisis con Árbol de Decisión con experimentación.

<b>Caso de Uso</b>	<b>Análisis con Árbol de Decisión con experimentación</b>
--------------------	---

<b>Actores</b>	Grupo de Expertos
<b>Resumen:</b>	
<p>El Grupo de Expertos desea realizar el análisis cuantitativo de riesgos utilizando árboles de decisiones con experimentación, se selecciona el archivo Excel que contiene los datos, se verificará que el archivo subido sea extensión .xls o .xlsx, el sistema realizará los cálculos necesarios utilizando modelos bayesianos y visualizará los resultados.</p>	
<b>Precondiciones</b>	<p>Crear una matriz <math>m \times n</math> en Excel.</p> <p>Las vistas tienen que tener aplicado los estilos CSS Bootstrap.</p>
<b>Post-condiciones</b>	Queda hecho el análisis cuantitativo de riesgos mediante árboles de decisión.
<b>Sección “Interfaz Principal”</b>	
<b>Curso Normal de los Eventos</b>	
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
<p>1. Selecciona la opción “Análisis con árboles” y dentro de esta selecciona la opción “Árbol bayesiano con experimentación”.</p> <p>2.1 Introduce los datos.</p>	<p>2. Muestra una interfaz con un formulario para la inserción de los datos.</p> <p>2.2 Valida los datos.</p> <p>2.3 Ejecuta el análisis</p> <p>2.4 Muestra los resultados obtenidos.</p>
<b>Prototipo de Interfaz:</b>	

C	D	E
245	245	245
380	380	380
332	515	515
284	468	650

Información

Nuevo

Abrir

Guardar

Guardar como

Imprimir

Guarda

Este P

Agrec

Exami

### Analisis con Árbol de decision con experimentación

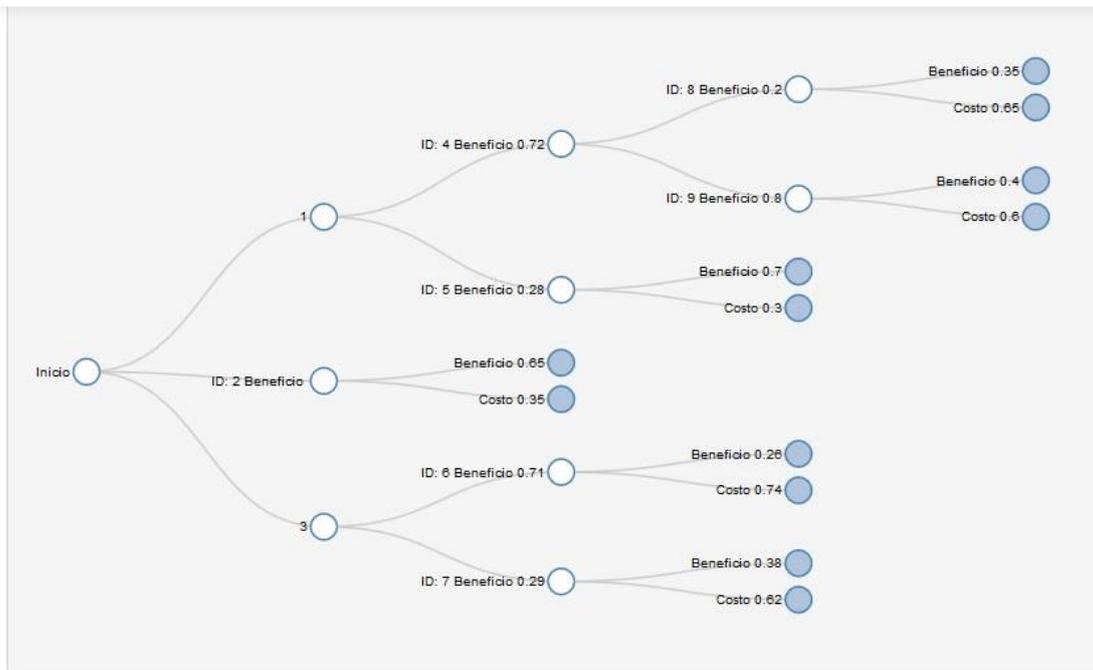
1. Crear un documento **Excel**
2. Crear matriz de datos
3. Guardar documento con la extensión **.xls** o **.xlsx**
4. Seleccionar la opción subir archivo
5. El software arrojará los resultados

Subir archivo excel

## Cargar fichero

Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

Subir archivo Excel



**Prioridad**

**Alta**

## 2.6 Construcción de la solución propuesta

### 2.6.1 Diagramas de clase web

A partir de los casos de uso definidos anteriormente y utilizando las extensiones UML para Web se definen los siguientes diagramas de clases web.

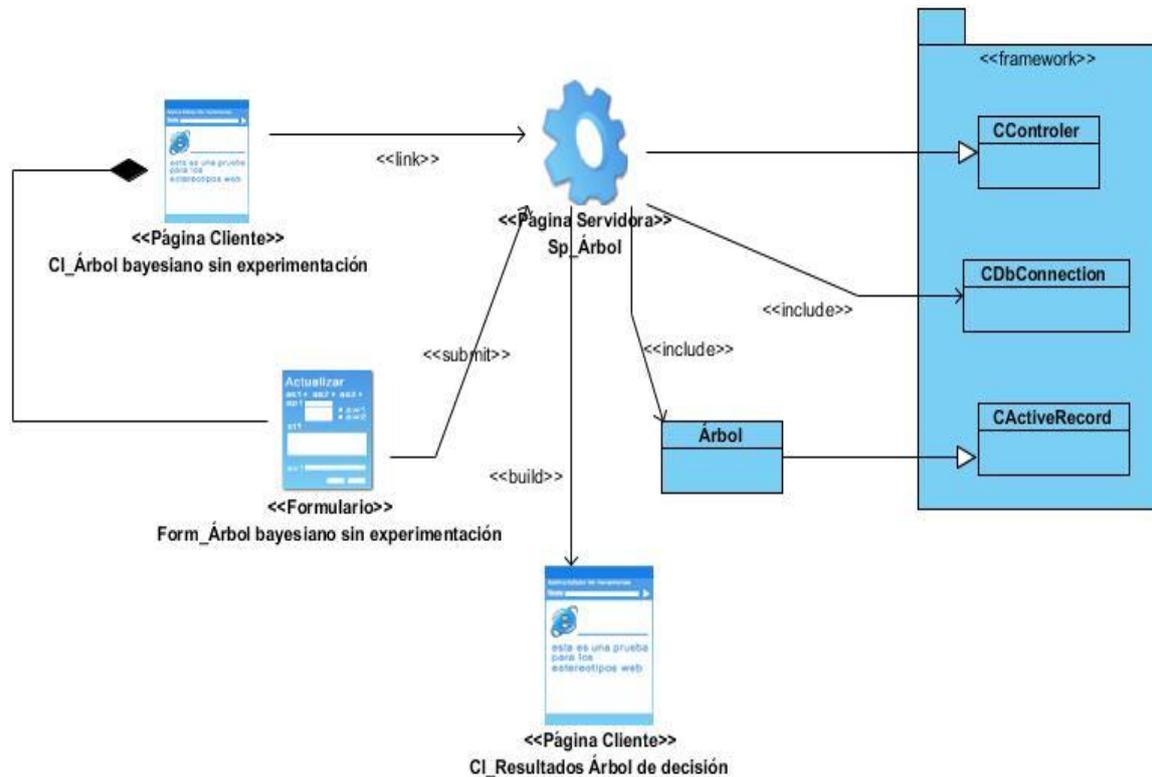


Figura 4: Caso de Uso: Análisis con árbol sin experimentación

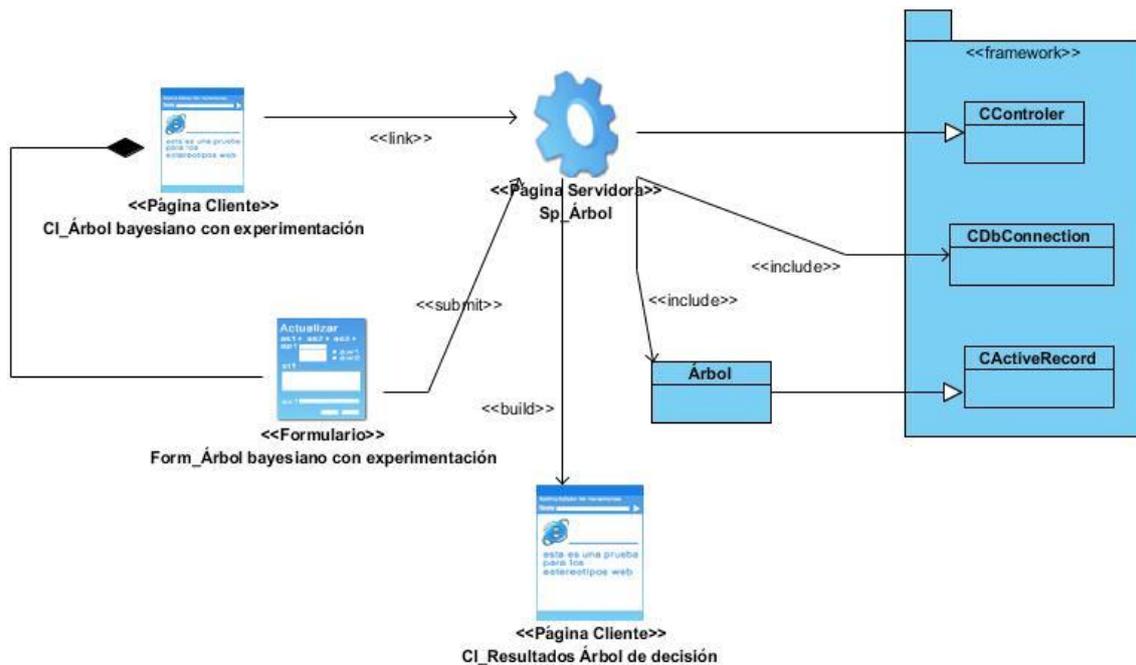


Figura 5: Caso de Uso: Análisis con árbol con experimentación

## 2.7 Principios del Diseño

### 2.7.1 Interfaz de Usuario

Para mantener la uniformidad visual de la aplicación se emplearán los mismos colores y formato de texto en todas las pantallas y formularios de entrada de datos. En el sistema informático se hace uso de los colores blanco, gris y azul.

Todas las vistas de la aplicación cuentan con los estilos CSS de Bootstrap.

Las páginas web contienen la siguiente estructura:

**Menú:** en el menú principal se muestran las funcionalidades a las que el usuario tiene acceso.

**Cuerpo:** la información en el cuerpo varía, en dependencia de los componentes necesarios para dar respuesta a la solicitud hecha por el usuario.

**Pie de página:** en el pie de página se encuentra el año y el logotipo de la empresa propietaria.



## 2.8.2 Modelo Físico de Datos

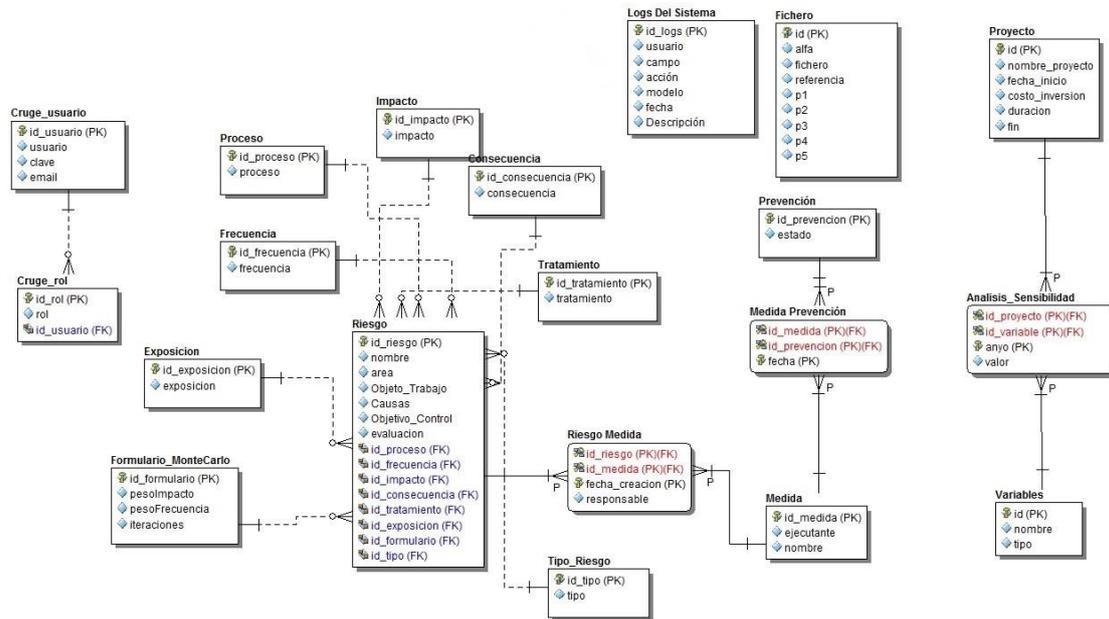


Figura 7: Modelo Físico de Datos

## 2.8.3 Diagrama de Despliegue

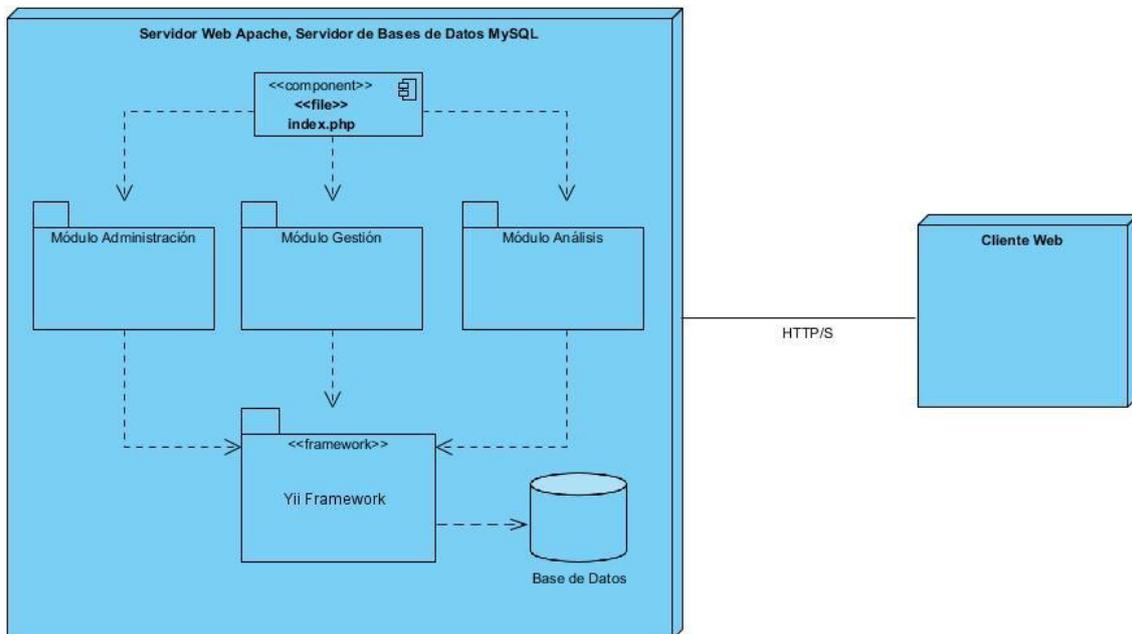


Figura 8: Diagrama de Despliegue

## 2.8 Conclusiones

En este capítulo fueron descritos los conceptos y características fundamentales asociados al modelo del dominio, permitiendo avanzar hacia el modelado del sistema. Se exponen los requerimientos funcionales y no funcionales del mismo, los actores y los casos de uso que serán implementados posteriormente. Se realizaron los diagramas de clase web para una mejor comprensión del funcionamiento interno del módulo y fueron realizados los modelos físico y lógico de la base de datos utilizada.

## Capítulo 3: Estudio de factibilidad y validación por método de expertos

### Introducción

En este capítulo se realiza el estudio de factibilidad empleando el análisis de planificación por casos de uso, la validación de la propuesta de diseño mediante la aplicación de pruebas funcionales al módulo informático y por medio de un sistema de expertos aplicando el método Delphi con 11 expertos de la Refinería.

### 3.1 Planificación basada en Casos de Uso

#### 3.1.1 Cálculo de puntos de casos de uso sin ajustar

El primer paso es calcular los Puntos de Casos de Uso sin ajustar a partir de la siguiente ecuación:

$$UUCP = UAW + UUCW$$

Donde:

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar.

UAW: Factor de Peso de los Actores sin ajustar.

UUCW: Factor de Peso de los Casos de Uso sin ajustar.

#### 3.1.2 Factor de Peso de los Actores sin ajustar (UAW)

Este valor se calcula mediante un análisis de la complejidad de los actores del sistema. Para obtener este valor se le asigna un valor a cada tipo de actor como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 6: Factor de peso de los actores del sistema.

Tipo de Actor	Descripción	Factor de Peso
---------------	-------------	----------------

Simple	Sistema que interactúa con el sistema a través de una interfaz de programación.	1
Medio	Sistema que interactúa con el sistema a través de un protocolo o interfaz basada en texto.	2
Complejo	Persona que interactúa con el sistema a través de una interfaz gráfica.	3

Los actores son de tipo complejo ya que interactúan mediante una interfaz gráfica, por lo que se le asigna un factor de peso 3.

*Tabla 7: Clasificación de los actores atendiendo al factor de peso.*

Actor	Tipo de Actor
Grupo de Expertos	Complejo

Multiplicando la cantidad de actores de cada tipo por el peso correspondiente se obtiene que:

$$UAW = (\text{Cantidad de actores}) * \text{Peso}$$

$$UAW = 1 * 3$$

$$UAW = 3$$

### 3.1.3 Factor de Peso de los Casos de Uso sin Ajustar

Este valor se calcula mediante un análisis de la complejidad de los casos de uso sin ajustar existentes, esta complejidad está dada por la cantidad de transacciones que se realizan, donde una transacción es una secuencia de actividades atómica, es decir, se efectúa la secuencia de actividades completa o no se efectúa ninguna de las actividades de la secuencia.

En la tabla siguiente se dividen los casos de uso del sistema de acuerdo a su complejidad.

Tabla 8: Criterios del factor de peso de los casos de uso sin ajustar.

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor de Peso</b>
Simple	El caso de uso contiene de 1 a 3 transacciones.	5
Medio	El caso de uso contiene de 4 a 7 transacciones.	10
Complejo	El caso de uso contiene más de 8 transacciones.	15

Por tanto, los casos de uso del sistema se clasifican como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 9: Clasificación de los casos de uso del sistema.

<b>Caso de Uso del Sistema</b>	<b>Clasificación</b>
Análisis con Árbol de Decisión sin experimentación	Complejo
Análisis con Árbol de Decisión con experimentación	Complejo

En la tabla de clasificación anterior se observa que el sistema está compuesto por 2 casos de uso, siendo ambos complejos.

Calculando el factor de peso de los Casos de Uso como:

$$UUCW = 2 \cdot 15$$

$$UUCW = 30$$

Sustituyendo el valor de los puntos de caso de uso sin ajustar es:

$$UUCP = UAW + UUCW$$

$$UUCP = 3 + 30$$

$$UUCP = 33$$

### 3.1.4 Cálculo de Puntos de Casos de Uso ajustados

Una vez que se obtienen los Puntos de Casos de Uso sin ajustar, se debe ajustar este valor mediante la siguiente ecuación:

$$UCP = UUCP \times TCF \times EF$$

Donde:

UCP: Puntos de Casos de Uso ajustados.

UUCP: Puntos de Casos de Uso sin ajustar.

TCF: Factor de complejidad técnica.

EF: Factor de ambiente.

### 3.1.5 Factor de complejidad técnica (TCF)

El TCF se calcula a través de la cuantificación de un conjunto de factores que determinan la complejidad técnica. Cada uno de los factores se cuantifica con un valor desde 0 hasta 5, donde 0 significa un aporte irrelevante y 5 un aporte muy importante. En la tabla que se muestra a continuación se muestra el significado, el peso, el valor asignado y el total:

Tabla 10: Significado y peso de los factores.

<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor asignado</b>	<b>Total</b>
T1	Sistema distribuido.	2	3	6
T2	Tiempo de respuesta.	1	4	4
T3	Eficiencia del usuario final.	1	4	4
T4	Procesamiento interno complejo.	1	4	4
T5	El código debe ser reutilizable.	1	5	5

T6	Facilidad de instalación.	0.5	5	2.5
T7	Facilidad de uso.	0.5	4	2
T8	Portabilidad.	2	4	8
T9	Facilidad de cambio.	1	4	4
T10	Concurrencia.	1	3	3
T11	Incluye objetivos especiales de seguridad.	1	4	4
T12	Provee acceso directo a terceras partes.	1	3	3
T13	Se requieren facilidades especiales de entrenamiento a usuarios.	1	3	3

El Factor de Complejidad Técnica resulta:

$$TCF = 0.6 + 0.01 * \Sigma(\text{Peso}_i * \text{Valor asignado}_i)$$

$$TCF = 0.6 + 0.01 * (6+4+4+4+5+2.5+2+8+4+3+4+3+3)$$

$$TCF = 0.6 + 0.01 * (52,5)$$

$$TCF = 1.125$$

### 3.1.6 Factor de ambiente (EF)

El Factor de ambiente se calcula atendiendo a las habilidades y el entrenamiento del grupo involucrado. El procedimiento para su cálculo es similar al cálculo del Factor de complejidad técnica.

*Tabla 11: Significado y peso de las habilidades del grupo.*

<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>	<b>Valor asignado</b>	<b>Total</b>
---------------	--------------------	-------------	-----------------------	--------------

E1	Familiaridad con el modelo del proyecto utilizado.	1.5	2	3
E2	Experiencia con la aplicación.	0.5	2	1
E3	Experiencia en orientación a objetos.	1	2	2
E4	Capacidad del analista líder.	0.5	2	1
E5	Motivación.	1	3	3
E6	Estabilidad de los requerimientos.	2	2	4
E7	Personal part-time.	-1	0	0
E8	Dificultad del lenguaje de programación.	-1	2	-2

El Factor de ambiente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$EF = 1.4 - 0.03 * \sum (\text{Peso}_i * \text{Valor asignado}_i)$$

$$EF = 1.4 - 0.03 * (3+1+2+1+3+4+0-2)$$

$$EF = 1.4 - 0.03 * 12$$

$$EF = 1.04$$

Los puntos de caso de uso ajustados resultan:

$$UCP = UUCP * TCF * EF$$

$$UCP = 33 * 1.125 * 1.04$$

$$UCP = 38.61 \approx 39$$

### 3.1.7 Estimación del esfuerzo

Total de factores que afectan al factor de ambiente son: 2

CF: Factor de conversión

CF= 20 Horas/Hombre

El esfuerzo en horas/hombre está dado por:

$$E = UCP * CF$$

$$E = 39 * 20$$

$$E = 772 \text{ Horas/Hombre}$$

El resultado (E) resulta el esfuerzo estimado en la implementación del proyecto y representa el 40 % del esfuerzo total, donde:

Tabla 12: Criterios de distribución de esfuerzo.

Actividad	Porcentaje	Valor (Horas-Hombre)
Análisis	10 %	78
Diseño	20 %	155
Implementación	40 %	309
Despliegue	15 %	115
Sobrecarga (otras actividades)	15 %	115
Total	100 %	772

Por tanto, trabajando 30 días al mes y 8 horas diarias como promedio, se tiene que:

$$\text{Duración (días)} = \text{Total de Horas / Hombre entre 8 horas al día}$$

$$= 772 / 8$$

$$= 96.5 \text{ días.}$$

$$\text{Duración (meses)} = \text{Total de días / 24 días por mes}$$

$$\approx 4 \text{ meses}$$

### 3.1.8 Cálculo de costos

Tomando como salario promedio mensual \$ 400.00.

Costo= 4 meses\*\$ 475.00

Costo= \$ 1900

## **3.2 Beneficios tangibles e intangibles**

El módulo Árboles de Decisión para ADRIP puede convertirse en una solución general, capaz de aplicarse a cualquier organismo que necesite realizar el análisis cuantitativo de riesgos a través de árboles. Los beneficios obtenidos con la adición del módulo permiten implementar una aplicación que maneje de forma más completa los procesos de gestión y análisis de riesgos en proyectos, y que cumpla con todos los requerimientos de la entidad, realizando todos los pasos establecidos en la Guía de Proyectos.

### **3.2.1 Análisis de costos y beneficios**

El presente trabajo no implica costo alguno para la Refinería de Cienfuegos, sin embargo, toda investigación tiene asociada un costo y su justificación económica viene dada por los beneficios tangibles e intangibles que esta produce. El diseño de este módulo permite realizar un análisis completo de riesgos cuantitativamente, utilizando toda la información que se maneja en la Refinería y aprovechando las potencialidades informáticas existentes en el centro, en función del mejoramiento del análisis de los riesgos mediante la utilización de la tecnología.

## **3.3 Pruebas Funcionales**

Un aspecto crucial en el control de calidad del desarrollo de software son las pruebas y, dentro de estas, las pruebas funcionales, en las cuales se hace una verificación dinámica del comportamiento de un sistema, basada en la observación de un conjunto seleccionado de ejecuciones controladas o casos de prueba.

Las pruebas funcionales son aquellas que se aplican al producto final, y permiten detectar en qué puntos el producto no cumple sus especificaciones, es decir, comprobar su funcionalidad.

Tabla 13: Resultado de las pruebas funcionales

Caso de Uso	Árbol de decisión con experimentación
Resumen	<p>El Grupo de Expertos desea realizar el análisis cuantitativo de riesgos utilizando árboles de decisiones sin experimentación, se selecciona el archivo Excel que contiene los datos, se verificará que el archivo subido sea extensión .xls o .xlsx, el sistema realizará los cálculos necesarios utilizando análisis con árboles y visualizará los resultados.</p>
Pruebas Funcionales del Sistema	
<b>Sección Principal (A)</b>	
<p>Se divide en dos partes: Menú, Operaciones e Información y se distribuyen de la siguiente manera:</p>	
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Analisis con metodo Bayesiano sin experimentacion</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear un documento <b>Excel</b></li> <li>2. Crear matriz de datos</li> <li>3. Guardar documento con la extensión <b>.xls</b> o <b>.xlsx</b></li> <li>4. Seleccionar la opción subir archivo</li> <li>5. El software arrojará los resultados</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Subir archivo excel</b></p> </div> </div>	
<p><b>Menú:</b> Tiene asociado una serie de opciones generales para el análisis de los riesgos, estas son:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árbol de decisión con experimentación.</li> <li>• Árbol de decisión sin experimentación.</li> </ul>	
<p><b>Operaciones:</b></p>	

- Subir archivo Excel.
- Realizar análisis.

**Información:** Información general de los pasos a seguir para llevar a cabo el análisis.

**Validaciones:**

- Si el usuario no tiene permisos no podrá acceder.

### Sección Cargar Fichero (B)

Esta sección permite al usuario cargar un fichero Excel con el contenido a analizar.

## Cargar fichero

Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

Subir archivo Excel

**Invocada por:** A.

**Destino:** C.

**Validaciones:**

La Validación se hace en el Evento de “Onclick” de el Botón Subir archivo Excel, con las

siguientes reglas:

- Fichero: Campo tipo File para cargar archivos de varios tipos.  
(Obligatorio)

Si la validación no tuvo éxito saldrá un recuadro rojo señalando el problema.

## Cargar fichero

Examinar... Ningún archivo seleccionado.

Subir archivo Excel

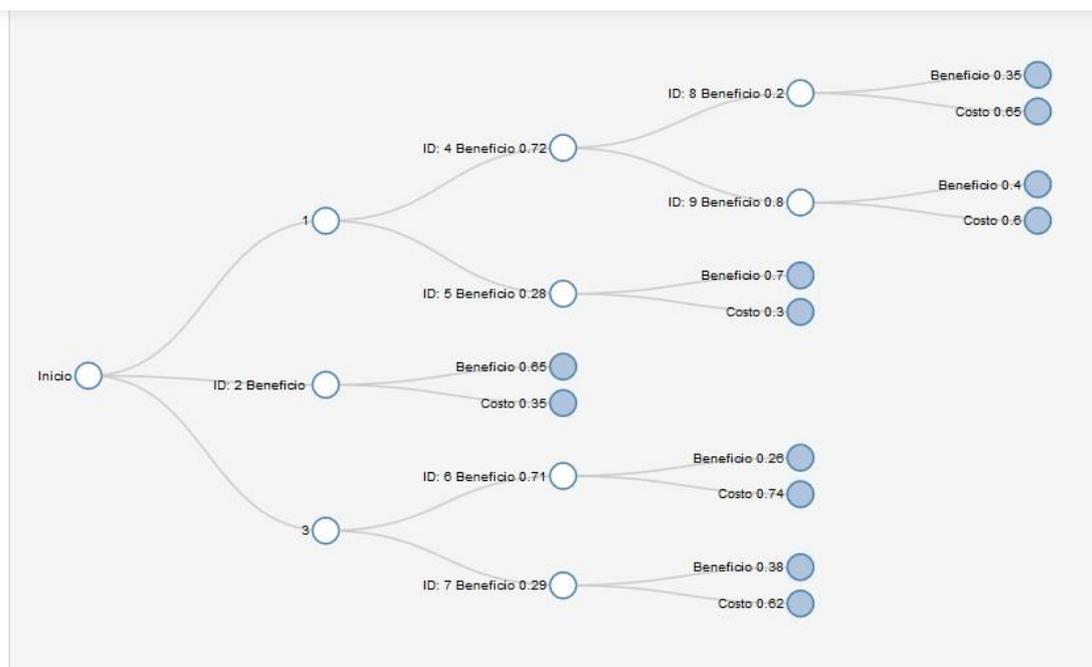


Solo se admiten ficheros .xls y .xlsx. La extensión del archivo cargado es .png

El recuadro se encontrará en la parte inferior del formulario.

### Sección Realizar análisis (C)

Esta sección permite al usuario visualizar los resultados del análisis según varios criterios matemáticos.

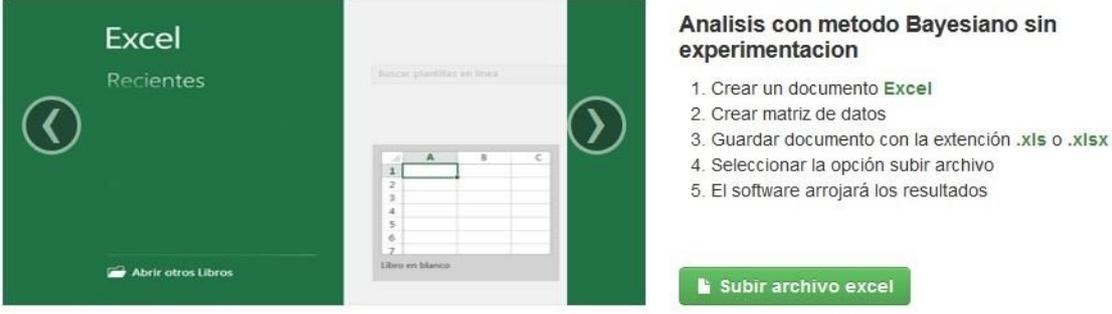


Invocada por: B

Destinos:

1. Subir archivo.

Tabla 14: Resultado de las pruebas funcionales

Caso de Uso	Árbol de decisión sin experimentación
Resumen	<p>El Grupo de Expertos desea realizar el análisis cuantitativo de riesgos utilizando árboles de decisiones sin experimentación, se selecciona el archivo Excel que contiene los datos, se verificará que el archivo subido sea extensión .xls o .xlsx, el sistema realizará los cálculos necesarios utilizando análisis con árboles y visualizará los resultados.</p>
Pruebas Funcionales del Sistema	
<b>Sección Principal (A)</b>	
<p>Se divide en dos partes: Menú, Operaciones e Información y se distribuyen de la siguiente manera:</p>	
 <p>The screenshot shows the Excel application interface. On the left, there is a green sidebar with the text 'Excel Recientes' and a back arrow icon. Below it is a button labeled 'Abrir otros Libros'. In the center, there is a search bar 'Buscar plantillas en línea' and a preview of a blank Excel spreadsheet labeled 'Libro en blanco'. On the right, there is a green sidebar with the text 'Analisis con metodo Bayesiano sin experimentacion' and a list of five steps: 1. Crear un documento Excel, 2. Crear matriz de datos, 3. Guardar documento con la extensión .xls o .xlsx, 4. Seleccionar la opción subir archivo, 5. El software arrojará los resultados. Below the list is a green button labeled 'Subir archivo excel'.</p>	
<p><b>Menú:</b> Tiene asociado una serie de opciones generales para el análisis de los riesgos, estas son:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Árbol de decisión con experimentación.</li> <li>• Árbol de decisión sin experimentación.</li> </ul>	
<p><b>Operaciones:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subir archivo Excel.</li> </ul>	

- Realizar análisis.

**Información:** Información general de los pasos a seguir para llevar a cabo el análisis.

**Validaciones:**

- Si el usuario no tiene permisos no podrá acceder.

## Sección Cargar Fichero (B)

Esta sección permite al usuario cargar un fichero Excel con el contenido a analizar.

### Cargar fichero

Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.

Subir archivo Excel

**Invocada por:** A.

**Destino:** C.

**Validaciones:**

La Validación se hace en el Evento de "Onclick" de el Botón Subir archivo Excel, con las

siguientes reglas:

- Fichero: Campo tipo File para cargar archivos de varios tipos.  
(Obligatorio)

Si la validación no tuvo éxito saldrá un recuadro rojo señalando el problema.

## Cargar fichero

Examinar... Ningún archivo seleccionado.

Subir archivo Excel



Solo se admiten ficheros .xls y .xlsx. La extensión del archivo cargado es .png

El recuadro se encontrará en la parte inferior del formulario.

## Sección Realizar análisis (C)

Esta sección permite al usuario visualizar los resultados del análisis según varios criterios matemáticos.



Invocada por: B

Destinos:

2. Subir archivo.

## 3.4 Método Delphi

El Método Delphi para Evaluación de Alternativas, consiste en la presentación del módulo árboles de decisión, perteneciente a ADRIP, a expertos de la Administración de Riesgos, la Resolución 60/11 y el Sistema de Control Interno presente en la Refinería de Cienfuegos, para la obtención de un acuerdo consensuado sobre las salidas del módulo.

El método se aplica en dos fases: la selección de los expertos con la preparación necesaria para opinar sobre los resultados de esta investigación y una segunda fase en que los expertos evalúan la estrategia didáctica propuesta mediante una encuesta elaborada con este fin.

El cuestionario aplicado está compuesto por 4 categorías generales con 7 preguntas a ser evaluadas en una escala desde Inadecuado hasta Muy Adecuado según una escala de Licker, utilizando para ello un rayo numérico que permite evaluar cada aspecto (Anexo A). Las preguntas se enfocaron hacia las salidas del sistema, tanto de forma tabular como gráfica. Se ofreció la posibilidad de que los expertos brindaran recomendaciones o cualquier observación adicional sobre el tema.

Este método fue escogido por la flexibilidad que permite encontrar tendencias en un proceso mediante criterios aislados de los expertos y sin contacto entre ellos. El Delphi se considera como uno de los métodos subjetivos más confiables y con la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado. [34] El conjunto de opiniones que se obtiene de la encuesta es sometido a un procesamiento estadístico en el Paquete SPSS versión 21.

### 3.4.1 Caracterización de los expertos

Para la selección de los expertos se consideran los consultados para la validación de ADRIP en su última versión, estos fueron elegidos mediante el método del análisis de los currículos considerando los siguientes aspectos:

- Años de experiencia laboral, años de experiencia en el trabajo relacionado con los proyectos de inversión, con los riesgos asociados y/o su experiencia en el trabajo relacionado con la informática.

- Nivel del experto, Título de especialista, grado científico, etc.
- Participación destacada en las actividades científicas, publicaciones y premios y la labor investigativa.

Tabla 15: Análisis Curricular de los Expertos

Análisis Curricular de los Expertos	Anexo
Resumen Curricular de los expertos	A1

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del Resumen Curricular de los Expertos en los anexos, se obtiene que los expertos poseen un alto nivel de competencia.

### 3.4.2 Matriz de Resultados de los Criterios dado por los Expertos

Tabla 16: Resultados de los Criterios dado por los Expertos

Aspectos a Evaluar	Inadecuado	Poco Adecuado	Adecuado	Bastante Adecuado	Muy Adecuado
Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación	0	0	0	10	1
Toma de decisiones utilizando método de Bayes	0	0	0	3	8
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a pdf.	0	0	1	2	8
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con	0	0	0	2	9

árboles con experimentación exportados a pdf.					
Representación de los nodos de decisión para árboles	0	0	7	2	2
Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo	0	0	0	9	2
Representación del costo y el beneficio	0	0	0	1	10

Luego de recopiladas y analizadas todas las respuestas dadas por los expertos, se encuentra la tabla de frecuencias acumulada de los expertos, sumando todos los aspectos horizontales. Posteriormente se halla la tabla de distribución normal estandarizada inversa, la tabla N-P y el promedio por aspectos, dando paso a las conclusiones del método.

### 3.4.3 Tabla de Frecuencia Acumulada de los Expertos

Tabla 17: Frecuencia Acumulada de los Expertos

Aspectos a Evaluar	Inadecuado	Poco Adecuado	Adecuado	Bastante Adecuado	Muy Adecuado
Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación	0	0	0	10	11
Toma de decisiones utilizando método de Bayes	0	0	0	3	11
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a	0	0	1	3	11

pdf.					
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación exportados a pdf.	0	0	0	2	11
Representación de los nodos de decisión para árboles	0	0	7	9	11
Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo	0	0	0	9	11
Representación del costo y el beneficio	0	0	0	1	11

### 3.3.4 Tabla de Distribución Normal Estandarizada Inversa

Tabla 18: Distribución Normal Estandarizada Inversa

Aspectos a Evaluar	Inadecuado	Poco Adecuado	Adecuado	Bastante Adecuado
Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación	-3,09	-3,09	-3,09	1,3351779
Toma de decisiones utilizando método de Bayes	-3,09	-3,09	-3,09	-0,604585
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a pdf.	-3,09	-3,09	- 1,3351777 188288	-0,604585
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación exportados a pdf.	-3,09	-3,09	-3,09	-0,908457

<b>Representación de los nodos de decisión para árboles</b>	-3,09	-3,09	0,3487556 66382356	0,908457
<b>Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo</b>	-3,09	-3,09	-3,09	0,908457
<b>Representación del costo y el beneficio</b>	-3,09	-3,09	-3,09	-1,33517

### 3.4.4 Tabla N-P

Tabla 19: N-P

<b>Aspectos a Evaluar</b>	<b>N-P</b>
<b>Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación</b>	0,269501677101357
<b>Toma de decisiones utilizando método de Bayes</b>	0,754442483010715
<b>Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a pdf.</b>	0,315736912717916
<b>Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación exportados a pdf.</b>	0,830410614291079
<b>Representación de los nodos de decisión para árboles</b>	- 0,483507226190526
<b>Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo</b>	0,376181690405063
<b>Representación del costo y el beneficio</b>	0,937090582055272

### 3.4.5 Promedio por Aspectos

Tabla 20 : Promedio por Aspectos

<b>Aspectos a Evaluar</b>	<b>Promedio por aspectos</b>
<b>Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación</b>	-1,98370552475329
<b>Toma de decisiones utilizando método de Bayes</b>	-2,46864633066264

<b>Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a pdf.</b>	-2,02994076036984
<b>Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación exportados a pdf.</b>	-2,54461446194301
<b>Representación de los nodos de decisión para árboles</b>	-1,2306966214614
<b>Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo</b>	-2,09038553805699
<b>Representación del costo y el beneficio</b>	-2,6512944297072

### 3.4.6 Conclusiones del método Delphi

*Tabla 21: Conclusiones Bastante Adecuado*

<b>Bastante Adecuado</b>
Representación de los nodos de decisión para árboles

*Tabla 22: Conclusiones Muy Adecuado*

<b>Muy Adecuado</b>
Toma de decisiones utilizando árboles sin experimentación
Toma de decisiones utilizando método de Bayes
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación exportados a pdf.
Reporte de los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación exportados a pdf.
Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo
Representación del costo y el beneficio

Los expertos consultados consideran que los resultados del módulo informático se clasifican en bastantes y muy adecuados fundamentalmente. Los reportes

que el sistema emite fueron considerados en su mayoría de Muy Adecuados, resaltando los resultados del método de árboles con experimentación que fue bien acogido entre los expertos, quedando avalada la importancia del mismo como punto culminante del análisis cuantitativo de riesgos y cumpliendo además las normas establecidas en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos.

### **3.5 Conclusiones**

Se realizó el estudio de factibilidad del módulo informático mediante los Casos de uso del mismo. Se realizan pruebas funcionales donde se analizan las principales entidades e interfaces del módulo, mostrándose las validaciones más importantes. Se realiza el análisis de los resultados a las encuestas realizadas a los expertos de la Refinería de Cienfuegos mediante el método Delphi para la evaluación de alternativas obteniendo los valores Bastante Adecuado y Muy Adecuado en la mayoría de los aspectos analizados.

## Conclusiones

Los resultados del siguiente trabajo responden satisfactoriamente a los objetivos propuestos, por lo que se concluye:

- Se realiza un estudio de los aspectos teóricos del análisis cuantitativo a través de árboles de decisión en proyectos de inversión, sus elementos y características principales.
- Se mantienen las metodologías, lenguajes, herramientas, y tecnologías utilizadas en las versiones anteriores de ADRIP para el desarrollo del módulo que permita su adición al mismo.
- Se desarrolla un módulo informático que permite realizar el análisis cuantitativo de riesgos a través de árboles de decisión para el sistema ADRIP, implementado en la Refinería de Cienfuegos, contribuyendo a la toma de decisiones por parte del equipo de dirección.
- El módulo es validado mediante pruebas funcionales de software para el control de la calidad y cumple con los casos de pruebas establecidos.
- Se aplicó el método Delphi con 11 expertos de la Refinería de Cienfuegos, los cuales corroboraron la validez del módulo, obteniéndose que el 28% de los criterios evaluados se consideraron Bastante Adecuado y el 57% Muy Adecuado.

## Recomendaciones

- Que el trabajo de investigación se utilice como una herramienta de estudio para los futuros trabajos análisis cuantitativo de riesgos en Proyectos de Inversión.
- Que el sistema informático ADRIP se extienda a otras empresas donde sea necesario una gestión de riesgos cualitativa y cuantitativa de los riesgos.

## Referencias Bibliográficas

- [1] «GESTIÓN DE RIESGOS en Gestión de proyectos». 27-jun-2014.
- [2] Cortés Iglesias, «SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.», Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba, 2015.
- [3] *Planeación Estratégica CUVENPETROL. SA.* Cienfuegos, Cuba, 2009.
- [4] *Resolución 60/11 del 2011.* Contraloría General de la República de Cuba, 2011.
- [5] Robaina, «ADRIP: SISTEMA INFORMÁTICO PARA EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN », Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba, 2015.
- [6] *Guía Fundamentos para la Dirección de Proyectos*, 4ta Edición, 2011.
- [7] Box George E.P., Tiao George C. Bayesian Inferences in Statistical Analysis”. Wiley-Interscience Publication, EU.
- [8] Morales, A. & Morales, J. Proyectos de inversión. Evaluación y formulación. Ed. McGraw Hill: México. 2009
- [9] Morales Díaz, Leonel. “Análisis por Árboles de Decisión”. 2008 [En línea]. Disponible en: <http://ingenieriasimple.com>
- [10] ORCA Business Management Software by Empowering Returns [En línea]. Disponible en: [orcariskmanagement.com](http://orcariskmanagement.com) [Accedido: 15-nov-2016].
- [11] Risk Management Software, Enterprise Risk Management | SAS [En línea]. Disponible en: <https://www.sas.com> [Accedido: 12-nov-2016].
- [12] SE Risk - SoftExpert [En línea]. Disponible en: <https://www.softexpert.com/produto/risk-control-management> [Accedido: 12-nov-2016].
- [13] «DecisionTools Suite - Software de Análisis de Riesgo y Decisión para Excel - Palisade Corporation». [En línea]. Disponible en: [http://www.palisade-lta.com/decisiontools\\_suite/](http://www.palisade-lta.com/decisiontools_suite/). [Accedido: 12-nov-2016].
- [14] «WinQSB». [En línea]. Disponible en: <http://ingenieria-industrial.net/Winqsb/index.php?accion=1&id=95>. [Accedido: 12-nov-2016].

- [15] «Expert Choice - Investigación de Operaciones SA». [En línea]. Disponible en: <http://www.iosa.com.pe/productos/expert-choice>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [16] EasyPlanEx: Software para Evaluación, Análisis y Optimización de proyectos de inversión. [En línea]. Disponible en: <http://www.iosa.com.pe/productos/expert-choice>. [Accedido: 1-diciembre-2016].
- [17] «Farola - EcuRed». [En línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Farola>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [18] P. por R. H. Uñoja, «Ingeniería de Software: METODOLOGIAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE TRADICIONALES VS AGILES». .
- [19] I. Jacobson, G. Booch, y J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software vol. 1*.
- [20] E.H.Orallo, «El Lenguaje Unificado de Modelado (UML)». .
- [21] C. Mateu, *Desarrollo de aplicaciones web*, 1ra ed. Barcelona, España.
- [22] J. Eguíluz Pérez, *Introducción a CSS*. .
- [23] «Servidor HTTP Apache - EcuRed». [En línea]. Disponible en: [http://www.Apache\\_Servidor\\_Web.com](http://www.Apache_Servidor_Web.com) [Accedido: 13-enero-2017]. J. Eguíluz Pérez, *Introducción a JavaScript*. 2011.
- [24] J. A. Muñoz Jiménez, «Progamación con AJAX». mar-2010.
- [25] V. Rivas, «Curso de Ajax». [En línea]. Disponible en: [http://geneura.ugr.es/~victor/cursillos/javascript/ajax\\_intro.html](http://geneura.ugr.es/~victor/cursillos/javascript/ajax_intro.html). [Accedido: 10-nov-2016].
- [26] «“About Yii | Yii PHP Framework.”». [En línea]. Disponible en: <http://www.yiiframework.com/about/>. [Accedido: 22-febrero-2017].
- [27] «¿Qué es Bootstrap?», *Nebaris*. [En línea]. Disponible en: <http://nebaris.com/post/126/que-es-bootstrap>. [Accedido: 22-febrero-2017]
- [28] «MySQL.» [En línea]. Disponible en: <http://www.mysql.cu/index.php/MySQL>. [Accedido: 2-mayo-2017]
- [29] «Visual Paradigm». [En línea]. Disponible en: [http://www.vparadigm.org/Visual\\_Paradigm](http://www.vparadigm.org/Visual_Paradigm). [Accedido: 3-nov-2016].
- [30] «Adobe Photoshop». [En línea]. Disponible en: <http://www.adobe.com/Photoshop>. [Accedido: 13-nov-2016].

- [31] «Zotero | Home». [En línea]. Disponible en: [http:// https://www.zotero.org](http://https://www.zotero.org). [Accedido: 2-mayo-2017].
- [32] «ER/Studio Enterprise | Data Modeling and Architecture Tools». [En línea]. Disponible en: <https://www.idera.com> [Accedido: 13-nov-2016].
- [33] «Software de administración de proyectos | Microsoft Project». [En línea]. Disponible en: [http:// products.office.com](http://products.office.com) [Accedido: 13-nov-2016].
- [34] Skulmoski G, Hartman F, Krahn J. *The Delphi Method for Graduate Research*. Journal of Information Technology Education. 2007; 6.

## Bibliografía

- [1] «“About Yii | Yii PHP Framework.”». [En línea]. Disponible en: <http://www.yiiframework.com/about/>.
- [2] «Adobe Photoshop », [En línea]. Disponible en: [http://www.ecured.cu/Adobe\\_Photoshop](http://www.ecured.cu/Adobe_Photoshop). [Accedido: 13-nov-2016].
- [3] E. K. De Aza Payano, «Análisis De Riesgo De Un Proyecto», 04-nov-2016.
- [4] «Análisis de riesgo proyecto de inversión para la pequeña empresa», 04-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <http://download.rincondelvago.com/analisis-de-riesgo-proyecto-de-inversion-para-la-pequena-empresa>. [Accedido: 04-nov-2016].
- [5] C. Larman, *Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development.*, Tercera Edición. .
- [6] J. P. Mestras, «Bootstrap 3.0, Aplicaciones Web/Sistemas Web», Universidad Complutense Madrid, España.
- [7] «Categoría yiibooster – Programación», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.programacion.com.py/tag/yiibooster>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [8] «Criterio de Hurwicz». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/hurwicz.htm>. [Accedido: 08-feb-2016].
- [9] «Criterio de Laplace». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/laplace.htm>. [Accedido: 08-feb-2016].
- [10] «Criterio de Savage». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/savage.htm>. [Accedido: 08-feb-2016].
- [11] «Criterio de Wald». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/wald.htm>. [Accedido: 08-feb-2016].
- [12] «Criterio Maximax». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/maximax.htm>. [Accedido: 08-feb-2016].
- [13] V. Rivas, «Curso de Ajax». [En línea]. Disponible en: [http://geneura.ugr.es/~victor/cursillos/javascript/ajax\\_intro.html](http://geneura.ugr.es/~victor/cursillos/javascript/ajax_intro.html).
- [14] «DecisionTools Suite - Software de Análisis de Riesgo y Decisión para Excel - Palisade Corporation», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.palisade-lta.com/decisiontools\\_suite/](http://www.palisade-lta.com/decisiontools_suite/). [Accedido: 10-nov-2016].
- [15] C. Mateu, *Desarrollo de aplicaciones web*, 1ra ed. Barcelona, España.
- [16] «El Árbol de Decisiones en el Análisis de Riesgos del Proyecto», 06-nov-2016 .
- [17] E.H.Orallo, «El Lenguaje Unificado de Modelado (UML)». .

- [18] I. Jacobson, G. Booch, y J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software vol. 1.* .
- [19] «ER/Studio - EcuRed», 13-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/ER/Studio>. [Accedido: 13-nov-2016].
- [20] «Expert Choice - Investigación de Operaciones SA», 12-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.iosa.com.pe/productos/expert-choice>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [21] «Farola - EcuRed», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Farola>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [22] «GESTIÓN DE RIESGOS en Gestión de proyectos». 27-jun-2016.
- [23] «Governance, Risk and Compliance, SAS Enterprise GRC | SAS.»,. [En línea]. Disponible en: <http://www.sas.com/offices/latinamerica/mexico/software/governance-risk-compliance/enterprise-grc/#section=1>.
- [24] *Guía Fundamentos para la Dirección de Proyectos*, 4ta Edición.
- [25] «Guía ISO-CEI 73». .
- [26] «Herramientas de Simulación para el Análisis del Riesgo. MÉTODO DE MONTE CARLO», 04-nov-2016 .
- [27] «Incertidumbre». [En línea]. Disponible en: <http://www.ingenieria.unam.mx/javica1/ingsistemas2/Decisiones/Incertidumbre.html>. [Accedido: 08-feb-2017].
- [28] P. por R. H. Uñoja, «Ingeniería de Software: METODOLOGIAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE TRADICIONALES VS AGILES», 12-nov-2016.
- [31] C. de la Garza, «Integración de la gestión de riesgos y la adaptación en proyectos de inversión pública | CLIMATE.BLUE», 04-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.dropbox.com/sh/dxxo1wuk3a519s2/AAD4SuUMhqLOmqAdnz4z11za?dl=0>. [Accedido: 04-nov-2016].
- [32] J. Eguíluz Pérez, *Introducción a CSS.* .
- [33] J. Eguíluz Pérez, *Introducción a JavaScript.* .
- [34] «ISO 31000 2009 UNE Gestión de Riesgos. Principios y Directrices». .
- [35] «Metodologías de desarrollo del software - La tecla de ESCAPE», 10-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <http://latecladeescape.com/h/2015/07/metodologias-de-desarrollo-del-software>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [36] V. Martell Fernández y V. M. Fernández, «Modelo para el análisis de riesgos en Líneas de Productos de Software», *Rev. Cuba. Cienc. Inform.*, vol. 8, n.º 1, ene. 2014.
- [37] «Modelos Y Metodologías Para El Desarrollo De Software», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2014/jlcv/software.htm>. [Accedido: 10-nov-2016].

- [38] *Planeación Estratégica CUVENPETROL. SA.* Cienfuegos, Cuba, 2009.
- [39] «Pom Qm For Windows Version 4 - free download suggestions», 12-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://software.informer.com/search/?search=pom+qm+for+windows+version+4>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [40] J. A. Muñoz Jiménez, «Programación con AJAX». mar-2017.
- [41] «QM for Windows - Software Informer. POM-QM is a software for production/operations management.», 12-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://software.informer.com/go/go2.php?oe9&s=QM%20for%20Windows>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [42] «¿Qué es Bootstrap?», *Nebaris*, 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://nebaris.com/post/126/que-es-bootstrap>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [43] Contraloría General de la República de Cuba, *Resolución 60/11*. 2011.
- [44] «Revista chilena de infectología - Enfermedades transmitidas por los alimentos: Análisis del riesgo microbiológico», 06-nov-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0716-1018&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_serial&pid=0716-1018&lng=es&nrm=iso). [Accedido: 06-nov-2016].
- [45] «Revista Cubana de Ciencias Informáticas - Modelo para el análisis de riesgos en Líneas de Productos de Software», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992014000100005&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992014000100005&script=sci_arttext). [Accedido: 10-nov-2016].
- [46] «Risky Project Software de gestión y análisis de riesgos», 10-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.gedpro.com/Software/RiskyProject.aspx>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [47] J. I. Zamora Moya, «RUP en Proyectos», 12-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <http://juazammo.blogspot.com/2007/12/rup-en-proyectos.html>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [48] «SCRI HAZOP (SCRI para Análisis de Riesgos y Operabilidad de Procesos)», 10-nov-2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.heuristicos.com/scri/scrizop.htm>. [Accedido: 10-nov-2015].
- [49] «Sistema Gestión Excelencia y Conformidad». [En línea]. Disponible en: <http://www.softexpert.es/>.
- [50] M. Cortés Iglesias, «SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INVERSIÓN.», Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba, Cienfuegos, Cuba, 2015.
- [51] H. Martínez González, «Sistema Informático para la Gestión de Riesgos», Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba, Cienfuegos, Cuba, 2015.
- [52] «Software | CAPRA», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecapra.org/es/software>. [Accedido: 10-nov-2016].
- [53] «Software para Gestión de Riesgos, Cumplimiento Normativo y Gobierno Corporativo.» [En línea]. Disponible en: <http://www.gcpglobal.com>.

- [54] «SOFTWARE shop - Información General de Productos Expert Choice», 12-nov-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.software-shop.com/in.php?mod=ver\\_producto&prdID=261](http://www.software-shop.com/in.php?mod=ver_producto&prdID=261). [Accedido: 12-nov-2016].
- [55] «Tablas de Decisión bajo incertidumbre». [En línea]. Disponible en: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0191-03/incertidumbre.htm>. [Accedido: 08-feb-2017].
- [56] «Toma de Decisiones bajo Incertidumbre de Hernán DeLeon en Prezi». [En línea]. Disponible en: <https://prezi.com/b35t0smoliw/toma-de-decisiones-bajo-incertidumbre/>. [Accedido: 08-feb-2017].
- [57] «Visual Paradigm - EcuRed», 13-nov-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.ecured.cu/Visual\\_Paradigm](http://www.ecured.cu/Visual_Paradigm). [Accedido: 13-nov-2016].
- [58] «WinQSB», 12-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://ingenieria-industrial.net/WinQSB/index.php?accion=1&id=95>. [Accedido: 12-nov-2016].
- [59] «YiiBooster - For an easier Yii application development», 10-nov-2015. [En línea]. Disponible en: <http://yiibooster.clevertch.biz/>. [Accedido: 10-nov-2016].

## Anexos

### Anexo A: Encuesta a Expertos

Anexo A1: Resumen Curricular de los Expertos consultados para la realización del Método Delphi.

Nombre	Especialidad	Nivel de experiencia	Conocimientos y experiencia	Eventos, Premios y Publicaciones.
<b>Asley Alberto Villares Álvarez.</b>	Título de Ingeniero Mecánico Industrial.	17 años	2010-2011. Especialista Mecánico en revisión del proyecto de la Expansión de la Refinería "Camilo Cienfuegos" en la Empresa CUVENPETROL, Cienfuegos, Cuba. 2007-2010. Especialista en Inspección, Planificación y Control del Mantenimiento (Especialista "A" en Mantenimiento Industrial) en la Empresa Mixta PDV CUPET SA, Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos" de la Provincia Cienfuegos, Cuba. 2011- Actualidad. Especialista A Mto Industrial. Dirección Aseguramiento Calidad en revisión del proyecto de la Expansión de la Refinería "Camilo Cienfuegos" en la Empresa CUVENPETROL, Cienfuegos, Cuba.	2005 "Curso de Interpretación del código ASME, Sección VIII División 1 y Sección IX" en el centro de la Lloyds Register, Habana, Cuba. 2008 "Certificación en Ensayos no Destructivos, Líquido Penetrante Nivel II", Centro Nacional para la Certificación Industrial (CNCI) Cienfuegos, Cuba. 2009 "Certificación en Inspección de Soldadura Nivel I", Centro Nacional para la Certificación Industrial (CNCI) Cienfuegos, Cuba. 2009 "Certificación en Inspección de Soldadura Nivel II", Centro Nacional para la Certificación

				Industrial (CNCI) Cienfuegos, Cuba. 2010 “Curso Inspección de Tubos de Intercambiadores de Calor por Corrientes Eddy”, Refinería de Petróleo “Amuay”, Estado Falcón, Venezuela. <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2012 “Curso de Interpretación de la API 510, Politécnico del Petróleo, Habana, Cuba.</li> </ul>
<b>Carmen Luisa Martínez Fernández</b>	Graduado en Ingeniería en Agroindustrial.	32 años	Dic. 2005 -2006. Jefe Área Recursos Humanos. Empet. Dic. 2006-2010 Especialista B Gestión RRHH Empresa Cuenpetrol. Agosto 2010 hasta la fecha: Directora RRHH. Proyecto Expansión. Cuenpetrol	2011 Curso Control Interno Resolución 60/11. 2011 V encuentro Internacional sobre la sociedad y sus retos frente a la corrupción. 2011 Reordenamiento de Entidades 2014 Curso Control Interno
<b>Edel Aguila Pérez</b>	Máster en Eficiencia Energética	12 años de experiencia	2009 Ueb Transcupet Centro Especialista Capital Humano. 2010 Ueb Transcupet Centro Especialista Seguridad y Salud del Trabajo y Medio Ambiente. 2010 Proyecto Expansión Cienfuegos. Especialista	XVI Fórum de Ciencia Y Técnica 2da. Etapa. Junio, 2008. Premio Provincial del CITMA a la Innovación Tecnológica. Mayo 2008.

			de Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA).	Trabajo: Procedimiento general para el mejoramiento de la Gestión del Proceso de Selección de Reservas de los Jefes de Departamentos Docentes en la Universidad de Cienfuegos. En el CD con las memorias del 4to Seminario Internacional Docencia Universitaria, octubre del 2007. Publicación de artículo en el anuario de la UCF. 2007. Publicación de artículo en el anuario de la UCF. 2009.
<b>Grettel Valladares Carbonell</b>	Master en Administración de Negocios, (2012)	20 años	1998-2001, Dirección Provincial BANDEC Cienfuegos, Especialista en Gestión de Negocios y Créditos "A" de Empresas. 2001- Diciembre 2006, Dirección Provincial BANDEC Cienfuegos, Jefa Departamento Provincial de Banca Empresarial. Diciembre 2006 a Agosto 2007, Dirección Provincial BANDEC Cienfuegos, Auditora Adjunto del Grupo Provincial de Auditoría. Septiembre 2007- Mayo 2008: Auditora Adjunto UEB CONAS Cienfuegos. Mayo – Septiembre 2008: Especialista Principal del	

			<p>Grupo de Auditoría de la UEB Cienfuegos.  Septiembre 2008- Junio 2014: Directora de la UEB Cienfuegos de la empresa consultora Consultores Asociados SA (CONAS), perteneciente al Ministerio del Comercio Exterior (MINCEX).  Agosto 2014: Especialista Sistema de Control Interno, Grupo Organización y Control Cuenpetrol SA</p>	
<b>Enrique Díaz Madruga</b>	Arquitecto	29 años	<p>2003-2005 Sub director técnico Empresa Prov. Mito Vial MITRANS.  2006-2011 Gerente UEN 1 COPEXTEL SA Div. Cienfuegos  2011-Actualidad Esp. Mantenimiento Industrial Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos</p>	<p>2001 Jornada Científica de los servicios básicos generales de salud  2004 Curso Gestión de calidad ISO 900.  2006 Diplomado de Dirección  2009 Curso evaluación proyecto de inversiones.  2010 Fórum Ciencia y técnica COPEXTEL</p>
<b>Yaité Osorio Valero</b>	Ingeniera Química	10 años	<p>2010 Tecnólogo D de procesos industriales CUVENPETROL, SA. Gerencia Proyectos Cienfuegos.  2010 – 2011 Tecnólogo A de procesos industriales CUVENPETROL, SA. Gerencia Proyectos Cienfuegos.  2011-2013 Jefe de grupo de Control y Seguimiento de Formación en Operaciones.  Desde Abril/2013 Directora de Arranque</p>	
<b>Grisel</b>	Ingeniera	32 años	1986-1989 Técnico de	

<b>Hernández García</b>	Control Automático		<p>Inspección y Control de Construcción y Montaje. 1989-2000 Jefe de Brigada de Instrumentación y Metrología.</p> <p>2000-2001 Técnico de Control de la producción. Taller de Reparación de Cilindros.</p> <p>2003-2007 Representante de CUPET.</p> <p>2008-Actualidad Especialista "A" Automática</p>	
<b>Masiel Benavides Sotolongo</b>	MSc Gestión Contable Financiera	24 años	<p>1994-1996 Analizador de Empresas BNC.</p> <p>1996-2000 Hotel Faro Luna del Grupo Cubanacan Hoteles SA. Subgerente Económico</p> <p>200-2010 Hotel La Unión del Grupo Cubanacan Hoteles SA. Subgerente Económico</p> <p>2010-Actualidad CONAS Cienfuegos. Consultor A</p>	<p>Diagnóstico preliminar de la Empresa Mixta Alcoholes Finos de Caña (ALFICSA) para la solicitud de prórroga de su vigencia. (2012)</p> <p>Propuesta de modificación al procedimiento para la gestión de los costos del Hotel "X". (2013-2014)</p> <p>Diseño del sistema de costo de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Cereales Cienfuegos.</p> <p>Trabajo de diploma para optar por el título de Licenciado en Contabilidad y Finanzas del Autor Olimpia Moya Fuentes. Participé como asesor y Consultante. (2014)</p>
<b>Albertina</b>	Ingeniera	31 años	1985-1995 Jefe de Turno	

<b>Mejías Hernández</b>	Química de Procesos		del Laboratorio Fábrica Cemento Karl Marx. 1995-2002 Químico "A" Laboratorio MINAZ CAI Pepito Tey 2002-2008 Profesor Instructor E.S.T.A .Pepito Tey. Tarea Álvaro Reinoso 2009-2010 Tecnólogo "D" en plantas de procesos. Empresa PDV CUPET SA 2010-Actualidad Tecnólogo "A" en Procesos Industriales Cuvenpetrol-Proyecto Expansión	
<b>Mayelín Gutiérrez Brunet.</b>	Ingeniera Química	22 años	1995-1996 Ingeniero Químico en Adiestramiento CAI "Pepito Tey 2002-2004 CONAZUCAR 2004-Actualidad Tecn. "A" Proc. Industriales Refinería de Petróleo	
<b>Miriam Margarita Alejos Arguiñao</b>	Licenciada en Contabilidad	33 años	1985-1988 Profesor Contabilidad IPE Félix Edén Aguada 1988-1993 Profesor de Contabilidad Dirección Provincial de Comercio, Gastronomía y los Servicios. 1994-1997 Director Económico Dirección Provincial de Comercio, Gastronomía y los Servicios. 1997-2002 Auditor, Jefe Económico Dirección Territorial de Caracol. 2011-Actualidad Esp "B" "Gestión Económica Cuvenpetrol S.A	2013 Encuentro Internacional de Contratación Económica e Inversión Extranjera

## Anexo A2: Encuesta a Expertos



El análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos es un tema de interés dentro de su empresa, es por ello que el módulo informático Árboles de Decisión para **ADRIP**, Administración de Riesgos en Proyectos, sistema informático desarrollado en la universidad de Cienfuegos e implementado en la Refinería desde el año 2015, debe ser validado antes de comenzar su utilización; para ello se realiza el método de expertos dentro de los cuales Ud. ha sido escogido por su relación y conocimiento del tema en cuestión por lo que debe seguir los pasos que a continuación relacionamos.

1. Debe enviar un pequeño currículum a esta dirección para una breve caracterización como experto.
2. Será enviado a vuelta de correo los principios y políticas propuestas para la implementación del módulo Árboles de Decisión en ADRIP.
3. El módulo será mostrado personalmente para que conozca su funcionamiento y pueda validar a través de la encuesta que se adjunta si cumple las expectativas que Ud. como experto debe proporcionar.
4. Cualquier sugerencia, duda o crítica sobre el sistema en su conjunto debe hacerlo a través de este correo.

Muchas gracias.

## Salidas del módulo informático.

### 1: Toma de decisiones utilizando árboles.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

### 2: Toma de decisiones utilizando método de Bayes.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

### 3: Reportes de la Toma de decisiones.

- a) Exportar los resultados de la toma de decisiones con árboles sin experimentación a pdf.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

- b) Exportar los resultados de la toma de decisiones con árboles con experimentación a pdf.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

### 4: Representación del árbol de decisión.

- a) Representación de los nodos de decisión para árboles.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

b) Representación del cálculo del valor esperando en cada nodo.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

c) Representación del costo y el beneficio.

Muy Adecuado	Bastante Adecuado	Adecuado	Poco Adecuado	Inadecuado

Otras consideraciones que ud. tenga.

---



---



---



---