

**Universidad de Matanzas
Sede "Camilo Cienfuegos"**



**Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Informática**

Sistema Automatizado para la Gestión Ambiental Empresarial.

Módulo Cambio climático.

Submódulo Análisis Multicriterio

Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniero Informático

Autor: Osvaldo López Roque

Tutor: MSc. Liz Pérez Martínez

Junio de 2018

*"No se puede pasar un solo día sin tener un impacto en el mundo que nos rodea.
Lo que hacemos marca la diferencia, y tenemos que decidir qué tipo de diferencia
queremos hacer"*

Jane Goodall

A todas las personas que he conocido a lo largo de estos años, en especial a mi esposa que es lo mejor que me ha pasado en la vida.

Agradecimientos:

A mi mamá por siempre estar hay para mí, por su apoyo incondicional, por los sacrificios que hizo que me ayudaron a ser quien soy hoy por su amor y comprensión.

A mi mimá, por darme tanto amor y comprensión, no sé qué voy a hacer cuando me falte.

A mi papá que aunque lejos este siempre se ha preocupado por mí, me ha apoyado por ser tan buena persona, me enorgullece que sea mi papá.

A mi tutora Liz por aceptar asesorarme en este proceso tan fundamental y hacerlo de una forma fenomenal, soportando mi despreocupación y mi malacostumbrada manía de dejar todo para última hora.

A todos aquellos que he conocido durante esta etapa de mi vida, mis profesores, mis compañeros de aula.

A una persona fundamental en mi vida, sin ella no sé que hubiera sido de mí, mi esposa Eliza, no existen ni existirán palabras en ninguna lengua para expresar todo el agradecimiento que siento hacia ti. Por su amor, por su preocupación, por todo lo que me ha dado, todos los momentos, buenos, malos, regulares, por soportarme, por entenderme, por amarme. Es lo mejor que me ha pasado en la vida y espero lo sepa.

A la familia de mi esposa en especial a su papa Lázaro y su mamá Grisela, por apoyarme como si fuese un hijo más, por preocuparse por mi, por abrirme las puertas de su casa, aceptarme y tratarme como un miembro más de su familia.

A mis abuelos Mario y Nancy, por quererme tanto y estar al tanto de mi siempre, a mis tíos, mis primos.

A mi mejor amigo Jorgito, que aunque no sea mi hermano de sangre lo considero como tal, por preocuparse por mi, por su apoyo, sus consejos su amistad incondicional.

A la todos los trabajadores de XETID, gracias por la oportunidad de trabajar con ustedes aprendí muchas cosas en el transcurso de esa etapa, en especial a Orlando y a Roider por ayudarme en esta investigación.

A todos ellos que han formado parte de esta etapa de mi vida

MUCHAS GRACIAS

Declaración de autoría

Yo, Osvaldo López Roque, declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Universidad de Matanzas sede "Camilo Cienfuegos" y al Centro de Investigación y Desarrollo de Software CIDES, a que hagan el uso que estimen pertinente de él.

Y para que así conste, firmo la presente a los 14 días del mes de junio del año 2017.



Opinión del Tutor.

DATOS PERSONALES DEL TUTOR

Nombre y apellidos: Liz Pérez Martínez.

Centro de trabajo: Universidad de Matanzas.

Organismo a que pertenece: Ministerio de Educación Superior – MES.

Cargo que ocupa: Vicedecana Facultad de Ciencias Técnicas.

Especialidad de la que es graduado: Ingeniería Informática. Universidad de Matanzas, 2012.

Categoría docente o investigativa: Asistente.

Grado científico: Master en Ciencias, Universidad de Matanzas, 2015.

DATOS DE LA TESIS Y EL DIPLOMANTE

Nombre y apellidos: Osvaldo López Roque.

Centro de estudio: Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”.

Título de la Tesis: Sistema Automatizado para la Gestión Ambiental Empresarial. Módulo Cambio Climático.

OPINION SOBRE EL TRABAJO

La tesis presentada posee gran actualidad, pues intenta resolver un problema real presente en las empresas de nuestro país, y además contribuye a la informatización de nuestra sociedad.

El tutor de este trabajo de diploma considera que, durante su ejecución, la estudiante mostró las cualidades que a continuación se detallan:

Independencia, manifestado desde el tratamiento de los referentes bibliográficos, hasta la obtención del producto de software y la documentación.

Madurez investigativa, fue capaz de adentrarse en temas complejos y que se apartan en gran medida de los conocimientos adquiridos durante su formación profesional. Aportó soluciones significativas al problema científico planteado.

Trabajo en equipo, supo adaptarse a los requerimientos y exigencias del trabajo en líneas de producción, a partir de su vínculo con la Xetid.

El trabajo que hoy presenta y que sintetiza un periodo de aprendizaje no solo académico. Un reto asumido y vencido.

Por todo lo anteriormente señalado, considero que el estudiante Osvaldo López Roque reúne los requisitos para el título de Ingeniero Informático y espero le sea otorgada la mejor calificación de este Tribunal. Espero que su desempeño profesional colme todas sus expectativas.



MSc. Liz Pérez Martínez
Dpto. Informática
Universidad de Matanzas
Junio/2018

Opinión del Cliente

Resumen

De acuerdo con los resultados derivados de los estudios del estado de la situación de las variables climáticas realizados por el Instituto de Meteorología, la Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en Matanzas enfoca sus esfuerzos en la determinación de opciones de adaptación y mitigación al cambio climático. Para ello precisa de una valoración económica y multicriterial sustentada en las informaciones reportadas por dicho instituto, la problemática radica en que actualmente no existe en el país un sistema capaz de analizar multicriterialmente las medidas de adaptación y llevar una gestión ambiental adecuada, por esto la Empresa de Tecnologías de la Información para la Defensa (XETID), conjuntamente con el Centro de Investigación y Desarrollo (CIDES) y el Ministerio de Ciencias Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) desarrollan el Sistema Automatizado para la Gestión Ambiental Empresarial (SAPGAE), este sistema está compuesto por varios módulos pero el objetivo principal de esta investigación es desarrollar el módulo “Análisis Multicriterio” de dicho sistema, el cual le brinda la oportunidad a las empresas de hacer un análisis a partir de un grupo de alternativas de adaptación y conocer cuáles son las más factibles a acometer para minimizar los efectos negativos del cambio climático.

Abstract

According to the results derived from the studies on the status of the climatic variables made by the Institute of Meteorology, the Provincial Delegation of the Ministry of Science Technology and Environment (CITMA) in Matanzas focuses its efforts on determining options for adaptation and mitigation to climate change. To do this, it needs an economic and multicriterial valuation based on the information reported by that institute, the problem lies in the fact that currently there is no system in the country capable of analyzing multicriterially the adaptation measures and to take an adequate environmental management, for this the Company of Information Technologies for Defense (XETID), together with the Center for Research and Development (CIDES) and the Ministry of Science Technology and Environment (CITMA) develop the Automated System for Enterprise Environmental Management (SAPGAE), this system It is composed of several modules but the main objective of this research is to develop the module "Multicriteria Analysis" of this system, which provides the opportunity for companies to make an analysis from a group of adaptation alternatives and know which are the most feasible to undertake to minimize the negative effects of the climate change

Índice de Contenido

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 1 |
| Capítulo 1: Marco Teórico Referencial | 5 |
| 1.1. Introducción | 5 |
| 1.2. Objeto de estudio | 5 |
| 1.3. Antecedentes de la investigación | 6 |
| 1.4. Metodología de desarrollo | 6 |
| 1.5. Tecnologías | 7 |
| 1.5.1. Herramienta de modelado: Visual Paradigm-UML | 7 |
| 1.5.2. Lenguaje de modelado: UML | 7 |
| 1.5.3. Lenguajes de programación | 8 |
| 1.5.4. Lenguaje de consultas: SQL | 9 |
| 1.5.5. Gestor de Base de Datos: PostgreSQL | 9 |
| 1.5.6. Framework | 9 |
| 1.5.7. Patrones utilizados para el desarrollo del sistema | 10 |
| 1.6. Algoritmo de análisis multicriterio: Saaty | 14 |
| 1.7. Conclusiones del capítulo | 15 |
| Capítulo 2: Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta | 16 |
| 2.1. Introducción | 16 |
| 2.2. Modelo de dominio | 16 |
| 2.2.1. Reglas del dominio | 16 |
| 2.3. Captura de requisitos | 17 |
| 2.3.1. Requisitos funcionales | 17 |
| 2.3.2. Requisitos no funcionales | 18 |
| 2.4. Modelo de datos | 20 |
| 2.4.1. Diagrama de componentes | 20 |
| 2.4.2. Mecanismo de diseño | 21 |
| 2.4.3. Diagrama de clases web | 22 |
| 2.4.4. Diagrama de secuencia | 23 |
| 2.4.5. Diagrama de despliegue | 24 |
| 2.5. Seguridad | 25 |
| 2.6. Tratamiento de errores | 25 |
| 2.7. Algoritmo Saaty | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 2.8. Análisis de factibilidad | 31 |
| 2.8.1. Costo | 31 |
| 2.8.2. Beneficios tangibles e intangibles | 32 |
| 2.8.4. Análisis del costo y beneficios | 33 |
| 2.9. Conclusiones del capítulo | 33 |
| Capítulo 3. Validación de la Solución Propuesta. | 34 |
| 3.1 Introducción. | 34 |
| 3.2 Descripción del software. | 34 |
| 3.3 Pruebas. | 35 |
| 3.3.1 Métodos empleados para la realización de las pruebas. | 35 |
| 3.3.2 Diseño de Casos de Pruebas (DCP). | 37 |
| 3.4 Conclusiones del capítulo. | 42 |
| Conclusiones Generales | 43 |
| Recomendaciones | 44 |
| Referencias Bibliográficas | 45 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1 Requisitos no funcionales..... | 19 |
| Tabla 2.2 Tabla de costo | 31 |
| Tabla 3.3 Clases de equivalencia..... | 36 |
| Tabla 3.4 Resumen de casos de prueba..... | 36 |
| Tabla 3.5 Descripción de variables. | 41 |
| Tabla 3.6: Pruebas de aceptación eliminar Muestreo. | 41 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 2.1 Modelo de Datos | 20 |
| Ilustración 2.2 Diagrama de Componentes | 21 |
| Ilustración 2.3 Diagrama de Mecanismo de diseño | 22 |
| Ilustración 2.4 Diagrama de clases | 23 |
| Ilustración 2.5 Diagrama de secuencia | 24 |
| Ilustración 2.6 Diagrama de despliegue | 25 |
| Ilustración 2.7 Expresión regular para la validación del campo denominación. | 26 |
| Ilustración 2.8 Diagrama de jerarquía de atributos del método saaty..... | 27 |
| Ilustración 2.9 Matriz de decisión | 28 |
| Ilustración 2.10 Escala saaty para la asignación de comparaciones..... | 29 |
| Ilustración 2.11 Vista del sistema comparación criterios vs. criterios. | 30 |
| Ilustración 2.12 Alternativas organizadas de la mejor a la peor. | 31 |
| Ilustración 3.13 Interfaz de usuario Seleccionar Alternativas, permite la gestión de las mismas | 34 |
| Ilustración 3.14 Interfaz de usuario Seleccionar criterios, permite la gestión de los mismos. | 35 |

Introducción

Cuba, cumplimentando los compromisos que ha contraído como signataria de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), realiza desde 1997, con rigor científico, estudios de vulnerabilidad, impacto y adaptación al cambio climático.

El cambio climático se entiende por un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico.

Numerosos son los estudios realizados en este sentido, tal es el caso del realizado por el Instituto de Meteorología, con el objetivo evaluar los cambios climáticos y ser capaces de prever alteraciones significativas futuras que tengan consecuencias tanto económicas como a nivel biológico, centrando su atención en dos escenarios fundamentales, 2050 y 2100.

De acuerdo con los resultados derivados de estos estudios, la Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) en Matanzas enfoca sus esfuerzos en la determinación de opciones de adaptación y mitigación al cambio climático en estos escenarios (2050 y 2100). Para ello precisa de una valoración económica y multicriterial sustentada en las informaciones reportadas por el Instituto de Meteorología.

Actualmente, este tipo de análisis se realiza a partir de la contratación a expertos en las áreas de las estadísticas aplicadas. Los expertos generalmente son los responsables de determinar los métodos de análisis a emplear y de procesar a partir de estos, los datos facilitados por las instituciones pertinentes.

Todo este procesamiento de información es efectuado sin la asistencia de herramientas informáticas. Lo que propicia la aparición de errores en la

manipulación y extracción de la información, diferencias de criterios entre los diversos expertos, pérdidas ocasionales de información estadísticamente significativa, resultados derivados de la subjetividad de los especialistas, entre un sinnúmero de problemas.

Lo anteriormente planteado deriva en un proceso muy engorroso para las personas que intervienen en él, afecta su eficiencia, incrementando el margen de error y limita las posibilidades de análisis para la toma de decisiones.

Actualmente, la Empresa de Tecnologías de la Información para la Defensa (XETID), conjuntamente con el Centro de Investigación y Desarrollo (CIDES), se encuentran inmersos en el desarrollo de un sistema automatizado para el apoyo a la gestión ambiental empresarial (SAPGAE), con el asesoramiento del CITMA y de los investigadores de la Universidad de Matanzas y la participación de estudiantes de la carrera Ingeniería Informática de la propia universidad.

La **situación problemática** descrita evidencia el **problema científico** de esta investigación: ¿cómo determinar de manera eficiente las opciones de adaptación y mitigación al cambio climático en los escenarios 2050 y 20100?

El **objeto de estudio** es la gestión del cambio climático, y el **campo de acción** se corresponde con los sistemas automatizados para la gestión ambiental empresarial.

La **hipótesis** que rige la investigación es: si se desarrolla el Módulo Cambio Climático del SAPGAE entonces se podrá determinar de manera eficiente las opciones de adaptación y mitigación al cambio climático en los escenarios 2050 y 20100.

Por lo que el **objetivo general** de este trabajo es desarrollar el Módulo Cambio Climático para el SAPGAE que contribuya a la determinación eficiente las opciones de adaptación y mitigación al cambio climático en los escenarios 2050 y 20100.

Para dar cumplimiento al objetivo general se trazan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Analizar la bibliografía que permita sentar las bases de la investigación y conformar el marco teórico referencial de la misma.
2. Diseñar el Módulo Cambio Climático del SAPGAE utilizando la metodología Prodesoft establecida por el XETID.
3. Validar el Módulo Cambio Climático del SAPGAE a partir de la aplicación de pruebas de software.

Durante la investigación se utilizaron diversos **métodos y técnicas de metodología de la investigación** tales como:

- Dentro de los métodos teóricos:
 - Método de análisis histórico – lógico: permitió estudiar la trayectoria y desarrollo de los sistemas de gestión ambiental empresarial existentes, así como la realización de este proceso en nuestro país.
 - Método de análisis y síntesis: este se precisó durante la revisión bibliográfica y el análisis de los resultados, permitiendo descomponer lo complejo en sus partes y cualidades, la división del todo en sus múltiples relaciones para luego unir las partes analizadas, descubrir las relaciones y características generales entre ellas.
 - Método inductivo - deductivo: su uso fue necesario tanto en la revisión bibliográfica, como en el análisis de los resultados, permitiendo arribar a conclusiones que se infirieron a partir de propiedades y relaciones existentes entre los elementos que conforman el fenómeno objeto de estudio.
- Como métodos empíricos, utilizados por medio de las siguientes técnicas:
 - Observación: permitió entender el proceso de análisis de la información en el proceso de gestión ambiental empresarial en el país.
 - Entrevistas: fue útil en distintos momentos de la investigación; fundamentalmente al inicio, cuando se realizó el levantamiento de requisitos para efectuar una exploración preliminar del problema a investigar.

El **resultado esperado** de este trabajo es contar con una herramienta desarrollada en ambiente web fácil de manipular, en la que la gestión de la información

posibilitará la adopción de medidas oportunas de adaptación y mitigación al cambio climático, principalmente para los escenarios 2050 y 20100.

Atendiendo a lo planteado anteriormente, la tesis queda estructurada en introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas, según sigue:

- Una Introducción, donde se caracteriza la situación problemática y se fundamenta el problema científico a resolver.
- Un primer capítulo donde se recoge el marco teórico referencial del tema y los principales conceptos que constituyen la base teórica de la investigación, así como el análisis de las principales tendencias tecnológicas y el estudio de los antecedentes que enmarcan la problemática planteada.
- Un segundo capítulo donde se caracteriza el objeto de estudio, se describe el desarrollo e implementación del software a través de la metodología Prodesoft.
- Un tercer capítulo donde se muestran las principales interfaces del prototipo inicial y se detallan los resultados de las pruebas aplicadas al software.
- Un apartado de conclusiones donde se verifica el cumplimiento de los objetivos trazados al inicio de la investigación.
- Las recomendaciones en la cual se plasman una serie de propuestas encaminadas a la continuidad de esta investigación.
- Y las referencias a la bibliografía citada.

Capítulo 1: Marco Teórico Referencial

1.1. Introducción

En este capítulo se presentará una descripción del proceso objeto de estudio empresarial, así como un estudio de los antecedentes de esta investigación. Se abordarán los principales referentes teóricos de la investigación. Se mostrarán las principales tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema, además de una referencia a la metodología empleada.

1.2. Objeto de estudio

La toma de medidas oportunas para la mitigación de los efectos negativos del cambio climático, en la actualidad, se realiza mediante la contratación de terceros, lo que conlleva a un encarecimiento del proceso y largos períodos de tiempo de ejecución destinados al análisis y ponderación de los criterios contra las posibles alternativas de adaptación/mitigación.

Situación que repercute en el proceso de toma de decisiones. Dado entre muchas causas porque la información no llega a los decisores en tiempo, ni con la veracidad requerida para que el proceso fluya adecuadamente y se tome la alternativa de adaptación/mitigación más factible. Además, la determinación de los problemas ambientales y sus causas, así como las medidas para minimizar los impactos ambientales depende en muchas ocasiones de la subjetividad de los evaluadores y no de herramientas confiables.

Debido a la necesidad de mantener un equilibrio entre el uso y la conservación del medio ambiente, se hace necesario el cumplimiento de las regulaciones establecidas por el CITMA en cuanto a la implantación de alternativas de adaptación/mitigación para los impactos ambientales. Por lo que con este módulo se pretende dotar a las empresas de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones referentes a la adaptación/mitigación ante los desastres aparejados al cambio climático.

1.3. Antecedentes de la investigación

En la búsqueda realizada para esta investigación no se encontró ningún sistema para la ayuda a la toma de decisiones basados en el análisis multicriterio realizados en Cuba o para Cuba. Los estudios y análisis para la implantación de medidas de adaptación al cambio climático actualmente se realizan mediante la contratación de terceros como son los estadísticos-matemáticos de las universidades y expertos en este tipo de análisis, que en la mayoría de los casos incurren gastos para las empresas.

Uno de los sistemas que aplica este tipo de análisis es el software **MPC 2.0**© de la Universidad de Santiago de Compostela, el cual se ejecuta bajo licencia de software propietaria, lo que convierte su aplicación en Cuba en inviable, dada la política del país de migración a software libre. Dados estos motivos, es necesario desarrollar el submódulo Análisis Multicriterio dentro del SAPGAE que facilite a las empresas el análisis multicriterial para la toma de decisiones, sin la necesidad de contratar de terceros.

1.4. Metodología de desarrollo

Prodesof (Proceso de Desarrollo y Gestión de Proyectos de Software): Según (Proceso de Desarrollo y Gestion de Proyectos de Software, 2012) es una metodología que tiene como objetivo la producción eficiente de un producto de software que satisfaga los requisitos de un especialista funcional con una planificación y una estimación de recursos predecibles.

El ciclo de vida está compuesto por 5 fases: inicio, modelación, construcción, explotación experimental y despliegue. En la fase de inicio se realiza un análisis de la problemática existente y se establece la estrategia a seguir para realizar la captura de requisitos, así como un estimado del alcance del proyecto.

En la modelación se capturan las partes esenciales del sistema donde se identifican los procesos de negocio fundamentales, se aceptan los requerimientos funcionales y se definen la arquitectura de sistema y de datos.

En la fase de Construcción se aclaran los requisitos restantes y se completa el desarrollo del sistema sobre una base estable de la arquitectura. En esta fase todas

las características, componentes, y requerimientos deben ser integrados, implementados, y probados en su totalidad, obteniendo una versión liberada del producto.

Durante la fase de Explotación Experimental se convierte la versión liberada del producto en una solución estable, donde se eliminan los errores que surgen durante las pruebas y se obtiene una certificación funcional y de seguridad del producto.

En la fase de Despliegue se instala y configura el sistema para un ambiente de producción real, se capacita al personal que usará la aplicación y se continúa dando soporte durante la explotación del sistema.

1.5. Tecnologías

Es necesario para el desarrollo de un producto informático que satisfaga una necesidad existente, el empleo de diferentes herramientas y tecnologías con demostrada idoneidad. Ya que, según el problema a resolver, es de suma importancia una correcta elección de las mismas.

1.5.1. Herramienta de modelado: Visual Paradigm-UML

Es una herramienta UML profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, código inverso, generar código desde diagramas y generar documentación. Presenta licencia gratuita y comercial. Es fácil de instalar y actualizar y compatible entre ediciones. (Comparacion de herramientas CASE, 2013)

1.5.2. Lenguaje de modelado: UML

El Lenguaje de Modelado Unificado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software. UML entrega una forma de modelar cosas conceptuales como lo son procesos de negocio y funciones de sistema, además de cosas concretas como lo son escribir clases en un lenguaje determinado, esquemas de base de datos y componentes de software reusables. (Salinas Caro & Histchfeld K, s.f.)

1.5.3. Lenguajes de programación

PHP: Según (Todo sobre php, 2011) es el acrónimo de *Hipertext Preprocesor*. Es un lenguaje de programación del lado del servidor gratuito e independiente de plataforma, rápido, con una gran librería de funciones y mucha documentación. Las páginas que se ejecutan en el servidor pueden realizar accesos a bases de datos, conexiones en red, y otras tareas para crear la página final que verá el cliente. El cliente solamente recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución de la PHP. Como la página resultante contiene únicamente código HTML, es compatible con todos los navegadores. Es completamente orientado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas con acceso a información almacenada en una Base de Datos. Además, el código fuente escrito en PHP es invisible al navegador y al cliente ya que es el servidor el que se encarga de ejecutar el código y enviar su resultado HTML al navegador. Esto hace que la programación en PHP sea segura y confiable y posee la capacidad de expandir su potencial utilizando la enorme cantidad de módulos.

Css 3 (Hojas de estilos en cascada): ofrece la posibilidad de definir las reglas y estilos de representación en diferentes dispositivos, ya sean pantallas de equipos de escritorio, portátiles, móviles, impresoras u otros dispositivos capaces de mostrar contenidos web. Nos ofrece una gran variedad de opciones muy importantes para las necesidades del diseño web actual. Desde opciones de sombreado y redondeado, hasta funciones avanzadas de movimiento y transformación. (Luca, 2010)

Java Script: es un lenguaje de programación que se puede utilizar para construir sitios Web y para hacerlos más interactivos. Aunque comparte muchas de las características y de las estructuras del lenguaje Java, fue desarrollado independientemente. El lenguaje Javascript puede interactuar con el código HTML, permitiendo a los programadores web utilizar contenido dinámico. (masadelante.com, 1999-2017)

1.5.4. Lenguaje de consultas: SQL

Es un lenguaje de consultas estructuradas estándar e interactivo para la obtención de información desde una base de datos y para actualizarla. Las consultas toman la forma de un lenguaje de comandos que permite seleccionar, insertar, actualizar, averiguar la ubicación de los datos, y más. (TechTarget, 2016)

1.5.5. Gestor de Base de Datos: PostgreSQL

Es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado. Utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando. (Martinez, 2009-2013)

1.5.6. Framework

Doctrine: es una librería para PHP que nos permite trabajar con un esquema de base de datos como si fuese un conjunto de objetos, y no de tablas y registros. Doctrine está inspirado en *Hibernate*, que es uno de los ORM más populares y grandes que existen y nos brinda una capa de abstracción de la base de datos muy completa. La característica más importante es que te da la posibilidad de escribir consultas de base de datos en un lenguaje propio llamado *Doctrine Query Language* (DQL). (Gallardo, 6)

Ext JS: es compatible con casi todos los navegadores conocidos, desde Internet Explorer 6 a la última versión de Google Chrome. Es una librería Javascript que permite construir aplicaciones complejas en Internet. Esta librería incluye:

- Componentes IU del alto performance y personalizables.
- Modelo de componentes extensibles.
- Un API fácil de usar.
- Licencias Open source y comerciales. (Mayori, 2013)

Zend Framework: es un framework *open source* para PHP desarrollado por Zend, empresa encargada de la mayor parte de las mejoras hechas a PHP, por lo que se podría decir que es el framework "oficial". Implementa el patrón MVC, es 100% orientado a objetos y sus componentes tienen un bajo acoplamiento por lo que los puedes usar en forma independiente. (Souto, 2010)

ZendExt: es una extensión del framework Zend realizada por el centro Unidad de Compatibilización de la Información para la Defensa (UCID) con el fin de adaptar algunos componentes del mismo a las características y particularidades del desarrollo de software en dicho centro. Las modificaciones llevadas a cabo se centran en los procesos de autenticación, autorización y gestión de las sesiones de usuarios. Además, se trabajó en la configuración, gestión de trazas, tratamiento de excepciones, transacción, notificaciones y validación. (Proceso de Desarrollo y Gestion de Proyectos de Software, 2012)

Zeolides: está constituido por las mejores características y funciones de los cuatro frameworks anteriores (Zend Framework, Ext JS, Doctrine, ZendExt), es un conjunto de librerías, herramientas, tecnologías y componentes de software integrados en un marco de trabajo para desarrollar aplicaciones de múltiples propósitos, gran tamaño y volúmenes de datos.

1.5.7. Patrones utilizados para el desarrollo del sistema

Durante el desarrollo del sistema se utilizaron varios patrones de diseño con el objetivo de cumplir con los principios o reglas de diseño. Un patrón es una descripción del problema y la esencia de su solución, que se puede reutilizar en casos distintos, estos ayudan a estandarizar el código, lo que hace que el diseño sea más comprensible para otros programadores.

El diseño de la solución propuesta para el submódulo Análisis Multicriterio del SAPGAE se rige por el empleo de diferentes patrones implementados en el Marco de Trabajo Zeolides.

Capítulo 1

Marco Teórico Referencial

Según (Hurtado Sola) Zeolides implementa un estilo arquitectónico híbrido, combina el estilo arquitectónico N-Capas y el MVC, tomando lo mejor de los dos, divide la funcionalidad de una aplicación en 3 componentes fundamentales: modelo, vista y controlador y a su vez divide la arquitectura de la aplicación en capas: presentación, negocio, acceso a datos y datos.

Otro elemento de su estilo arquitectónico es la incorporación de requerimientos no funcionales a las aplicaciones sin necesidad de modificar el código de la aplicación utilizando los principios de la programación orientada a aspectos (AOP).

Y por último y no menos importante el uso de inversión de control (IoC) para separar las responsabilidades de una aplicación en componentes, integrando estos a través de contratos bien definidos sin necesidad de instanciar directamente sus clases o conocer sus implementaciones, esto nos permite sentar las bases para el desarrollo de software basado en componentes.

Arquitectura por capas: tiene como objetivo principal la separación de las partes que componen el sistema es decir separa la lógica de negocios, la capa de presentación y la capa de datos. De esta forma permite crear diferentes interfaces sobre el sistema sin tener que cambiar la capa de datos o lógica.

Modelo Vista Controlador (MVC): separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de la interfaz de usuario y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones. Para ello MVC propone la construcción de tres componentes distintos que son el **modelo**, la **vista** y el **controlador**, es decir, por un lado, define componentes para la representación de la información, y por otro lado para la interacción del usuario. Este patrón de arquitectura de software se basa en las ideas de reutilización de código y la separación de conceptos, características que buscan facilitar la tarea de desarrollo de aplicaciones y su posterior mantenimiento.

- **Abstract Factory** (fábrica abstracta): permite trabajar con objetos de distintas familias de manera que las familias no se mezclen entre sí y haciendo transparente el tipo de familia concreta que se esté usando. El problema a solucionar por este

patrón es el de crear diferentes familias de objetos, como por ejemplo la creación de interfaces gráficas de distintos tipos (ventana, menú, botón, etc.).

Front-Controller: obliga a que todas las peticiones hechas a la aplicación pasen por un controlador. El controlador proporciona un punto de entrada único que controla y gestiona las peticiones web realizadas por los clientes.

Factory Method (método de fabricación): centraliza en una clase constructora la creación de objetos de un subtipo de un tipo determinado, ocultando al usuario la casuística, es decir, la diversidad de casos particulares que se pueden prever, para elegir el subtipo que crear. Parte del principio de que las subclasses determinan la clase a implementar.

Singleton (instancia única): garantiza la existencia de una única instancia para una clase y la creación de un mecanismo de acceso global a dicha instancia. Restringe la instanciación de una clase o valor de un tipo a un solo objeto.

- **Facade** (Fachada): Provee de una interfaz unificada simple para acceder a una interfaz o grupo de interfaces de un subsistema.
- **Observer** (Observador): Define una dependencia de uno-a-muchos entre objetos, de forma que cuando un objeto cambie de estado se notifique y actualicen automáticamente todos los objetos que dependen de él.

Comando: Este patrón permite solicitar una operación a un objeto sin conocer realmente el contenido de esta operación, ni el receptor real de la misma. Para ello se encapsula la petición como un objeto, con lo que además se facilita la parametrización de los métodos.

- **Patrones de Acceso a Datos:** Estos patrones brindan diferentes posibilidades de estrategias de accesos a las bases de datos. El acceso a los datos es un elemento importante y muy delicado en los proyectos. El uso de estos reduce el tiempo de desarrollo y mejora el mantenimiento de la capa de datos después de estar desplegado. Ejemplo de estos patrones son:

- **Patrón *Active Record*** (Uso de *Doctrine_Record*). Se puede entender como un objeto que no transporta solamente datos sino también el comportamiento, es decir deposita la lógica sobre su persistencia.
- **Patrón *Query Object*** (Uso de *Doctrine_Query*). Un objeto que representa una consulta de base de datos que será utilizado para los SQL dinámicos.
- **Patrón *Repository*** (Uso de *Doctrine_Record* y *Doctrine_Table*). Un repositorio realiza las tareas de intermediario entre las capas de modelo de dominio y mapeo de datos, y actúa de forma similar a una colección en memoria de objetos del dominio. Conceptualmente un repositorio encapsula a un conjunto de objetos almacenados en la base de datos y las operaciones que sobre ellos pueden realizarse, y proveen de una forma más cercana a la orientación, a objetos de la vista de la capa de persistencia.
- **Unidad de Trabajo** (Uso de *Doctrine_Collection*). Grafo de objetos creados o manipulados, que almacena coherentemente los datos.
- **Patrón *Data Mapper*** (ORM). Tiene como objetivo separar las estructuras de los objetos, las estructuras de los modelos relacionales y realizar la transferencia de datos entre ambos. Cada tabla en la base de datos se representa en una clase y un objeto de esa clase representa una fila en la tabla. Se utiliza en sistemas para evitar tipos de ataques como pueden ser las inyecciones SQL y facilita el mantenimiento del código debido a la correcta ordenación de la capa de datos, hace que el mantenimiento del código sea mucho más sencillo. La aplicación gana en abstracción y reutilización de código.
- **Patrón *Foreign Key Mapping***: Establece las relaciones entre objetos.

Patrones de diseño seguro:

- **Web SSO** (*Web Single Sign On*): tiene como objetivo garantizar que los usuarios de cualquier organización solo tengan que autenticarse una única vez para acceder a los diferentes servicios de la misma evitándoles memorizar varias cuentas de usuarios y contraseñas.

- **Role Based Access Control (RBAC):** Es un enfoque basado en el concepto de rol para implementar políticas de control de acceso y su intención es lograr un control de acceso más granular, donde las asignaciones usuario-rol y permiso-rol permiten que un usuario pertenezca a varios roles simultáneamente y que un rol posea múltiples usuarios.
- **Validador-Interceptor:** Garantiza que los datos provenientes de cualquier entidad externa, cumplan con un conjunto de reglas de sintaxis, tipo de dato, longitud y negocio
- **Escape de las salidas:** Evita que, caracteres o información de control presentes en los datos, tengan un significado especial para el intérprete hacia el que van dirigidos.
- **Punto único acceso:** Definir un punto único de acceso hacia la aplicación donde sea posible aplicar diferentes medidas de seguridad con el objetivo de ejercer un mejor control de las comunicaciones hacia y desde la misma.

1.6. Algoritmo de análisis multicriterio: Saaty

En esta investigación se ha utilizado el método Saaty dentro de la metodología de toma de decisiones multinivel AHP (*Analytic Hierarchy Process*) como un instrumento de decisión multicriterio en el interés de trasladar la realidad percibida por el experto a una escala de razón, en la que se reflejen las prioridades relativas de los elementos considerados.

Este método posibilita que el proceso de toma de decisiones se estructure un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de una jerarquía de atributos.

El fundamento de la propuesta de Saaty (1980) se basa en que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas (gracias a lo cual se puede medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende). Para la realización de las comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica, que va desde uno hasta nueve.

1.7. Conclusiones del capítulo

Luego de realizar un análisis del objeto de estudio de la investigación, los antecedentes, las herramientas y metodología utilizadas se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Permitió una mejor comprensión del objeto de estudio, estableciendo las bases para las siguientes fases de la investigación.
2. Los sistemas existentes no cumplen con las políticas establecidas por el país en cuanto al empleo de software libres, ni responden a las exigencias del CITMA.
3. Se corroboró la necesidad de diseñar el sistema para solucionar los problemas existentes, al tomar como base que las variantes existentes son costosas.
4. La combinación de herramientas, tecnologías y la metodología de desarrollo de software establecida por la XETID, es la apropiada para la realización del sistema ya que resuelve la situación problemática planteada en la investigación.

Capítulo 2: Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

2.1. Introducción

Este capítulo describe las características bajo las cuales operará el sistema a implementar, en correspondencia con la metodología seleccionada. Comprende la definición de requisitos funcionales y no funcionales, así como los diagramas de componentes, clases y secuencia y despliegue. Se describe la aplicación de la metodología de toma de decisiones AHP y el algoritmo Saaty como parte esencial de la propuesta.

2.2. Modelo de dominio

Atendiendo a las necesidades de las empresas de su gestión ambiental surge SAPGAE, el sistema automatizado para la gestión ambiental empresarial y teniendo en cuenta la pluralidad de clientes al cual está destinado y las particularidades de cada uno se desarrolla en lugar del modelo de negocio un modelo de dominio que muestra al desarrollador las clases conceptuales significativas asociadas al objeto de estudio.

Según (Tecnología y Sinergix, s.f.) el modelo de dominio o conceptual es un artefacto de la disciplina de análisis, construido con las reglas de UML durante la fase de concepción, presentado como uno o más diagramas de clases y que contiene, no conceptos propios de un sistema de software sino de la propia realidad física.

2.2.1. Reglas del dominio

En aras de que el sistema a desarrollar cumpla con las características deseadas y responda a las necesidades detectadas por el equipo de trabajo, se definen una serie de reglas que regirán el proceso de desarrollo en todo momento.

- **Regla 1:** Un análisis multicriterios debe ser realizado por un especialista.
- **Regla 2:** Un especialista puede realizar uno o varios análisis multicriterios.
- **Regla 3:** Un análisis multicriterio puede ser modificado solo por el especialista que lo realizó.

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

- **Reglas 4:** Un análisis multicriterio puede ser eliminado solo por el especialista que lo realizó.
- **Regla 5:** El especialista debe insertar las medidas y los criterios para el análisis.
- **Reglas 6:** Las medidas y los criterios insertados por un especialistas pueden ser usadas por otros especialistas.r

2.3. Captura de requisitos

A través de la captura de requisitos se recopila la información y se transforma en un conjunto de requerimientos que son los que darán límite al alcance del sistema. Estos requisitos pueden ser funcionales y no funcionales. Los requisitos funcionales especifican los servicios o funciones que proveerá el sistema, mientras que los no funcionales definen las restricciones que tendrá este, las cuales limitan las elecciones para construir una solución.

2.3.1. Requisitos funcionales

1) Análisis Multicriterio

- R1. Adicionar análisis.
- R2. Modificar análisis.
- R3. Eliminar análisis.
- R4. Imprimir reporte de análisis.

1.1 Alternativas

- R1. Adicionar alternativa.
- R2. Modificar alternativa.
- R3. Eliminar alternativa.

1.2 Criterios

- R1. Adicionar criterio.

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

R2. Modificar criterio.

R3. Eliminar criterio.

2.3.2. Requisitos no funcionales

- **Usabilidad:** El sistema debe tener un diseño de fácil acceso para personas con un conocimiento básico de informática, contando siempre con una ayuda para facilitar un mejor aprovechamiento por parte de los usuarios de sus funcionalidades.
- **Confiabilidad:** Debe contar con un respaldo eléctrico y un mecanismo para el restablecimiento del sistema ante fallas de comunicación u otros.
- **Rendimiento:** Se establecen parámetros como velocidad de procesamiento, eficiencia, precisión y disponibilidad del sistema.
- **Soporte:** Debe contar con un paquete de instalación y un servidor de bases de datos que soporte grandes volúmenes de información.
- **Seguridad y privacidad:** El usuario debe autenticarse para acceder al sistema, dependiendo del nivel de acceso se presentarán las interfaces para cada usuario. El sistema cuenta con un mecanismo de protección de la información de accesos no autorizados ni divulgación.
- **Legales:** El sistema deberá cumplir con la norma ISO 14001, la metodología del CITMA y la Ley 81 del Medio Ambiente.
- **Apariencia o interfaz externa:** El sistema deberá tener una apariencia amigable, legible y de fácil acceso para el usuario. Debe estar asociado al objetivo de la organización que lo empleará. El nivel profesional del proyecto debe estar acorde al desarrollo de las aplicaciones web actuales.
- **Ayudas y documentación en línea:** El sistema deberá contar con una ayuda integrada con el objetivo de facilitar al usuario su utilización.

Con respecto a las prestaciones físicas, se establecieron las siguientes:

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

Tabla 2.1 Requisitos no funcionales

| | Software | Hardware |
|-----------------|---|---|
| Cliente | Navegador Mozilla Firefox | Tarjeta de red Impresora |
| | Sistema operativo: Linux NOVA | Procesador Pentium III a 133GHz con 256 Mb de memoria RAM |
| Servidor | servidor WWW Apache v2.0 o superior con módulo PHP5 disponible, debe estar configurado con las extensiones PDO, PDO_pgsql, pgsql y soap | Procesador Pentium IV a 3.0GHz y 1Gb de memoria RAM |
| | Gestor de base de datos: Postgresql v8.0 o superior | Al menos 40Gb de espacio libre en disco duro |
| | HTML-5 (estable) | Restricciones en diseño e implementación: Cumplirá con los estándares requeridos, se utilizará PHP para la implementación, se utilizará el framework Zeolides 2.0 |
| | Java Script-1.8.2. | |
| ExtJS-4.3. | | |

Fuente: *Elaboración propia.*

2.4. Modelo de datos

El modelo físico de la base de datos del submódulo análisis multicriterio del SAPGAE se muestra en la Ilustración 2.1.

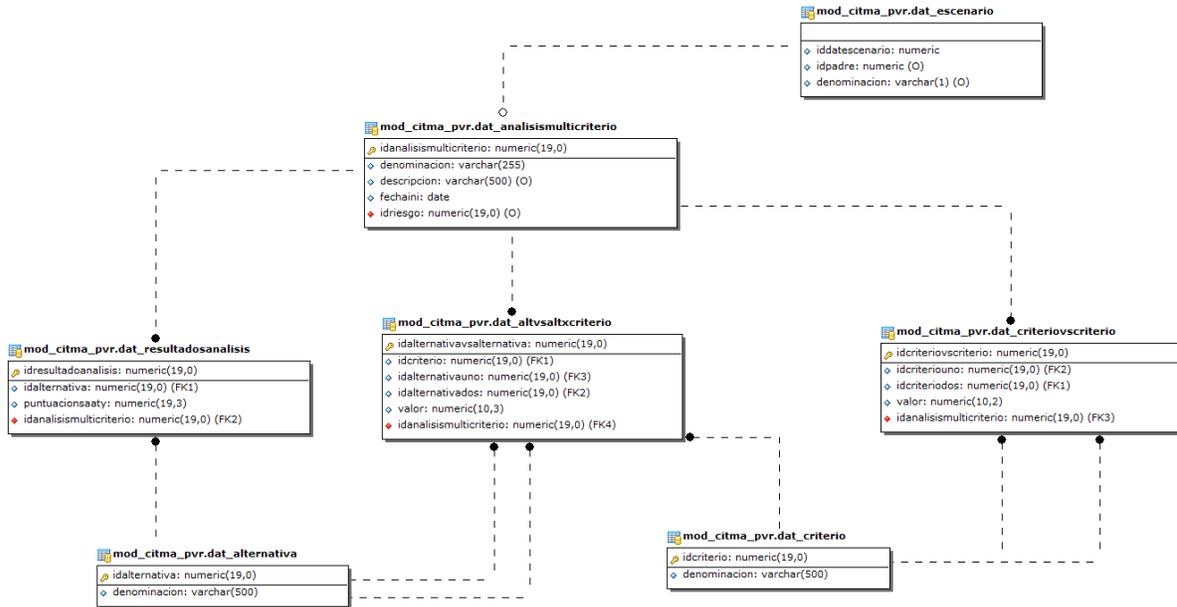


Ilustración 2.1 Modelo de Datos

Fuente: *Elaboración propia.*

2.4.1. Diagrama de componentes

El diagrama de componentes es un tipo especial de diagrama de clases que se centra en los componentes físicos del sistema. En este esquema se muestran los componentes y subsistemas, así como su organización y dependencias lógicas dentro del sistema. El diagrama de componentes general del submódulo Análisis Multicriterio se muestra en la ilustración 2.2.

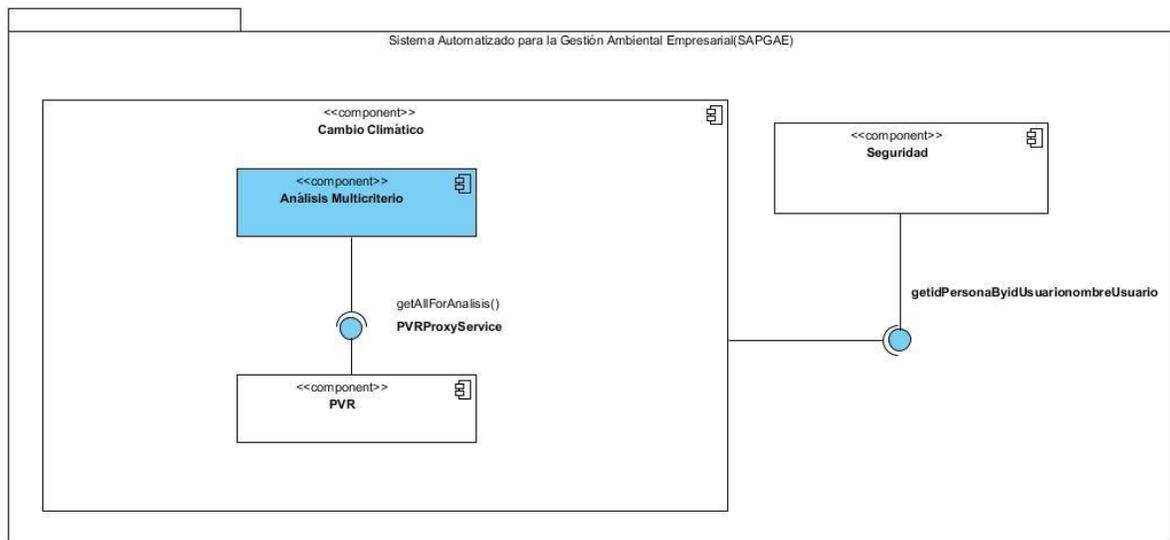


Ilustración 2.2 Diagrama de Componentes

2.4.2. Mecanismo de diseño

El mecanismo de diseño consiste en la realización de un diagrama de clases genérico mostrado en siguiente figura que agrupa un conjunto de clases del diseño, subsistemas del modelo de diseño y colaboraciones con el objetivo de minimizar el trabajo y hacerlo de forma más eficiente agrupando todas las funcionalidades y responsabilidades comunes de las clases. El mecanismo de se muestra en la ilustración 2.3.

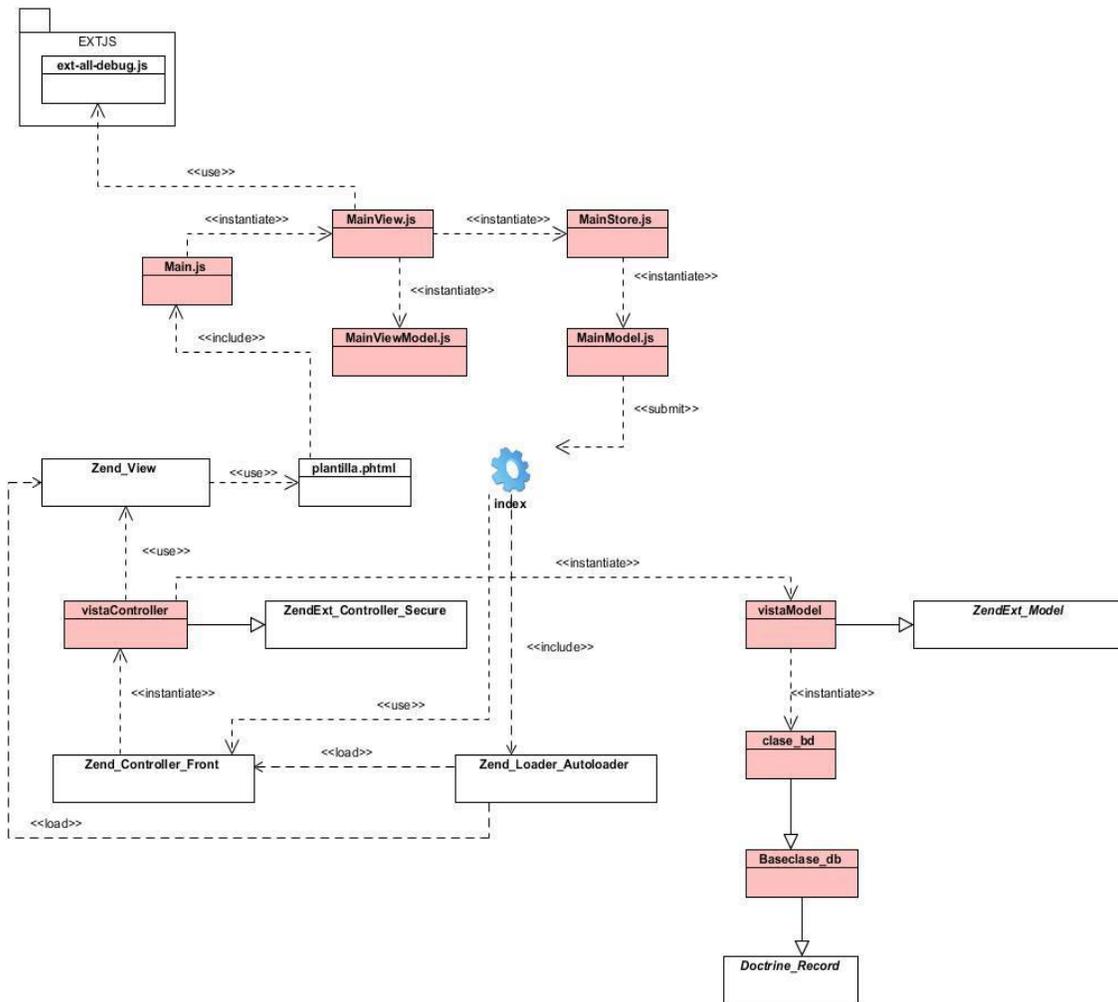


Ilustración 2.3 Diagrama de Mecanismo de diseño

2.4.3. Diagrama de clases web

En el diagrama de clases de diseño se muestran de manera estática la estructura del sistema conformado por las clases con sus funciones y las relaciones entre ellas, con el objetivo de crear el diseño conceptual de la información que se manejará en el sistema, así como los componentes encargados del funcionamiento y la relación entre ellos. En la ilustración 2.4 se muestra el diagrama de clases del diseño web del submódulo Análisis multicriterio.

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

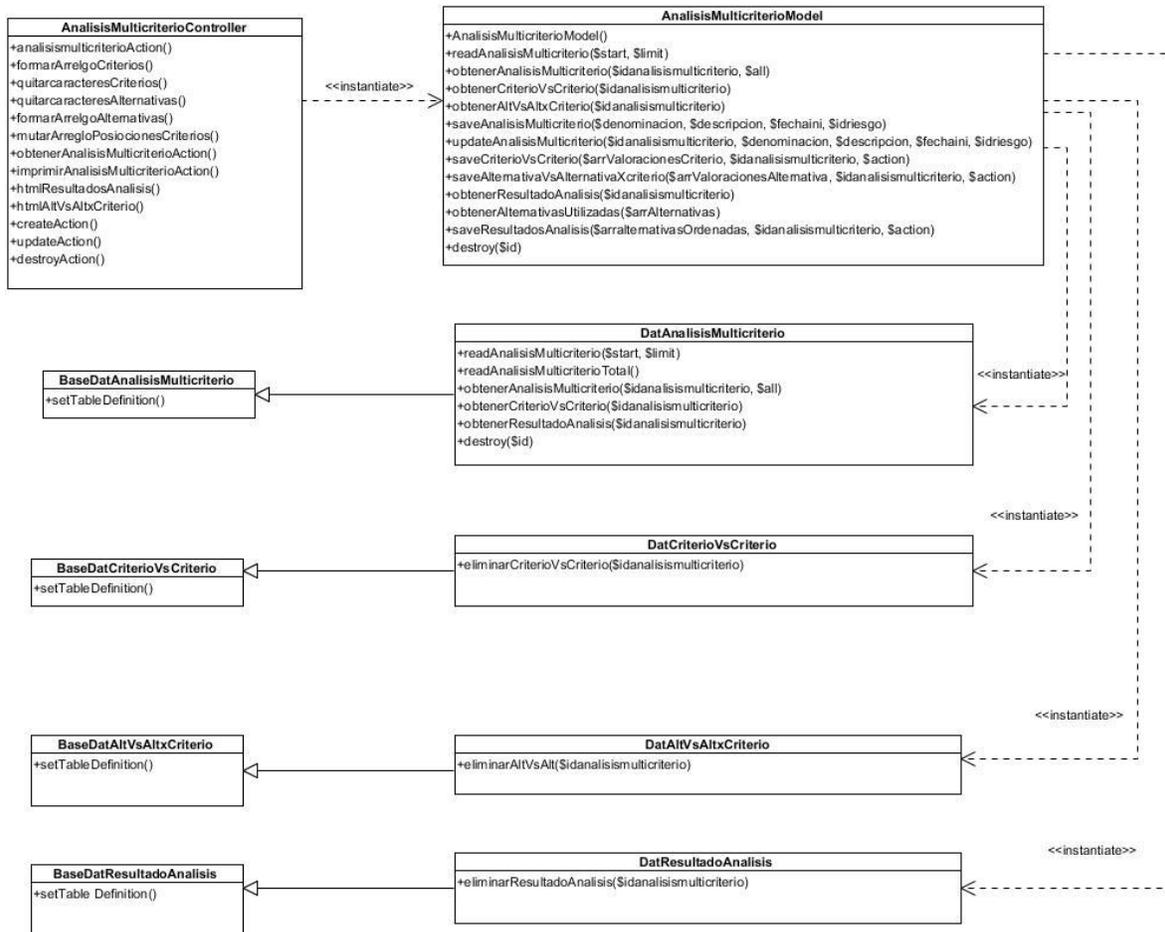


Ilustración 2.4 Diagrama de clases

2.4.4. Diagrama de secuencia

El diagrama de secuencia es una descripción de cada una de las funciones de la interfaz del sistema donde se muestran detalles de la implementación, incluyendo los objetos y clases que se usan para implementar el escenario y mensajes intercambiados entre los mismos. Se realizó un diagrama de secuencia por cada acción de los requisitos funcionales, ver Anexo 1. En la figura 2.5 se muestra el diagrama de secuencia de la función Adicionar análisis multicriterio.

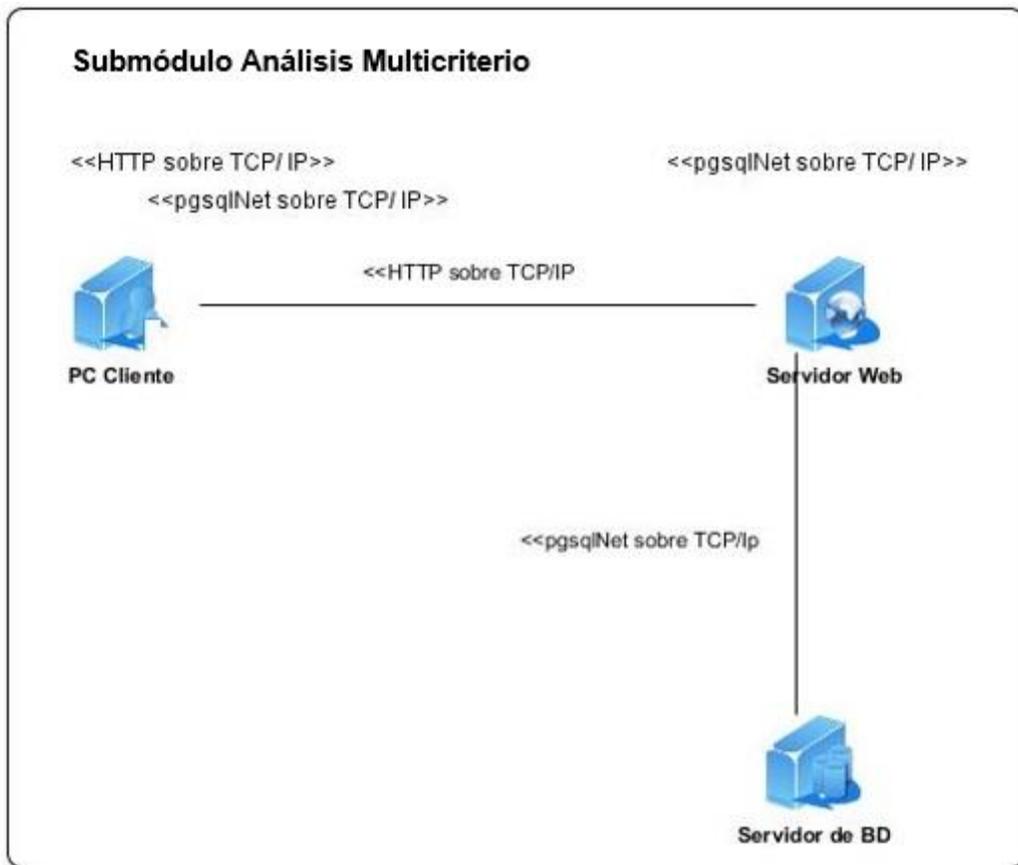


Ilustración 2.6 Diagrama de despliegue

2.5. Seguridad

La seguridad en aplicaciones web, es de suma importancia ya que garantiza el buen funcionamiento y la integridad del mismo, la misma se encuentra relacionada con la lógica, la escritura de código y el contenido de una aplicación web. El sistema consta con mecanismos de autenticación de usuario para garantizar que el mismo es la persona autorizada a acceder a la aplicación, el encargado de realizar todas estas operaciones es el Sistema de Gestión Integral de Seguridad, Quarseg, quien es un componente horizontal del marco de trabajo Zeolides.

2.6. Tratamiento de errores

El tratamiento de errores en la aplicación web a desarrollar, se realizará a la hora de programar del lado del cliente, con la utilización del lenguaje de programación Java Script, el cual posibilita validar los elementos antes de que el usuario los envíe

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

al servidor. Con Java Script se podrá validar que el usuario llene todos los campos obligatorios de un formulario, se podrá comprobar que el formato de un campo sea el definido y se comprobará además que no se sobrepasa la longitud, número de líneas o tamaño de la entrada de datos. De esta forma se reduce la cantidad de transacciones que se efectúan a través del protocolo http y las posibilidades de que se genere un error durante la inserción de datos. Estas validaciones que se realizarán del lado del cliente no sustituyen a la validación que deberá realizarse, por motivos de seguridad, en la aplicación del servidor que recibe la información. Un ejemplo se puede ver en la ilustración 2.6.

```
{
  xtype: 'textfield',
  fieldLabel: 'Denominación',
  id: 'idtxtdenominacion',
  labelAlign: 'top',
  enableKeyEvents: true,
  allowBlank: false,
  padding: 5,
  anchor: '100%',
  regex: /^[a-zA-Z0-9\sÁÉÍÓÑáéíóñ]+?([a-zA-Z0-9\sÁÉÍÓÑáéíóñ,]*)$/,
  regexText: 'El valor de este campo no es válido.',
  blankText: 'Este campo es obligatorio.',
  name: 'denominacion',
  flex: 1
},
```

Ilustración 2.7 Expresión regular para la validación del campo denominación.

2.7. Algoritmo Saaty

En los últimos años el método Saaty ha sido muy utilizado en varias de las más grandes empresas gracias a la veracidad y efectividad de sus resultados por encima de cualquier otro método de análisis multicriterio.

Básicamente, el método traslada la realidad percibida por el experto a una escala de razón, en la que se reflejen las prioridades relativas de los elementos considerados, dicho método posibilita que el proceso de toma de decisiones se estructure en forma visual, mediante la construcción de una jerarquía de atributos, la cual contiene como mínimo tres niveles como se muestra en la ilustración 2.7

- El propósito o el objetivo global del problema.

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

- Las alternativas que concurren en el análisis.
- Los distintos atributos o criterios que definen las alternativas.

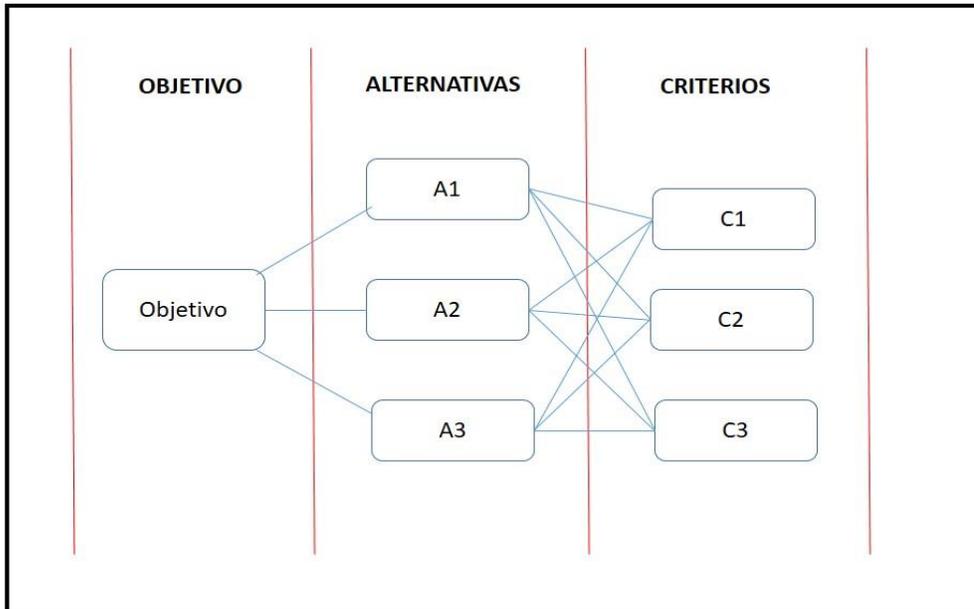


Ilustración 2.8 Diagrama de jerarquía de atributos del método saaty.

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones por pares entre dichos elementos (criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas que intervienen en el proceso de decisión.

Las alternativas determinadas, $A=\{A1, A2...Am\}$, del cual se conoce además su evaluación sobre cada uno de los atributos, $X1, X2,...Xn$, de carácter cuantitativo o cualitativo y que se representa a través de la denominada matriz de decisión (ilustración 2.8).

| | | | | | | |
|-------|----------|----------|-----|----------|-----|----------|
| | X_1 | X_2 | ... | X_j | ... | X_n |
| A_1 | x_{11} | x_{12} | ... | x_{1j} | ... | x_{1n} |
| A_2 | x_{21} | x_{22} | ... | x_{2j} | ... | x_{2n} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A_i | x_{i1} | x_{i2} | ... | x_{ij} | ... | x_{in} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A_m | x_{m1} | x_{m2} | ... | x_{mj} | ... | x_{mn} |

Ilustración 2.9 Matriz de decisión

A partir de la matriz de decisión representada en la ilustración 2.8 es posible expresar que x_{ij} es el resultado alcanzado por la alternativa A_i , $j=1, \dots, n$. Asimismo, a partir de los valores preferidos por el tomador de decisiones (sobre cada uno de los atributos), se puede formar la alternativa presuntamente ideal.

La información que se demanda del tomador de decisiones es una matriz cuadrada que contiene comparaciones pareadas de alternativas o criterios, sobre la base de una escala numérica, que va desde uno hasta nueve, utilizando la escala de Saaty expuesta en la ilustración 2.9

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

| Escala numérica | Escala verbal |
|-----------------|--|
| 1 | Ambos criterios o elementos son de igual importancia |
| 3 | Débil o moderada importancia de uno sobre el otro |
| 5 | Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro |
| 7 | Importancia demostrada de un criterio sobre otro |
| 9 | Importancia absoluta de un criterio sobre otro |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores |
| 2 | Entre igualmente y moderadamente preferible |
| 4 | Entre moderadamente y fuertemente preferible |
| 6 | Entre fuertemente y extremadamente preferible |
| 8 | Entre muy fuertemente y extremadamente preferible |

Ilustración 2.10 Escala saaty para la asignación de comparaciones

Fuente: Saaty (1994b).

La matriz de comparaciones pareadas contiene comparaciones alternativas o criterios. Si suponemos una matriz A de dimensión nxn, con los juicios relativos sobre los atributos o criterios, y aij es el elemento (i, j) de A, para i = 1, 2,... n, y, j=1, 2,... n. Entonces se puede decir que A es una matriz de comparaciones pareadas de n criterios, si aij es la medida de la preferencia del criterio de la fila i cuando se compara con el criterio de la columna j. Cuando i=j, el valor de aij será igual a 1, pues se está comparando el criterio consigo mismo.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \text{ se cumple que:}$$

$$a_{ij} \cdot a_{ji} = 1: A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

En la matriz A todos los elementos son positivos y verifica la siguiente propiedad:

1. Reciprocidad: si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que: $a_{ij}=1/a_{ji}$, para todas $i, j=1, 2, \dots n$.

A cada celda de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty. Las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de la diagonal formada por el valor 1 tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de la diagonal como muestra la ilustración 2.10

Paso # 4 Comparación paritaria de los criterios considerados

| Criterios seleccionados | | | | Escala Saaty para la asignación de valores | |
|-------------------------|-------|-------------------|----------------|--|--|
| Criterio | Costo | Impacto ambiental | Impacto social | Escala numérica | Escala verbal |
| Costo | 1 | 9 | 5 | 1 | Ambos criterios o elementos son de igual importancia |
| Impacto ambiental | 0.111 | 1 | 0 | 3 | Débil o moderada importancia de uno sobre el otro |
| Impacto social | 0.2 | 0 | 1 | 5 | Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre el otro |
| | | | | 7 | Importancia demostrada de un criterio sobre el otro |
| | | | | 9 | Importancia absoluta de un criterio sobre el otro |
| | | | | 2, 4, 6, 8 | Valores intermedios entre dos juicios adyacentes |

Ilustración 2.11 Vista del sistema comparación criterios vs. criterios.

Por otro lado, las prioridades que se ubican en la parte derecha de la matriz y son calculadas automáticamente por el software, incorporando el elemento recíproco en la celda de la matriz que corresponda.

Una vez que se obtiene la matriz de comparaciones pareadas, es posible hacer una síntesis de las prioridades deducidas de cada faceta del estudio, con el interés de obtener prioridades generales y una ordenación de las alternativas. Para tal fin, el software permite combinar todos los juicios o las opiniones, de modo que las alternativas quedan organizadas de la mejor a la peor como demuestra la ilustración 2.11

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

| Detalles del análisis | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Resultados | |
| Nro. | Alternativas de adaptacion |
| 1 | Mudar entidad |
| 2 | Vaciar el mar |
| 3 | Bomba nuclear y acabar con todo |
| 4 | Mudar el poblado |
| 5 | Mudar empresa |
| 6 | Levantar muro |

Ilustración 2.12 Alternativas organizadas de la mejor a la peor.

2.8. Análisis de factibilidad

Para el análisis del costo y beneficios del sistema se utilizó la metodología de Prodesoft donde desde el inicio se estima de forma empírica la duración de la implementación de cada uno de los requisitos, basado en la experiencia del programador en el trabajo con el lenguaje de programación, el entorno de desarrollo, el conocimiento sobre el tema de investigación y las técnicas de programación necesarias para resolver el problema. Para esto es necesario conocer el tiempo de desarrollo de cada requisito y la cantidad de trabajadores que participan para estimar si resulta beneficioso su desarrollo.

2.8.1. Costo

Como se muestra en la tabla 2.2 se obtiene un total de 12 semanas de trabajo en el desarrollo de la solución, que serían aproximadamente tres meses.

Tabla 2.2 Tabla de costo

| No | Nombre del requisito | Prioridad | Complejidad | Tiempo de desarrollo (semanas) |
|----|----------------------------------|-----------|-------------|---|
| 1 | Gestionar Criterios | Alta | Media | 2 |
| 2 | Gestionar Medidas | Alta | Media | 2 |
| 3 | Gestionar Análisis Multicriterio | Alta | Alta | 8 (incluye toda la etapa de investigación) |

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

Para la estimación del costo del módulo se utilizó la fórmula:

Costo= CT*SM*TD, la cual es un submodelo matemático de base empírica desarrollado por Boehm donde:

- CT: cantidad de trabajadores.
- SM: salario mensual.
- TD: tiempo de desarrollo en semanas.

Tomando en consideración que el salario básico promedio de un trabajador es de \$365.00, el cálculo queda de la siguiente forma:

$$\text{Costo} = \text{CT} * \text{SM} * \text{TD}$$

$$= 1 * 365 * 12$$

$$= \$4,380.00$$

El costo de desarrollo del sistema fue \$4380.00 aproximadamente, lo que en materia económica constituye una cifra monetaria relativamente pequeña con respecto a los beneficios que reportará la herramienta desarrollada.

2.8.2. Beneficios tangibles e intangibles

Con el desarrollo del módulo Cambio Climático de SAPGAE, y específicamente el Análisis Multicriterio, se obtienen beneficios económicos por conceptos de contratación a expertos. Los análisis son derivados de las estadísticas y no de la subjetividad de los investigadores.

Con la asistencia de una herramienta informática se propiciará la eliminación de errores en la manipulación y extracción de la información, las diferencias de criterios entre los diversos expertos y las pérdidas ocasionales de información estadísticamente significativa.

Análisis, Diseño y Desarrollo de la Solución Propuesta

Lo anteriormente planteado deriva en facilitar la actividad de las personas que intervienen en él, elevando la eficiencia, disminuyendo el margen de error y aumentando las posibilidades de análisis para la toma de decisiones.

2.8.4. Análisis del costo y beneficios

En resumen, se evidencia que el desarrollo de la solución propuesta es factible, ya que el balance costo/beneficio es equilibrado, con predominio de los beneficios respecto al costo. Además, es válido aclarar que el producto de software obtenido (SAPGAE) se comercializa por la Xetid, por lo que a largo plazo los ingresos que esta herramienta reportará superarán a los gastos de desarrollo.

2.9. Conclusiones del capítulo

Luego de describir la propuesta de solución al problema científico de esta investigación se concluye que:

1. Una correcta elaboración del modelo de dominio permite al desarrollador tener una visión general de los principales conceptos del objeto de estudio.
2. El levantamiento de los requisitos funcionales y su descripción fue fundamental para lograr un diseño más apropiado para la realización del proyecto.
3. El empleo del algoritmo Saaty para el análisis multicriterio permite determinar las medidas de adaptación/mitigación más eficientes.
4. El estudio de la relación beneficio – costo arrojó un estimado del proyecto y se demostró la factibilidad del desarrollo del mismo.

Capítulo 3. Validación de la Solución Propuesta.

3.1 Introducción.

En este capítulo se describe el software desarrollado como resultado de la solución propuesta. Se realizan las pruebas al software con el objetivo de entregarle al cliente un producto totalmente funcional, cumpliendo con todos los requisitos demandados por el mismo y satisfaciendo sus necesidades.

3.2 Descripción del software.

El submódulo Análisis Multicriterio se desarrolló con la finalidad de permitir a las empresas a partir de un conjunto de medidas o alternativas de adaptación tomar la más factible para mitigar los impactos negativos del cambio climático teniendo en cuenta diversos criterios. Las alternativas y los criterios pueden ser además gestionados en uno de los pasos dentro de la gestión del análisis, permitiendo adicionar, modificar y eliminar ambos en caso de que sea necesario.

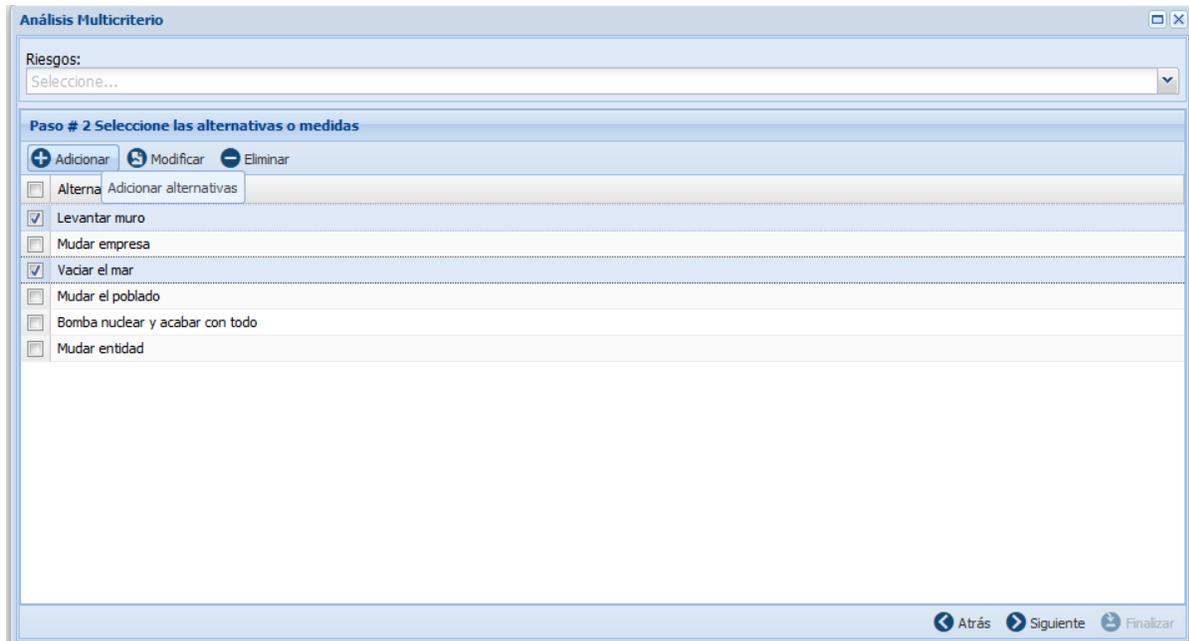


Ilustración 3.13 Interfaz de usuario Seleccionar Alternativas, permite la gestión de las mismas

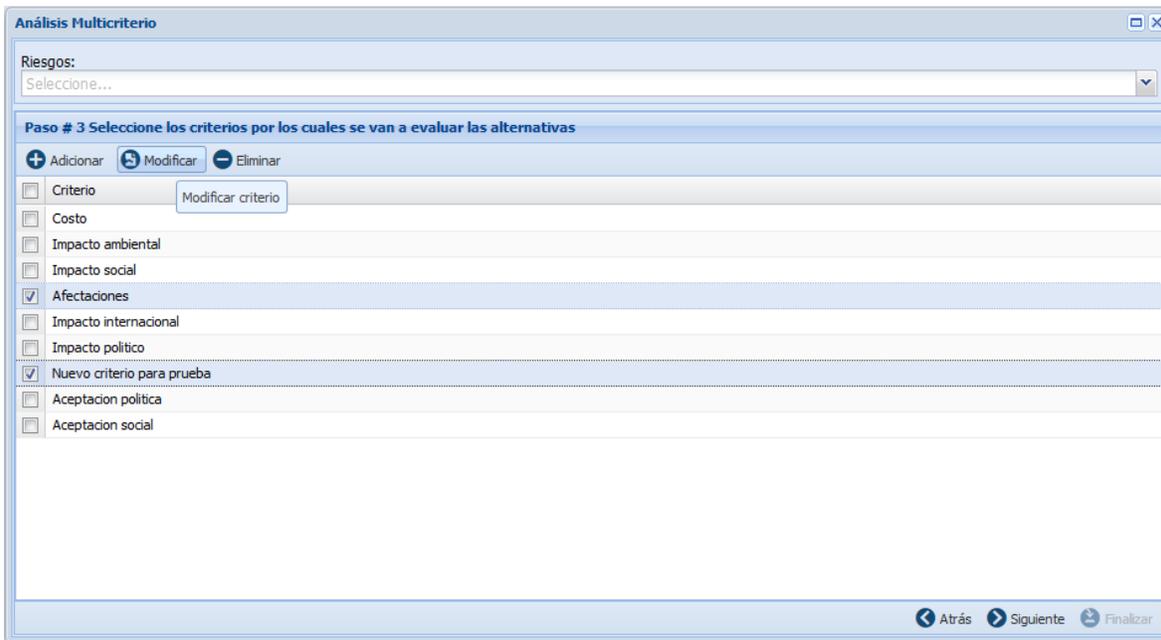


Ilustración 3.14 Interfaz de usuario Seleccionar criterios, permite la gestión de los mismos.

3.3 Pruebas.

La prueba es el proceso de ejecución de descubrir un error, defecto o fallo. Los resultados son observados y registrados, es una evaluación hecha de algún aspecto del sistema o componente. Sus objetivos principales son:

- Probar si el software no hace lo que debería hacer.
- Probar si el software hace lo que no debería hacer.

3.3.1 Métodos empleados para la realización de las pruebas.

Para la realización de las pruebas del software se tuvieron en cuenta varios métodos definidos dentro de las normativas para la liberación del software de la empresa XETID. Se realizaron las pruebas que propone la metodología Prodesoft que son las Pruebas de Aceptación.

Pruebas de aceptación: Las pruebas de aceptación fueron realizadas por los clientes los cuales utilizaron juegos de datos en cada una de las interfaces seleccionadas en este módulo, dado que el módulo funcionó correctamente, con todos los juegos de datos, el cliente demuestra su satisfacción con el producto.

Validación de la Solución Propuesta

En las siguientes ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Aceptación, se muestran las clases de equivalencia para las pruebas funcionales (Adicionar Análisis Multicriterio) y el resumen de casos de pruebas respectivamente.

Tabla 3.3 Clases de equivalencia

| Condición de Entrada | Clases Válidas | Clases Inválidas |
|---|--|---|
| VENTANA #1 DATOS GENERALES DEL ANALISIS | | |
| Riesgo | 1. Se selecciona una de las opciones de Combo box | 2. No se selecciona una de las opciones de Combo box |
| Denominación | 3. Se introduce la denominación del análisis en el textfield | 4. No se introduce la denominación del análisis en el textfield |
| Fecha | 5. Se introduce una fecha en el Datafield | 6. No se introduce una fecha en el Datafield |
| Descripción | 7. Se introduce una descripción en el textarea | 8. No se introduce una descripción en el textarea |
| VENTANA #2 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS | | |
| Alternativas | 9. Se selecciona al menos una alternativa en el gridpanel | 10. No se selecciona al menos una alternativa en el gridpanel |
| VENTANA #3 SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS | | |
| Criterios | 11. Se selecciona al menos un criterio en el gridpanel | 12. No se selecciona al menos un criterio en el gridpanel |

Tabla 3.4 Resumen de casos de prueba

| Clases de Equivalencia | Botón Siguiente | Botón Finalizar | Resultado esperado (Mensaje) |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|

| VENTANA #1 DATOS GENERALES DEL ANALISIS | | | |
|--|---------------|---------------|---|
| 1,3,5,7 | Habilitado | Deshabilitado | ----- |
| 2,4,6,8 | Deshabilitado | Deshabilitado | ----- |
| 2,3,5,8 | Habilitado | Deshabilitado | ----- |
| VENTANA #2 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS | | | |
| 9 | Habilitado | Deshabilitado | ----- |
| 10 | Deshabilitado | Deshabilitado | ----- |
| VENTANA #3 SELECCIÓN DE LOS CRITERIOS | | | |
| 11 | Habilitado | Habilitado | El análisis multicriterio se ha adicionado satisfactoriamente |
| 12 | Deshabilitado | Deshabilitado | ----- |

3.3.2 Diseño de Casos de Pruebas (DCP).

Condiciones de ejecución:

- El usuario ha sido autenticado.
- El usuario selecciona la opción Cambio Climático/Análisis multicriterio

Prueba de aceptación a Análisis multicriterio

Escenario de pruebas:

1. EP # 1 Adicionar análisis multicriterio

1.1. Flujo del escenario

El sistema carga la interfaz Análisis Multicriterio:

1.1.1. Se selecciona la opción Adicionar.

1.1.2. Se muestra la interfaz Adicionar análisis multicriterio compuesta por un wizzard de múltiples ventanas contando en cada una con los pasos del análisis y se llenan los siguientes campos

PASO # 1:

- Riesgo (No obligatorio): Se selecciona si el análisis a realizar es con el fin de mitigar determinado riesgo climático.
- Denominación (Obligatorio): Se introduce la denominación del estudio o análisis a realizar.
- Fecha (Obligatorio): Se escoge la fecha del análisis (por defecto es la del día actual).
- Descripción (No obligatorio): se introduce una breve descripción del análisis.
- Se selecciona la opción Siguiente para pasar a la próxima ventana.

PASO # 2:

- Alternativas (obligatorio al menos una): Se seleccionan las alternativas a tener en cuenta en el análisis de las cuales se quiere conocer cuál es la más factible a aplicar.
- Se selecciona la opción Siguiente para pasar a la próxima ventana.

PASO # 3:

Validación de la Solución Propuesta

- Criterios (obligatorio al menos uno): Se seleccionan los criterios por los cuales se van a medir las alternativas para hacer el análisis.
- Se selecciona la opción Siguiente para pasar a la próxima ventana.

PASO # 4:

- Criterios contra criterios: Se priorizan los criterios introduciendo en el gridpanel en forma de matriz los valores de la escala Saaty situada al lado derecho de la ventana.

El resto de las ventanas y/o pasos se generan de forma dinámica en dependencia de la cantidad de criterios escogidos, donde se priorizan las alternativas contra las alternativas teniendo en cuenta cada uno de los criterios que se escogieron en la ventana # 3.

ULTIMO PASO:

- Se selecciona la opción finalizar, el sistema valida, aplica el método Saaty para el análisis de las alternativas escogidas, guarda los datos en la base de datos, se muestra el siguiente mensaje de información: “El análisis ha sido guardado satisfactoriamente.”. Se cierra la interfaz y se muestra el panel de las alternativas ordenadas en el orden que se dio el algoritmo siendo la primera la mejor y la ultima la menos adecuada para aplicar, sabiendo así el cliente cual es la medida más factible a tomar.

2. EP # 2 Modificar análisis multicriterio

2.1. Flujo del escenario

El sistema carga la interfaz Análisis Multicriterio:

Validación de la Solución Propuesta

2.1.1. Se selecciona el análisis a modificar.

2.1.2. Se presiona la opción modificar.

2.1.3. Se muestra la interfaz Modificar análisis multicriterio

- Se modifica los valores que desee en cada una de las ventanas
- Se selecciona la opción finalizar, el sistema valida, aplica el método Saaty para el análisis de las alternativas escogidas, guarda los datos en la base de datos, se muestra el siguiente mensaje de información: “El análisis ha sido modificado satisfactoriamente.”. Se cierra la interfaz y se muestra el panel de las alternativas ordenadas nuevamente siendo la primera la mejor y la última la menos adecuada para aplicar, sabiendo así el cliente cual es la medida más factible a tomar.

3. EP # 3 Eliminar análisis multicriterio

3.1. Flujo del escenario

El sistema carga la interfaz Análisis Multicriterio:

3.1.1. Se selecciona el análisis a eliminar.

3.1.2. Se presiona la opción eliminar.

3.1.3. Se muestra un mensaje de confirmación: “¿Está seguro que desea eliminar el análisis seleccionado?”.

- Se selecciona la opción Aceptar
- Si se selecciona la opción Cancelar, el sistema cancela las acciones y se cierra el mensaje.
- Se elimina el análisis y se muestra un mensaje de información: “El análisis ha sido eliminado satisfactoriamente.” Se actualiza el

Validación de la Solución Propuesta

listado de análisis multicriterio en la interfaz Gestionar Análisis Multicriterio.

Tabla 3.5 Descripción de variables.

| No. | Nombre del campo | Clasificación | Puede ser nulo | Descripción del campo |
|-----|------------------|---------------|----------------|---|
| 1 | Riesgo | Combo box | Si | No te permite introducir ningún carácter, solo seleccionar de la lista de temáticas adicionadas |
| 2 | Denominación | Textfield | No | Denominación del análisis. Solo se pueden introducir letras. |
| 3 | Fecha | Datefield | No | No te permite introducir ningún carácter, solo seleccionar la fecha específica del inicio del muestreo |
| 4 | Descripción | Textareafield | Si | Breve descripción del análisis a realizar. Se pueden introducción letras, números y caracteres especiales |
| 5 | Alternativas | checkgrid | No | Arreglo de alternativas para realizar el análisis y organizar |
| 6 | Criterios | checkgrid | No | Arreglo de criterios que evalúan las alternativas a priorizar. |

Acción Eliminar

Tabla 3.6: Pruebas de aceptación eliminar Muestreo.

| Id del Escenario | Escenario | Escenarios de Prueba | Respuesta de Sistema |
|------------------|---------------------------------|----------------------|---|
| EP # 3 | Eliminar análisis multicriterio | Eliminar un Análisis | El sistema muestra un mensaje de información: |

Validación de la Solución Propuesta

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> - Se muestra un mensaje de confirmación: “¿Está seguro que desea eliminar el análisis seleccionado?”. - El usuario oprime el botón Aceptar. - El sistema elimina el análisis y muestra un mensaje de confirmación con el texto “El análisis ha sido eliminado satisfactoriamente.” -Se actualiza el listado de análisis multicriterio en la interfaz Gestionar Análisis Multicriterio. |
|--|--|--|--|

3.4 Conclusiones del capítulo.

Una vez validada la propuesta de solución al problema científico de esta investigación a partir de la metodología Prodesoft, y analizado los resultados de la misma a partir de las pruebas de aceptación, se concluye que:

1. Se realizó una descripción detallada del módulo especificando cada uno de sus componentes.
2. Para garantizar una mejor calidad del software fue necesario la realización de las pruebas, las cuales se efectuaron con los métodos establecidos por la empresa XETID, donde los resultados arrojados por las mismas permitieron conocer algunos errores y erradicarlos para así obtener un software de mayor calidad y entregar al cliente un producto que cumpla con sus expectativas.
3. La modelación de todos los procesos que intervinieron durante el desarrollo del sistema proporcionó una visión más completa del producto deseado.

Conclusiones Generales

Como resultado de esta investigación se dio cumplimiento a los objetivos trazados arribando a las siguientes conclusiones:

1. El estudio realizado sobre los antecedentes, el estado actual de la temática, la bibliografía y documentos relacionados con el objeto de estudio, permitió contar con los elementos necesarios para dar solución a la problemática planteada.
2. Los sistemas automatizados encontrados, vinculados al tema no le dan solución al problema planteado ya que no permiten la personalización exigida por el cliente.
3. Se utilizaron las herramientas de software propuestas por XETID.
4. Se implementó el submódulo Análisis Multicriterio del SAPGAE, cumpliendo con el cronograma de desarrollo planteado al inicio de la investigación.
5. Se realizó la estimación del costo de implementación del sistema y el estudio de factibilidad, arrojando como resultado la factibilidad de la realización del sistema informático.
6. Las pruebas aplicadas al sistema permitieron la detección de errores y la pronta corrección de los mismos.
7. La implementación del sistema y la aplicación de las pruebas de validación con resultados satisfactorios demostraron que el software elaborado cumple con los requerimientos especificados constatándose, mediante avales, su aporte práctico a la gestión empresarial cubana.
8. Se obtuvo la documentación del sistema que recoge todas las etapas de desarrollo del software a partir del uso de la metodología PRODESOFTE y el manual de usuario de la aplicación que brinda una detallada explicación sobre su funcionamiento.

Recomendaciones

Desde el punto de vista del alcance del presente trabajo y teniendo en cuenta el tiempo para el desarrollo del mismo, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Realizar los estudios de adaptación en empresas pilotos de nuestra provincia.
2. Valorar incluir el análisis multicriterio para el conceso de varios expertos.
3. Incluir subcriterios en la gestión de los criterios para obtener un ordenamiento más detallado de las alternativas y/o medidas.

Referencias Bibliográficas

- Aplicaciones para la gestión ambiental.* (s.f.). Obtenido de Aplicaciones para la gestión ambiental: www.eco2biz.com
- Canarina Software Ambiental.* (s.f.). Recuperado el 25 de noviembre de 2016, de Canarina Software Ambiental: <http://www.canarina.com/index2.htm>
- Comparacion de herramientas CASE.* (10 de mayo de 2013). Obtenido de Comparacion de herramientas CASE: <http://herramientascasecomparaciones.blogspot.com/>
- eGAM.* (20 de 02 de 2013). Recuperado el 25 de noviembre de 2016, de eGAM: http://www.egambpm.com/wiki/index.php?title=EGAM_Ambiental_ISO14001:_Documentaci%C3%B3n_oficial
- Gallardo, I. (2010 de julio de 6). *Utilizando Doctrine como ORM en php.* Obtenido de Utilizando Doctrine como ORM en php: <http://web.ontuts.com/tutoriales/utilizando-doctrine-como-orm-en-php/>
- Hurtado Sola, E. (s.f.). *Manual de usuario. Marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones web. Versión 2.0.*
- Luca, D. D. (23 de noviembre de 2010). *CSS3 y HTML5 Los nuevos estándares para el diseño y desarrollo web y Móvil.* Obtenido de CSS3 y HTML5 Los nuevos estándares para el diseño y desarrollo web y Móvil.: <http://html5.dwebapps.com/que-es-css3/>
- Martinez, R. (2009-2013). *Postgresql-es.* Obtenido de Postgresql-es: www.postgresql.org.es/sobre_postgresql
- masadelante.com.* (1999-2017). Obtenido de masadelante.com: <http://www.masadelante.com/faqs/javascript>
- Mayori, M. (noviembre de 2013). *Fundamentos de Ext JS.* Obtenido de Fundamentos de Ext JS: <https://www.udemy.com/ext-js-fundamentos/>
- (2012). *Proceso de Desarrollo y Gestion de Proyectos de Software.* La Habana.
- (2012). *Proceso de Desarrollo y Gestión de Proyectos de Software(Versión 1.5).*
- Salinas Caro, P., & Histchfeld K, N. (s.f.). *Tutorial UML.* Obtenido de Tutorial UML: <http://users.dcc.uchile.cl/~psalinas/uml/introduccion.html>

Referencias Bibliográficas

- Sanz, D. (2010). Pruebas de aceptación en Sistemas Navegables. *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, 47-55.
- slideshare. (2017). Obtenido de slideshare:
<https://es.slideshare.net/guestf131a9/herramientas-case>
- Sola, E. (2014). *Marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones web. Plataforma para el desarrollo Zeolides.*
- Souto, R. (18 de mayo de 2010). *maestros del web*. Obtenido de maestros del web: <http://www.maestrosdelweb.com/guia-zend/>
- TechTarget. (2016). Obtenido de TechTarget:
<http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/SQL-o-lenguaje-de-consultas-estructuradas>
- Tecnología y Sinergix. (s.f.). Recuperado el 25 de 11 de 2016, de Tecnología y Sinergix: <https://synergix.wordpress.com/2008/07/10/modelo-de-dominio/>
- Todo sobre php. (04 de abril de 2011). Obtenido de Todo sobre php:
<http://klarimartinezbenjumea.blogspot.com/2011/04/ventajas-y-desventajas.html>