

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Matemática, Física y Computación



SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE DATOS DEL VIENTO

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO ACADÉMICO DE
MÁSTER EN INFORMÁTICA PARA LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL**

Autor: Ing. Edgar Nuñez Torres.

Tutores: Dr.C. Carlos Pérez Risquet

MSc. Roiky Rodríguez Noa

Santa Clara, 2014

Pensamiento

... la información es un bien público global que no se gasta cuando se consume, sino que se enriquece cuando se comparte.

Dedicatoria

A mis padres, a quienes más quiero.

A mi familia.

Edgar Nuñez Torres

Agradecimiento

Quiero agradecer a mis padres, que me dieron la vida, la guía, el apoyo, la confianza, la voluntad y la fuerza para luchar por lograr mis sueños. Dos seres a los cuales agradezco por existir, por confiar en mí, por no cansarse, por estar siempre, por ser sencillamente como son conmigo, especiales.

A mi hermano por ser mi mejor apoyo y guía en todo, quiero que sepas que estoy muy orgulloso de ti, sigue adelante y no te detengas.

A mi tío Rider por esforzarse tanto por mí y por contribuir tanto en mi formación profesional.

Al resto de mi familia por el apoyo que me han dado.

A mis tutores por su gran esfuerzo en que todo saliera adelante y por ayudarme en todo.

A Adrián, Miguel Ángel, Aliet, Rayko, Oscar, Yanet, Magbys, Maikel, Katiuska, Yadira siempre me brindaron su apoyo cada vez que los necesité.

Al grupo y claustro de profesores de la MIGM.

A mis compañeros de trabajo del ISMMM por su aporte.

Edgar Nuñez Torres

Resumen

Dentro del esfuerzo mundial que se realiza por encontrar fuentes de energía alternativas a la obtenida a partir de los combustibles fósiles, capaces de cubrir la demanda creciente de la población y que a su vez contribuyan con el desarrollo sostenible de los países, la energía eólica ha despuntado como una de las principales. En Cuba la instalación de aerogeneradores ha permitido la utilización de este tipo de energía, pero además ha potenciado los estudios en el aprovechamiento eficiente de la misma. En este contexto es muy demandado por investigadores, los datos registrados por las estaciones meteorológicas móviles que monitorean los parámetros de viento (velocidad y dirección). Esto plantea la problemática de garantizar la disponibilidad y fiabilidad de estos datos, así como la interpretación de la información que se puede extraer de ellos. Esta investigación describe una aplicación informática, que permite darle solución a la problemática anterior, para el desarrollo de la misma se utilizó la metodología OpenUP y por las características donde se va a desplegar el sistema se utilizó una distribución “The Broker”, esto determinó la utilización de tecnologías y herramientas para la construcción de una aplicación intermedia, ejecutada en un ambiente de escritorio y una aplicación web para la divulgación de los parámetros de viento y gráficos representativos de la información contenida en dichos parámetros para un mejor análisis de los mismos.

Abstract

Among the global effort made to find alternative sources they obtained from fossil fuels, able to cover the growing demand of the population, to which in turn contribute to the sustainable development of countries, energy wind power has dilled as one of the main. In Cuba, the installation of wind turbines has allowed the use of this type of energy, but also it has promoted studies on its efficient use. In this context, it is highly demanded by researchers, the data registered by mobile weather stations that monitor wind parameters (speed and direction). This expresses the problem of ensuring the availability and reliability of these data and the interpretation of the information that can be extracted from them. This research describes a software application that allows to give solution to the previous problem, for the development of it. It was used the OpenUP methodology and the characteristics where the system is going to be spread out. It was used The Broker distribution, it determines the use of technologies and tools for the construction of an intermediate application, carried out on a desktop environment and a web application for circulate the wind parameters and representative graphics of the information contained in those parameters for a better analysis of them.

Contenido

Introducción	1
Capítulo I. Marco Teórico Referencial de la Investigación	9
Introducción	9
1.1 Fuentes renovables	9
1.1.1 Tendencia actual en el campo de las fuentes renovables	10
1.1.2 Energía eólica.....	11
1.1.3 Impacto medioambiental de la energía eólica	12
1.1.4 Desarrollo de la energía eólica en Cuba.....	14
1.2 Proyectos de inversión de parques de energía eólica	15
1.3 Análisis del recurso eólico	17
1.3.1 El viento	17
1.3.2 Prospección eólica de una región.....	20
1.3.3 Evaluación de los recursos eólicos.....	21
1.4 Representación de los datos del viento	23
1.5 Marco legal que sustenta la investigación.....	25
1.6 Evolución de soluciones informáticas similares vinculadas al objeto de estudio	27
1.7 Gestión de información medioambiental	29
1.8 Sistemas de información	33
1.9 Tecnologías y tendencias para el desarrollo de software	34
1.9.1 Lenguajes de programación	34
1.9.2 Sistema gestor de bases de datos.....	35
1.9.3 Framework para el desarrollo de aplicaciones web	36
1.9.4 Entornos de desarrollo integrados (IDE).....	38

1.9.5 Metodología de desarrollo de software	39
Conclusiones parciales	40
Capítulo II. Desarrollo de la Propuesta de Solución	41
Introducción	41
2.1 Caso de estudio	41
2.2 Análisis del sistema.....	42
2.3 Arquitectura del sistema.....	43
2.4 Actores y casos de uso	45
2.5 Patrones de diseño.....	47
2.6 Diagramas de clases	48
2.7 Diseño de la base de datos	50
2.8 Diagrama de componentes	51
2.9 Diagrama de despliegue	52
Conclusiones parciales	53
Capítulo III. Presentación de los Resultados.....	54
Introducción	54
3.1 Procesamiento de la información	54
3.2 Validación funcional del sistema	56
3.2.1 Subsistema intermedio	56
3.2.2 Subsistema de representación y análisis de datos	59
3.3 Impacto de la propuesta de solución	66
Conclusiones parciales	68
Conclusiones generales	69
Recomendaciones.....	70
Glosario de Términos.....	71

Bibliografías.....	72
Anexos	I
Anexo 1 Diagramas de clases	I
Anexo 2. Potencial Eólico de Holguín (según Mapa de Potencial Eólico en Cuba).....	II
Anexo 3. Registrador de datos	III

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Mapa conceptual de fuentes de energía.	10
Ilustración 2 Componentes de un Sistema de Información.....	33
Ilustración 3 Arquitectura de la aplicación usando el patrón The Broker.....	44
Ilustración 4 Casos de uso del sistema.....	46
Ilustración 5 Diagrama de Clases del Subsistema Intermedio.	49
Ilustración 6 Diagrama de Clases del Subsistema de representación de datos.....	50
Ilustración 7 Modelo de datos.	51
Ilustración 8 Diagrama de Componentes del Sistema.....	52
Ilustración 9 Diagrama de despliegue del sistema.	53
Ilustración 10 Conexión a la base de datos.	57
Ilustración 11 Completamiento de datos faltantes.	58
Ilustración 12 Carga de los datos a la base de datos.	59
Ilustración 13 Sistema de representación de datos.....	60
Ilustración 14 Rosa de los vientos de procedencia del 2007.....	61
Ilustración 15 Rosa de los vientos de potencia del 2007.....	63
Ilustración 16 Histograma de serie de velocidad mensual en el 2007.....	64
Ilustración 17 Histograma de frecuencia de velocidad promedio en el 2007 a una altura de 50m.	65
Ilustración 18 Diagrama de Clase del patrón de diseño Observer	I
Ilustración 19 Diagrama de Clases del patrón de diseño Command	I
Ilustración 20 Implementación del patrón MVC.....	II
Ilustración 21 Potencial eólico de Holguín	II
Ilustración 22 Data logger para estaciones anemométricas.	III

Lista de tablas

Tabla 1.1. Fuerza del viento según la escala de Beaufort, con la velocidad correspondiente.....	18
Tabla 1.2 Fuerza, velocidad, densidad de potencia del viento y sus efectos sobre los aerogeneradores.	19
Tabla 2.1 Actores del sistema	45
Tabla 3.1. Estructura de los datos	54

Introducción

El mundo presenta dos tendencias negativas que influyen en las características socioeconómicas de todos los países: la utilización de combustibles fósiles que provoca altos índices de contaminación medioambiental reflejados en el constante cambio climático y por otra parte, el agotamiento acelerado de estos recursos mantiene en alerta a las organizaciones energéticas mundiales.

En la actualidad un objetivo de primer orden es la producción de energía y su crecimiento sostenido, como medio de garantizar el progreso contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental provocada por el consumo de combustibles fósiles en la producción de electricidad, lo cual ha motivado una reevaluación a nivel mundial del uso de las fuentes renovables de energías.

El uso de energías renovables parece ser una buena opción, varios países desarrollan una política energética con base en estos recursos renovables, actividad avalada por excelentes resultados. Todas las fuentes renovables de energía (excepto la mareomotriz y la geotérmica) provienen del Sol. La energía eólica es la fuente renovable de energía que mayor auge ha tenido en el mundo en los últimos años. Su costo de instalación es ya competitivo respecto a las fuentes tradicionales de energía. La energía eólica ofrece un modo de satisfacer las necesidades de la economía y el ambiente proveyendo una fuente limpia y competitiva de electricidad.

La energía eólica ha evolucionado en las últimas décadas hacia una industria madura y de alta tecnología, que contribuye en varios países del mundo a la independencia energética y al crecimiento económico sustentable.

Se espera que la energía eólica juegue un papel cada vez más importante en el escenario energético internacional futuro. Los expertos predicen que esta tecnología podría abarcar el 5 % del mercado energético mundial para el 2020 (Joselin Herbert, 2007).

Cuba como país subdesarrollado, ha empezado a transformar su economía con el objetivo de disminuir los consumos excesivos de petróleo, buscando fuentes alternativas de energías, que sustituyan la dependencia económica que tiene sobre el petróleo y disminuya a la vez, la carga contaminante que genera la producción de electricidad a partir de esa fuente de energía.

En ese sentido se han encaminado un grupo de proyectos referidos a la posibilidad de utilizar la energía alternativa, principalmente la eólica y la de energía solar mediante paneles de celdas fotovoltaicas que la convierten en electricidad.

Con el propósito de solucionar los problemas existentes con la generación y distribución de electricidad el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz compartió con algunos colaboradores la urgencia de acometer profundas transformaciones en el sector energético cubano, con el fin de garantizar la seguridad del abastecimiento con nuevos conceptos, una mayor soberanía y una consecuente compatibilidad con el medio ambiente. Es en ese momento donde nace el concepto de Revolución Energética que hoy se profundiza y perfecciona en Cuba y que se basa además en la convicción de que el desarrollo sostenible no será posible sin el uso racional y el ahorro de todo tipo de recursos, especialmente de las fuentes de energía y con el empleo masivo y preferente de aquellas que son renovables.

Así comenzó a mediados de 2005 la Revolución Energética en Cuba. Uno de sus programas fue el fomento de la generación de electricidad mediante fuentes renovables de energía, especialmente la eólica, como contribución a la política de desarrollo sostenible enarbolada por nuestro país.

Como línea estratégica para el desarrollo de esta fuente de energía, se someterán a prueba diversas tecnologías, incluyendo aquellas diseñadas para soportar los fuertes huracanes que azotan al país. Es así que se inicia una extensa campaña de prospección eólica que actualmente abarca casi todo el territorio nacional donde fueron seleccionadas 32 zonas para una primera etapa, con una elevada concentración en el

extremo occidental de Pinar del Río, la Isla de la Juventud y en la costa norte de las provincias de Holguín hasta Villa Clara, en las que se instalan de forma estratégica alrededor de un centenar de estaciones de prospección en mástiles de 50 m de altura y estaciones meteorológicas de referencia y sobre torres de radiodifusión con más de 50m.

Esta tarea la lleva a cabo el Departamento de Prospección del Grupo Eólico del Ministerio de Energía y Minas, que también se encarga de la explotación y ubicación de nuevas zonas de interés para su estudio posterior, así como de elaborar los proyectos de ingeniería básica de los parques eólicos (actividad conocida como *micrositting*).

Desde 1999, funciona el Parque Eólico Nacional, en la Isla de Turiguanó, Ciego de Ávila, una comunidad conocida anteriormente por su desarrollo agropecuario y en especial por el fomento del ganado Santa Gertrudis. En los años que lleva funcionando el parque de Turiguanó ha ahorrado miles de toneladas de petróleo, mientras hay más personas que se benefician con la electricidad generada de esta manera limpia.

El uso de fuentes renovables no es una novedad, aunque no está bien fortificado existen varios proyectos de estudio y algunos materializados como es el caso de los cuatro parques eólicos con que contamos hasta el presente, ellos son:

1. Turiguanó, en la provincia de Ciego de Ávila, 434 kilómetros al este de La Habana, de 0,45 Mega Watts, instalado en 1999.
2. Los Canarreos en el Municipio Isla de la juventud, constituido por 6 aerogeneradores de 275 kW, con capacidad total de generación de 1,65 Mega Watts, permitiendo atender el 10% de la demanda del municipio pinero, instalado en febrero del 2007.
3. Gibara1, en la provincia de Holguín, este tiene 6 unidades de 850 kW montadas a 50 m de altura con una potencia nominal de 5,1 Mega Watts, instalado en febrero 2008.
4. Gibara 2, en la provincia de Holguín, a plena capacidad y puede generar 4,5 megavatios con sus seis aerogeneradores, con una potencia de 750 kW, instalado en marzo de 2010.

5. Herradura 1, en la provincia de Las Tunas con capacidad de 51 Mega Watts a través de 34 aerogeneradores, instalado en febrero de 2014.

La instalación de los aerogeneradores que conforman los parques eólicos antes mencionados forman parte de un estudio del potencial eólico del territorio, labor que se vio concretada con la construcción del Mapa de Potencial Eólico de Cuba en el 2005 y su última actualización se realizó en el año 2013. La conformación de este potencial, tiene como base los datos obtenidos de la medición continua de los parámetros de viento (velocidad y dirección) por varios años en varias zonas del territorio nacional.

La forma en que estos datos y la información llegan a las personas interesadas en el tema ha sido muy influenciada por el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y particularmente su aplicación en los Sistemas de Gestión de Información (SGI). Mediante un proceso de abstracción se pueden identificar elementos fundamentales que componen el SGI del comportamiento del viento, estos elementos son: datos, información y la vía en que esa información llega a los usuarios. Partiendo de esto se puede describir cómo las TIC pueden favorecer este sistema.

En primer lugar tenemos los Sistemas de Gestión de Bases de Datos que han permitido manejar de manera clara, sencilla y ordenada un conjunto de datos que posteriormente se convertirán en información relevante para los usuarios. En segundo lugar el desarrollo de las tecnologías para la construcción de aplicaciones web como una vía para distribuir información a miles de usuarios potenciales. Estas aplicaciones pueden contener elementos que permiten la comunicación activa entre los usuarios y la información.

Para hacer la recogida de los parámetros del viento, usados para determinar el potencial eólico, se cuenta con un sistema móvil compuesto por estaciones anemométricas. A las mismas se le realizan mediciones diurnas y nocturnas ininterrumpidamente, promediando un valor de velocidad (m/s) cada diez minutos, con anemómetro de Cazoleta de Robinson, ubicado a tres niveles de altura, 10, 30 y 50 metros. Además

tienen instalada en la torre de medición un rumbómetro, permitiendo medir la dirección del flujo de viento.

A estas estaciones anemométricas está conectado un registrador de datos (en inglés: *data logger*), que conserva en su memoria las lecturas automáticas de varios días, hasta su recogida y envío manual o teletransmisión a centros de colección, registro y análisis definitivos. Estas lecturas son registradas en hojas de cálculo de Microsoft Excel, en archivos *.csv* o *.txt*.

Esto trae consigo un procesamiento manual de datos en Excel, que la captura de los datos no esté estandarizada, no se cuenta con los datos de cada estación anemométrica almacenados en un lugar seguro, además, existe dificultad a la hora de brindar información oportuna cada vez que se requiera de la misma.

No obstante podemos decir que hasta aquí se ha logrado un paso importante en el conocimiento del comportamiento del viento en las zonas de estudio, pues con los datos arrojados por estas estaciones se logra almacenar un conjunto representativo de datos. Para lograr la meta de convertir estos datos en información es necesario organizarlos y representarlos de forma tal que adquieran un sentido informativo para su posterior análisis.

Dada la problemática expuesta anteriormente se plantea el siguiente **problema de la investigación**: escasa disponibilidad y fiabilidad de los datos de monitoreo del viento generados por las estaciones meteorológicas móviles.

Objetivo general: Desarrollar un sistema de información que favorezca la disponibilidad y fiabilidad de los parámetros del viento y ayude en la evaluación de este recurso.

Objetivos Específicos:

- Realizar el análisis crítico de la literatura consultada de las bases teóricas para la gestión de la información de los parámetros del viento, que posibilite fundamentar teóricamente la investigación.
- Desarrollar una herramienta informática operativa que permita la gestión, control y la respuesta eficaz de las informaciones que brindan las estaciones móviles mediante un caso de estudio.
- Realizar el análisis de variables medioambientales, en particular, los parámetros del viento de un caso de estudio.

Justificación y Viabilidad de la investigación

Se hace necesario implantar un sistema informático que sirva de soporte y cobertura de los parámetros del viento para que mejore los procesos relacionados con el manejo de la información medioambiental para su posterior interpretación.

Las acciones que se llevan a cabo por parte de los investigadores también son necesarias para el desarrollo socio-económico del territorio y del país, sobre todo para la implantación de tecnologías de avanzada que ayudarán a fortalecer y modernizar la sociedad cubana.

Valor práctico

Una solución informática escalable, de bajo costo en despliegue y adaptable a las nuevas tendencias de las tecnologías de la información y las comunicaciones, que proporcione el análisis de los parámetros del viento de una zona idónea para implantar un parque eólico.

Métodos de Investigación

Para cumplimentar estos objetivos se han empleado métodos empíricos y teóricos de la investigación científica.

Los teóricos se tuvieron en cuenta durante el transcurso de la investigación; pues crearon las condiciones para la interpretación y desarrollo de las teorías, de interpretación de los datos obtenidos, o sea, para profundizar en las características fenomenológicas superficiales de la realidad.

Entre los **métodos teóricos** que se usaron están:

Análisis y Síntesis: permite alcanzar una profundización en el conocimiento del problema en su totalidad, descomponiéndolo en partes para sintetizar su estudio y precisar sus múltiples relaciones y comportamientos.

Histórico y Lógico: es usado para comprender el antecedente del objeto de estudio y obtener su esencia, así como la necesidad de su desarrollo en una forma superior.

Hipotético-Deductivo: permite realizar el debido análisis para el posterior desarrollo del sistema que dará solución al problema existente.

Los empíricos ayudan en el descubrimiento de los hechos e información y procesamiento de datos y en el conocimiento de las características fundamentales del problema los que posibilitan su estudio y explicación.

Entre los **métodos empíricos** usados podemos citar:

Observación: fue empleado fundamentalmente en el diagnóstico e implantación del resultado, acompañado de otros procedimientos y técnicas propias para las etapas de desarrollo antes mencionadas, lo que permitió tener una mayor precisión y veracidad en los juicios emitidos y resultados obtenidos acerca del comportamiento del objeto de investigación tal y como éste se da en la realidad.

Entrevista: permite recopilar información necesaria para valorar el estado actual del problema, además cómo enriquecer la interpretación de los parámetros del viento.

El primer paso para la realización de este trabajo fue la confección del marco teórico. Para ello se realizó la revisión de la literatura, consultando libros, artículos y sitios de internet, entre otras fuentes. Sus elementos esenciales se encuentran expuestos de manera resumida en el primer capítulo del presente trabajo. Como conclusión de la elaboración del marco teórico se enuncia la siguiente **hipótesis**:

Con el desarrollo de una herramienta informática que permita la gestión eficaz de los datos de monitoreo del viento generados por las estaciones móviles se tendrá mayor disponibilidad y fiabilidad de estos datos y contribuirá a la evaluación del recurso eólico de la zona en estudio.

El trabajo está estructurado en tres capítulos:

Capítulo 1. Marco Teórico Referencial de la Investigación: este capítulo aborda aspectos concernidos con el uso de la energía eólica, estudio de las herramientas computacionales que sustentan la evaluación del recurso eólico y se detallan las tecnologías que se emplean en la implementación del sistema.

Capítulo 2. Propuesta de solución: este capítulo está enfocado a la solución del problema en cuestión, en el mismo se realiza una descripción de la propuesta del sistema. Se incluyen algunos diagramas, se define la arquitectura del sistema y los patrones del diseño que permite una mejor comprensión del proceso de desarrollo.

Capítulo 3. Presentación de los resultados: A partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se procede a validar los mismos, mediante una técnica de validación. Además se realiza el análisis de los datos que están almacenados y de la sostenibilidad del producto desarrollado.

Capítulo I. Marco Teórico Referencial de la Investigación

Introducción

El uso continuado de las llamadas energías sucias y su posterior poder devastador, nos obliga a que se busque de forma urgente una solución al problema y que se invierta en investigación y desarrollo de energías limpias. El reto está en conseguir que las energías alternativas y renovables vayan sustituyendo paulatinamente a esos combustibles. Este capítulo hará énfasis sobre las nuevas fuentes renovables de energía, en particular, la eólica y cómo la informática puede contribuir a la misma.

1.1 Fuentes renovables

Las fuentes renovables de energías solucionarán muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica, pero para ello hace falta voluntad política y dinero (Santamarta, 2004).

La dependencia del petróleo, el carbón y el gas han generado conflictos políticos y ambientales; por esta razón en los últimos años se ha hecho necesario invertir en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía que funcionen con recursos renovables. Esto a su vez hace necesario una mejor administración de los recursos locales. Además, en el mundo entero el término renovable se asocia con un medio ambiente más limpio, apropiado para nosotros y las futuras generaciones. Actualmente las fuentes renovables cubren cerca del 20% del consumo mundial de electricidad.

Las fuentes renovables de energías se han clasificado en cinco grupos principales, tal y como se muestra en la siguiente ilustración:

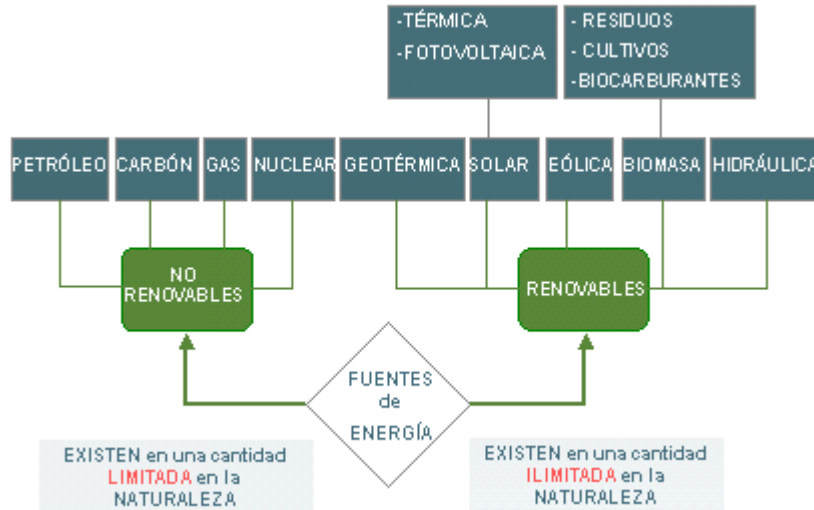


Ilustración 1 Mapa conceptual de fuentes de energía. Fuente: (iVACE)

1.1.1 Tendencia actual en el campo de las fuentes renovables

Para satisfacer la demanda de electricidad hay que buscar nuevas fuentes de energía que produzcan un menor impacto ambiental y utilizar de manera eficiente las ya conocidas implementando políticas racionales de ahorro energético que disminuyan las exigencias para los sistemas de generación, para ello debemos (Gustavo Gámez y López, *et al.*, 2007):

- Reducir la emisión de residuos tóxicos al medio ambiente.
- Realizar una correcta prospección de las posibilidades específicas de empleo de fuentes alternativas de energía, renovables o no, en cada región.
- Lograr una combinación de las vías anteriores de manera que se produzca una reducción significativa en el por ciento que representan los combustibles fósiles en el balance energético mundial.
- Disminuir la dependencia que existe entre el futuro de nuestra civilización y los portadores energéticos convencionales.

- Reducir la demanda, a través del ahorro y la elevación de la eficiencia, es una vía probada para contribuir al logro de estos propósitos que sin embargo no ataca la esencia del problema.
- Encontrar nuevas fuentes de energía no erosivas al medio ambiente, como la energía eólica, la energía solar entre otras, es una contribución a reducir el problema medioambiental.

De las fuentes alternas de energía mencionadas al inicio del epígrafe anterior nos detendremos a considerar la energía eólica por ser fuente renovable de energía no erosiva al medioambiente en vía de desarrollo.

1.1.2 Energía eólica

La energía eólica es una variante de la energía solar, pues se deriva del calentamiento diferencial de la atmósfera y de las irregularidades de relieve de la superficie terrestre. Solo una pequeña fracción de la energía solar recibida por la Tierra se convierte en energía cinética del viento y sin embargo ésta alcanza cifras enormes, superiores en varias veces a todas las necesidades actuales de electricidad. La energía eólica podría proporcionar cinco veces más electricidad que el total consumido en todo el mundo, sin afectar a las zonas con mayor valor ambiental (Santamarta, 2004).

La energía eólica no contamina y su impacto ambiental es muy pequeño comparado con otras fuentes energéticas. De ahí la necesidad de acelerar su implantación en todas las localizaciones favorables, aunque procurando reducir las posibles repercusiones negativas, especialmente en las aves y en el paisaje, en algunas localizaciones (Santamarta, 2004).

Según (Devesa Fernández, 2009) la energía eólica se aprovecha de dos formas bien diferenciadas:

- Aerobombas: se utilizan para sacar agua de los pozos.

- Aerogeneradores: son los aparatos empleados para transformar la fuerza cinética del viento en electricidad.

Los aerogeneradores pueden producir energía eléctrica de dos formas:

- Las aplicaciones aisladas por medio de pequeña o mediana potencia se utilizan para usos domésticos o agrícolas. También se utilizan los de gran potencia en usos específicos; Desalinización de agua marina, producción de hidrógeno, etc.
- La conexión directa a la red viene representada por la utilización de aerogeneradores de potencias grandes (hoy en día se utilizan de 600 KW). Se denominan parques eólicos aquellos que tengan más de 10 ó 100 KW.

La energía eólica es la manera más económica de reducir las emisiones contaminantes y avanzar hacia la sostenibilidad.

1.1.3 Impacto medioambiental de la energía eólica

El avance de la tecnología para energía eólica permite que los equipos sean optimizados continuamente; se incrementa así su viabilidad económica. Por ejemplo, los modernos aerogeneradores recuperan rápidamente la energía invertida en su fabricación, instalación, operación, mantenimiento y desmantelamiento. Es decir, generan 80 veces más energía de la que ha sido consumida a lo largo de su vida.

Sin embargo, antes de proceder a implementar este tipo de tecnología en su lugar, generalmente, se realizan estudios de modelación y simulación del potencial eólico disponible, producción anual de energía que se espera generar y del impacto ambiental. Todo esto, con el fin de estimar, por un lado, una zona propicia para su instalación y por otro, su viabilidad económica.

La energía eólica ofrece un modo de satisfacer las necesidades de las actividades económicas y el ambiente, que suministra una fuente limpia y competitiva de electricidad, sin dejar de lado los temas medioambientales.

Los impactos ambientales relacionados con el uso de la energía eólica han tenido, tienen y tendrán, más aún en el futuro, una importancia crucial para su desarrollo. Los impactos positivos de esta fuente renovable constituyen uno de los pilares que justifican la apuesta por esta.

Pese a que las instalaciones eólicas necesitan en forma efectiva una pequeña porción de terreno, alrededor de 1% a un 10%, estas ocupan grandes áreas para su instalación. Por esta razón, en la construcción de parques eólicos debe considerarse, con un cuidado especial, la planificación del espacio a escala local, regional y nacional.

La práctica más segura es evitar la instalación de turbinas eólicas en terrenos de alto valor ecológico y construir las plantas de energía en estrecha cooperación con la comunidad local; se tiene en cuenta el uso del terreno existente, agrícola, comercial o recreativo.

Una central eólica puede tener efectos directos por destrucción del hábitat de algunos organismos que se encuentran en él y efectos indirectos por generación de contaminantes que afectan la salud de los organismos y por producción de ruidos o movimientos que alteran el comportamiento de los animales.

Algunos impactos ambientales del aprovechamiento de la energía eólica son los factores visuales y paisajista, ruido e interferencia electromagnética. Aunque ninguno de esos efectos dura más que la vida operacional del sistema, ellos son generalmente tan significativos como los efectos sobre la ecología en la formación de opinión del público y determinan si una propuesta de instalación de una central eólica obtendrá autorización para concretarse. Efecto sobre la ecología, en este contexto, abarca todos los efectos materiales sobre la flora y la fauna (Moragues, *et al.*, 2004).

La energía eólica tiene muchas facetas ambientales positivas. Es limpia, renovable y un medio de generación sustentable. La energía eólica ofrece una de las opciones energéticas más económicas entre las nuevas fuentes renovables de energías para reducir

la emisión de CO₂. El empleo de la energía eólica genera un ahorro en el uso de las reservas de combustible fósiles en general, un aporte al uso racional de la energía, y en particular para muchos países un ahorro de divisas, contribuyendo a la seguridad y a la diversidad en el suministro de energía. La energía eólica ayuda a las economías, en particular a las locales, en varios aspectos importantes. En las áreas y comunidades donde se localizan las centrales eólicas se generan puestos de trabajo, mayores ingresos y hay un aporte al desarrollo regional para la generación de electricidad (Moragues, *et al.*, 2004).

1.1.4 Desarrollo de la energía eólica en Cuba

El incremento paulatino de las fuentes renovables de energías, como la eólica, es una necesidad en Cuba ante el aumento de los precios de los combustibles y el agotamiento de esos recursos en los venideros años (ACN, 2013).

Como parte de la Revolución Energética en Cuba se dan pasos firmes para el desarrollo de la energía eólica. Durante los últimos años, gracias al trabajo pionero de varias instituciones y personalidades nacionales, se realizaron algunos proyectos piloto de desarrollo eólico.

Según el programa de desarrollo, nuestro país pretende generar hacia el 2030 al menos el 10 por ciento de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, para lo cual lleva a cabo proyectos inversionistas (ACN, 2013).

Uno de los logros iniciales de este programa eólico es la confección del primer mapa eólico de Cuba con fines energéticos. Los resultados que se obtengan de la medición del viento, más las experiencias que se adquieran en los primeros parques ya instalados abrirán el camino hacia un desarrollo superior.

Los especialistas coinciden en señalar que esas instalaciones contribuyen a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, protegen el medio ambiente y reducen las importaciones de combustibles fósiles. Actualmente continúan los estudios en las zonas

de mayor potencial eólico del territorio cubano para instalar nuevos dispositivos y recuperar los que no se encuentran en uso (ACN, 2013).

Se avanza rápidamente en los estudios previos de prospección del viento para conocer su real potencialidad, así como en la instalación de parques eólicos para probar en una escala limitada las más importantes tecnologías de aerogeneradores que hoy se conocen.

Se trabaja también en la preparación de personal técnico y de operación, por medio de cursos desarrollados al efecto e impartidos por especialistas nacionales, así como de conferencias de especialistas extranjeros de renombre (Figueredo, 2006). Hoy se cuenta con estaciones anemométricas que posibilitan obtener datos del comportamiento del viento y así evaluar el potencial eólico nacional.

Solo un pequeño porcentaje de la matriz energética nacional está basada en el empleo de la radiación solar, el viento, la biomasa, el biogás y la hidroenergía, entre otras. Trasformar esa realidad constituye objetivo estratégico esbozado en los Lineamientos para la Política Económica y Social de la Revolución aprobados por el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba y en el cual encabezan varios organismos de la Administración Central del Estado, pero que concierne a toda la sociedad cubana.

1.2 Proyectos de inversión de parques de energía eólica

En Cuba el órgano rector que ejecuta este tipo de proyecto es la Unión Nacional Eléctrica la cual se apoya en la Empresa de Ingeniería y Proyectos de la Electricidad (INEL), esta entidad es la encargada de brindar servicios técnicos, de construcción de nuevas inversiones y para la ampliación, reconstrucción, conservación, reparación, mantenimiento, demolición y desmontaje de objetivos existentes, al Sistema Electroenergético Nacional (Isaac Roque, 2011).

Las fases fundamentales para el desarrollo de un proyecto eólico son las siguientes (Isaac Roque, 2011):

1. Identificación: Supone la existencia de un viento favorable y la ausencia de incompatibilidad ambiental y urbanística, de restricciones en cuanto a infraestructura eléctrica y de restricciones en cuanto a obra civil, entre otros. Esta fase supone un trabajo de gabinete no asociado a altos costos.
2. Medición: Comienza con la elección de uno o más puntos adecuados para las mediciones del viento, las que deben llevarse a cabo durante al menos un año ininterrumpidamente.
3. Evaluación del recurso eólico: Cuando se cuenta con mediciones de al menos un año en un emplazamiento, se está en condiciones de hacer una valoración del recurso eólico. Para ello se utilizan modelos que representan el campo de vientos a diferentes alturas en un área de estudio a partir de los datos recogidos en uno o varios puntos.
4. Ingeniería y proyectos: A partir de la evaluación del recurso se está en condiciones de definir la instalación en términos de cantidad, ubicación y tipo de los aerogeneradores, y las alturas más adecuadas de los ejes. Además, se podrá estimar la producción de cada uno de ellos.
5. Estudio de impacto ambiental: Resulta esencial en el mundo de hoy, debido a la importancia de preservar el medio ambiente. Tales estudios, iniciados desde el primer momento, se toman en cuenta en todas las fases del proyecto. Autorizaciones y licencias. Se realizan según la legislación vigente y teniendo en cuenta todas las instituciones involucradas.
6. Construcción del parque.
7. Explotación: Esta fase consta de las actividades de operación y mantenimiento, en sucesión permanente.

Esta investigación se centra en la 3ra fase de las presentadas anteriormente. En la misma se realiza la recopilación y análisis de datos para determinar si es rentable o no la construcción de un parque eólico según los parámetros obtenidos en la medición del potencial del viento en una zona determinada.

1.3 Análisis del recurso eólico

Para realizar el análisis del recurso eólico primeramente se realiza un estudio preliminar donde se lleva a cabo una serie de procesos que permiten conocer en detalle el área donde se desea instalar un parque eólico y que, finalmente, permita brindar una respuesta científica y metodológicamente sustentada a la pregunta ¿Cuánto viento podemos esperar en el área determinada?

Para responder la pregunta planteada, se debe tener en cuenta que las condiciones de viento para un área están definidas por el perfil de los vientos de ese área, la velocidad y dirección promedio de los vientos, la distribución de la velocidad y dirección del viento, y los patrones diurnos y estacionales de los vientos.

1.3.1 El viento

El viento es el resultado del flujo de aire entre zonas con presiones de aire distintas, que se calientan debido a la incidencia de radiación solar, así, la energía eólica es energía solar convertida en energía eólica (Agencia Andaluza de la Energía, 2011).

La forma en que aparecen los parámetros del viento entre los cuales se destacan la velocidad, dirección, turbulencia, etc. es compleja de predecir debido a que dependen de diversos factores globales y locales como son: rotación de la tierra, posición de la luna, diferencia de temperaturas global y local, orografía de terreno, rugosidad de la superficie, obstáculos, entre otros.

Los estudios e investigaciones profundas, gracias a la cada vez mayor potencia de los ordenadores y los métodos estadísticos, son capaces de acercarnos a valores reales. Estos

modelos de datos pueden intentar estimar el potencial eólico en un emplazamiento concreto.

Los efectos observables del viento en tierra, establecidos por la escala Beaufort, se explican en la Tabla 1.1. En la propia Tabla se dan los valores correspondientes de velocidad media $\bar{v}_s$.

Tabla 1.1. Fuerza del viento según la escala de Beaufort, con la velocidad correspondiente.

Fuerza del viento, Beaufort		Efectos observables del viento, en tierra	$\bar{v}_s$, m/s
Grado	Término descriptivo		
0	Calma	El humo se eleva verticalmente	< 0.20
1	Aire ligero	El humo se inclina, pero la veleta no se mueve	0.837
2	Brisa ligera	El rostro percibe el roce del viento, y susurra el follaje	2.37
3	Brisa suave	El follaje se agita, y ondean las banderas ligeras	4.35
4	Brisa moderada	Oscilan las ramas, vuelan el polvo y los papeles sueltos	6.70
5	Brisa fresca	Comienzan a oscilar las copas de los árboles pequeños	9.36
6	Brisa fuerte	Oscilan las ramas gruesas, y silba el tendido eléctrico	12.3
7	Cuasi galerna	Oscilan todos los árboles y es incómodo caminar frente al viento	15.5
8	Galerna	Se quiebran ramas de los árboles y casi no se puede caminar	18.9
9	Galerna severa y desagües	Vuelan tejas y caen tubos de chimeneas	22.6
10	Tormenta	Árboles arrancados de raíz, daño estructural	26.5

		considerable	
11	Tormenta violenta	Estragos generalizados	30.5
12	Huracán	Estragos catastróficos	34.8

Fuente: (Moreno Figueredo, *et al.*, 2006)

En la tabla 1.2 se presenta cual es la acción del viento y su efecto en los aerogeneradores teniendo en cuenta la clasificación de los mismos por la escala Beaufort, a alturas de 10 y 50 metros.

Tabla 1.2 Fuerza, velocidad, densidad de potencia del viento y sus efectos sobre los aerogeneradores

Fuerza del viento		z = 10 m		z = 50 m		Efecto sobre el funcionamiento de los aerogeneradores actuales
Grado	Termino descriptivo	$\bar{V}_s$, m/s	$\bar{P}'$, W/m ²	$\bar{V}_s$, m/s	$\bar{P}'$, W/m ²	
0	Calma	< 0,20	< 0,0094	< 0,25	< 0,018	Ninguno
1	Aire ligero	0,837	0,686	1,05	1,35	
2	Brisa ligera	2,37	15,6	2,98	31,0	Deficiente
3	Brisa suave	4,35	96,3	5,47	191	Aceptable
4	Brisa modesta	6,70	352	8,43	701	Bueno
5	Brisa fresca	9,36	959	11,8	1920	Muy Bueno
6	Brisa fuerte	12,3	2180	15,5	4360	Excelente
7	Cuasi galerna	15,5	4360	19,5	8670	Admisible
8	Galerna	18,9	7900	23,8	15800	Límite máximo admisible
9	Galerna severa	22,6	13500	28,4	26800	Inadmisible
10	Tormenta	26,5	21800	33,3	43200	
11	Tormenta severa	30,5	33200	38,4	66200	
12	Huracán	34,8	49300	43,8	98300	

Fuente: (Moreno Figueredo, *et al.*, 2006)

1.3.2 Prospección eólica de una región

Cuando se pretende usar en gran escala la energía eólica, es necesario estudiarla para poder prospectarla y caracterizarla; así en el mundo se realizan prospecciones tanto globales como locales, con mayor o menor rigor, en dependencia del equipamiento y la metodología empleados (Saura González, *et al.*, 2002).

Debido a la escasez de fuentes energéticas tradicionales, en Cuba, se hace necesario el estudio y utilización de recursos alternativos de energía. Para resolver esta problemática existen varias opciones, siendo la eólica una de las más prometedoras, ya que es renovable, ecológicamente limpia, no depende de precios de mercado, es gratis y tanto su estudio como los equipos para aprovecharla son simples y baratos, al compararla con las demás (Saura González, *et al.*, 2002).

El viento, en mayor o menor intensidad, está repartido en toda el área de nuestro país y muchas de sus formas de aprovechamiento son bien conocidas y altamente eficaces.

La prospección eólica se puede definir como el arte de buscar sitios o zonas con puntos prospectados factibles para el aprovechamiento del recurso eólico, efectuando mediciones físicas de variables climatológicas de velocidad, dirección del viento, densidad, temperatura del aire con estaciones anemométricas. Los datos de los estudios eólicos para ser eficaces, deben expresarse en un término de tiempo de un año como mínimo y el valor que pueda concederse al cuadro eoloenergético así obtenido depende de la calidad de los datos y de la pericia con que son interpretados.

La prospección debe estar precedida de una cuidadosa exploración, ya que las características físicas geográficas regionales influyen en gran medida en la intensificación local del régimen de vientos.

1.3.3 Evaluación de los recursos eólicos

El paso previo para la instalación de un aerogenerador o un grupo de ellos consiste en la evaluación de los recursos eólicos de la zona. Determinadas regiones del planeta se ven favorecidas por un flujo de viento constante en velocidad y dirección, lo que las hace especialmente aprovechables desde el punto de vista eólico.

Para poder evaluar los recursos eólicos de un área geográfica hay que realizar mediciones continuas de la velocidad y dirección del viento para saber si es apta para la instalación de aeroturbinas.

Estas mediciones se llevan a cabo mediante estaciones anemométricas que recogen los datos de velocidad media cada cierto tiempo, por lo general cada 10 minutos o 1 hora durante varios años como mínimo, para poder controlar las variaciones del viento de un año a otro, a lo largo de un año, un mes, un día, etc.

Estos mismos datos recopilados por estas estaciones son utilizados en esta investigación ya que tributa a lo que expresa (Pinilla S., 1997) en su Manual de Aplicación de Energía Eólica, cuando hace referencia de que algunas de las informaciones necesarias para evaluar el uso de la energía eólica son las que se presentan a continuación:

Velocidad de Viento Promedio Anual: La velocidad de viento promedio por un período largo puede ser utilizada como una primera indicación de la viabilidad de uso de la energía eólica.

Variaciones Estacionales: Datos sobre variaciones estacionales de la velocidad de viento (normalmente presentada como promedios mensuales de velocidad de viento) son de importancia para estimar la variación estacional de entrega de energía y así determinar el mes de diseño crítico (mes de menor energía eólica disponible) para la instalación que se desea.

Variaciones Diurnas: Variaciones a lo largo del día pueden tener influencia en la viabilidad de uso de la energía eólica.

Borrascas, vientos extremos: Datos sobre borrascas y vientos de muy alta intensidad son necesarios para determinar las máximas velocidades de viento en las cuales cualquier equipo de conversión de energía eólica puede ser capaz de aguantar sin presentar daño.

Períodos de Calma: Se requiere información sobre períodos largos de baja intensidad del viento para determinar las dimensiones de elementos como baterías o tanques de almacenamiento de agua para suplir suministro de energía cuando el equipo eólico no se encuentre en operación.

Distribución de Frecuencia de Velocidades de Viento: Para realizar un estimativo adecuado de la probable producción de energía de cualquier equipo eólico, la distribución de frecuencia de la velocidad de viento (porcentaje del tiempo en que una velocidad de viento dada ocurre en el año) es de gran utilidad.

Todos estos resultados se plasman en unos diagramas que permiten conocer la frecuencia y la velocidad media del viento para distintas direcciones: estos son el diagrama de frecuencia y el de velocidad o rosa de vientos. Ambos son complementarios, ya que el primero indica el número de veces que el viento sopla en una dirección determinada y el segundo da la velocidad media en esa dirección.

También agrega (Pinilla S., 1997) que la evaluación del potencial energético eólico de una zona, es una labor que requiere tiempo además de recursos económicos para realizarse adecuadamente. Es necesario coleccionar datos meteorológicos por lo menos durante un año, si se desea realizar una prospección con cierto grado de certidumbre. A diferencia de la evaluación del recurso solar, donde se pueden cubrir mayores áreas con la evaluación de los parámetros meteorológicos; el recurso eólico, por su propia naturaleza, tiene un comportamiento específico en el lugar y presenta variaciones

espaciales substanciales. Esto quiere decir que al realizar mediciones puntuales en un sitio, las magnitudes de la velocidad de viento y su dirección, en una distancia de 100 metros, pueden ser diferentes, sin embargo puede existir una variación numérica proporcional entre sus magnitudes y su comportamiento, en general.

1.4 Representación de los datos del viento

Dadas las características tan dispersas y aleatorias de la energía eólica, es obvio que la única manera de estudiar si un área es adecuada o no, es utilizando métodos de análisis de datos. El análisis de datos consiste en la realización de las operaciones a las que el investigador someterá los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio.

Entre las técnicas de datos existentes se encuentran las cuantitativas donde los datos se presentan en forma numérica. En muchos casos, cuando se requieren técnicas estadísticas muy complejas es conveniente solicitar el apoyo de especialistas que pueden conocer mejor las técnicas, en particular sus alcances y limitaciones. El resultado de estas técnicas se muestra mediante la rosa de los vientos e histogramas de frecuencia y serie.

Forma de presentación

- **Rosa de los vientos:** es esencial para determinar el emplazamiento de la instalación.
 - ✓ **Rosa de los vientos de procedencia:** su utilidad principal radica en que proporciona la dirección o direcciones principales con su frecuencia en un diagrama circular permitiendo así ubicar el aerogenerador en el sitio idóneo.
 - ✓ **Rosa de los vientos de potencia:** muestra las direcciones principales de máxima potencia, siendo la potencia proporcional al cubo de la velocidad del viento.

$$\overline{P} = 0.955 \rho \bar{v}^3$$

Donde ρ es la densidad del aire, aproximadamente igual a 1.225 kg/m³, al nivel del mar.

- **Histogramas de frecuencia:** muestra en qué dirección hay mayor incidencia del viento.
- **Histograma de serie:** representa los valores medios de velocidad por meses, horas, etc.

Para la caracterización del viento se usa la ley de densidad de probabilidad de *Weibull*, que permite modelar la distribución de la velocidad de viento, es decir, facilita una expresión matemática para predecir, con una aproximación razonable, el comportamiento de la velocidad de viento a lo largo de un cierto periodo de tiempo.

Es la función estadística que mejor caracteriza el comportamiento del viento mediante dos parámetros: el factor de escala c y el factor de forma k , los cuales permiten determinar la probabilidad de ocurrencia de valores altos de velocidad, que son los que más energía aportan y la duración de las calmas.

Modelo

$$f(x) = \frac{k}{c} * \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{c}\right)^k}$$

Función de distribución

$$F_x(t) = 1 - e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{c}\right)^k}$$

Donde: k es el Factor de forma adimensional y c es el Factor de escala en m/s.

Como se ha podido observar, para el establecimiento de la expresión de la distribución de *Weibull* en un sitio, es necesario determinar los parámetros k y c . Como sólo se conoce la velocidad media en el sitio de emplazamiento se empleará el Método de la variabilidad del viento.

Método de la variabilidad del viento

Para esto se han establecido tres relaciones empíricas que permiten estimar el valor del parámetro k en función de la velocidad media. Estas son:

Para una variabilidad pequeña: $k = 1.05 \times \sqrt{\bar{v}}$

Para una variabilidad mediana: $k = 0.94 \times \sqrt{\bar{v}}$

Para una variabilidad grande: $k = 0.73 \times \sqrt{\bar{v}}$

El viento en la zona de estudio es altamente variable, razón por la cual se justifica emplear la fórmula para determinar k que considera zonas de gran variabilidad del viento.

De las propiedades de la función de distribución de *Weibull*, el valor del parámetro c

puede calcularse por medio de la ecuación $c = \left(\frac{\bar{v}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \right)^k$; donde: $\bar{v}$ es la velocidad media y $\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$ es Función Gamma evaluada en $1 + \frac{1}{k}$.

1.5 Marco legal que sustenta la investigación

El fomento del uso de fuentes de energías renovables como la eólica implica fomentar la diversificación de la matriz energética del país, constituyendo un avance hacia una política de seguridad energética y de protección del ambiente.

En Cuba, la conservación del medio ambiente y la protección de los recursos naturales se realizan sobre bases científicas, se elaboran y aplican normas técnicas que contemplan la dimensión ambiental, se crean las bases para desarrollar los Sistemas de Gestión Ambiental Empresarial, diseñando procedimientos basados en las normas internacionales ISO 14000, se han desarrollado una serie de acciones para introducir y

comprometer a las empresas en el concepto de Producción Más Limpia (PML), se ha capacitado a los gestores ambientales e incentivado a los empresarios a que incorporen el componente ambiental como un elemento de competitividad en sus actividades económicas.

Todo esto ha contribuido a lograr avances en la instrumentación de políticas y acciones concretas en el cuidado ambiental, como la integración de la gestión ambiental a la gestión de calidad; el establecimiento en un Sistema Nacional de Reconocimiento Ambiental para estimular a aquellas entidades que logren un mejoramiento interno de su desempeño ambiental. (Paz Ramírez, *et al.*, 2013)

Es por eso que en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba se trata el tema de las fuentes renovables de energías. Los lineamientos que así lo reflejan son los siguientes:

- **106.** Priorizar, en las relaciones con las organizaciones de colaboración internacional, el apoyo material y tecnológico en el desarrollo de objetivos para el aprovechamiento de las diversas fuentes de energía renovable.
- **229.** Potenciar el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía: se utilizará el biogás, la energía eólica, hidráulica y otras; priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico a corto plazo.

Para la construcción de parques eólicos como toda inversión, Cuba se guía por la Resolución No 91/2006 Indicaciones para el Proceso Inversionista, que indica los permisos, licencias y aspectos a tener en cuenta así como las instituciones encargadas para ello. Además se tiene en cuenta algunos requisitos legales como los siguientes:

- Para trabajos con capital extranjero se tiene en cuenta la Ley No 77 para la Inversión Extranjera.
- Para el diseño y construcción del cimiento del aerogenerador se tiene en cuenta la NC 07/ 2002.

- También son consideradas otras normas como la de Explotación de Aeródromos y la NC 26/ 99, Ruidos en zonas habitables.

Para la construcción, puesta en marcha y operación de los parques eólicos se destacan la:

- Aprobación de la macro y micro localización.
- Aprobación de licencia ambiental.
- Compatibilización con los intereses de la defensa.
- Aprobación de la APCI.
- Aprobación de higiene y epidemiología (ruidos).
- Aprobación del IACC.
- Aprobación de Patrimonios y monumentos.
- Licencia de obra.

1.6 Soluciones informáticas similares vinculadas al objeto de estudio

Para realizar el proceso de simulación se han elaborado, luego de años de investigaciones, paquetes de fórmulas, denominadas modelos matemáticos. Estos modelos matemáticos se han programado, es decir, constituyen un programa o software de computadora. A los modelos se les introducen una serie de datos numéricos, formulándose así un problema de cómputo.

El proceso de introducción y de revisión de los datos requiere de trabajo manual, resultando ésta una fase bastante laboriosa del proceso, por el gran número de cálculos necesarios para la elaboración del estudio de estos datos.

Finalmente, el enorme volumen de resultados numéricos que se obtiene se registra electrónicamente, y se utiliza por otro software del paquete para la confección del mapa eólico, donde con diferentes colores se representan las zonas con diferentes velocidades del viento.

Si el modelo matemático y los datos son buenos, los resultados no se alejarán demasiado de la realidad. Lamentablemente, ninguno de los modelos actuales representa satisfactoriamente el complejo comportamiento del movimiento del viento, y los datos brindados por las estaciones meteorológicas generalmente adolecen de imprecisiones, debidas a defectos de calibración o deterioro en los instrumentos.

Existen varios software de computadora para estimar el potencial eólico de una región o país. Los más conocidos son el WAsP, del Laboratorio Nacional Risoe, de Dinamarca, y el desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos, NREL, también existen otros software que contribuyen de una forma u otra a la estimación como son: WindPRO, Homer, LabView, Sipreólico y WindFarmer.

De manera general estos software permiten mediante la modelación física o numérica la realización de cálculos a partir de las ecuaciones de movimiento de un fluido de viento dentro de la capa límite y además de realizar la extrapolación del mismo considerando características fundamentales. También generan un hipotético viento sin perturbaciones donde el programa puede calcular el viento estimado en un determinado emplazamiento con determinada rugosidad, obstáculos y relieve.

No obstante, estas aplicaciones requieren un alto costo de adquisición y despliegue de las TIC asociados a estos, además de una preparación profesional para el manejo del software, esto provoca un bajo nivel de adaptación, por lo que su inversión solo se justifica para grandes instalaciones. Otras de las desventajas que presentan los mismos es que generalmente son de código cerrados. También podemos decir que estos software no garantizan el almacenamiento de los datos, además de que no muestran la información que los mismos representan en cualquier momento que algún usuario interesado en el tema lo requiera, ya que cuando se realiza una evaluación del recurso eólico se trabaja con los datos de las zonas de estudio y una vez concluida con la misma no se guarda esa información para una posible comparación con otras evaluaciones.

1.7 Gestión de información medioambiental

Para un mejor entendimiento de este epígrafe se requiere analizar los conceptos o términos de Medio Ambiente, Gestión Ambiental e Información Ambiental.

En la medida en que se ha superado la división atomizada del conocimiento científico, el medio ambiente comienza a ser percibido como un sistema dinámico compuesto de diversos subsistemas interdependientes que configuran una realidad de complejas relaciones naturales, ecológicas, sociales económicas y culturales (Alfonso Leonard, *et al.*, 2003).

Este enfoque multifactorial del medio ambiente es reflejado por distintos autores:

El medio ambiente:

- “Es el entorno vital, o sea, el conjunto de factores físicos, naturales, estéticos, culturales, sociales, económicos que interactúan con el individuo y con la comunidad en que vive” (Fernández Vítora, 2009).
- “El conjunto de elementos biológicos, físicos, económicos, sociales, culturales y estéticos que interactúan con el individuo y con la comunidad en que vive, determinando su forma, carácter, comportamiento y su supervivencia” (Orea Gómez, 2002).
- “Sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer necesidades” (Cuba, 1997).

Las formulaciones anteriores nos permiten concluir que el medio ambiente puede ser definido como el conjunto de elementos o factores indispensables para la vida de las diversas comunidades humanas y que cumple diversas funciones.

La gestión del ambiente comprende acciones del hombre desde la sociedad y para la sociedad, con incidencia positiva en su protección y conservación, de forma tal que

prevea, reduzca, controle y solucione los problemas ambientales. Por ello se requiere una adecuada gestión del ambiente que posibilite utilizar con eficiencia sus recursos en beneficio del desarrollo económico y social, de la calidad de vida (Paz Ramírez, *et al.*, 2013).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define la gestión ambiental como “el conjunto de políticas, objetivos y programas en materia de medio ambiente que se establezcan y pongan en práctica a fin de contemplar el cumplimiento de todos los requisitos normativos correspondientes al medio ambiente y a la mejora continua y razonable de su actuación en ese sentido” (PNUMA– ORPALC, 1996).

La Ley No 81/97 de la República de Cuba en el Artículo 8 se refiere a la gestión ambiental, como el “conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana.”

Por tanto, la Gestión Ambiental, es un conjunto de acciones encaminadas al uso, conservación o aprovechamiento ordenado de los recursos naturales y del medio ambiente en general. El concepto de gestión lleva implícito el objetivo de eficiencia, por lo que la gestión ambiental implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable aplicando criterios de materia y energía. Se debe tender a una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible.

En nuestro país la gestión ambiental es de mera importancia, tanto es así que en sus políticas empresariales el gobierno le orienta a las entidades y empresas, estrategias ambientales que no solamente van encaminadas a crear conciencia ambiental en sus trabajadores sino que también regulan el funcionamiento interno de las mismas con vistas a la gestión medioambiental.

Otro aspecto que hay que tener en cuenta es que la creciente vulnerabilidad humana frente al cambio ambiental exige enérgicas respuestas tanto a escala mundial como nacional, por lo que en la actualidad cobra especial significación el incremento en el suministro y accesibilidad de la información como base indispensable para la planificación, las decisiones a tomar y en la implantación de estrategias y políticas más eficientes.

El término información presenta una gran diversidad de definiciones, un ejemplo significativo es el estudio citado por (Angulo, 1996), donde aparecen 1516 definiciones, cifra que demuestra la amplitud de pensamiento existente con respecto a este término. Varios autores como (Chiavenato, 2006), (Ferrell, *et al.*, 2004), (Kotabe, *et al.*, 2001), (Toffler, *et al.*, 2006) también brindan sus propias consideraciones.

Según (Fernández Márquez, 2009) el Principio 10 de la Declaración de Río de 1992 reconoce que todo ciudadano tiene derecho a la información, la participación y la justicia. También el Capítulo 40 de la Agenda 21 insta a los países a trabajar para lograr la reducción de las diferencias en materia de datos y a la vez mejorar el acceso a la información.

Teniendo en cuenta las ideas anteriores, se puede decir que la información es un conjunto de datos acerca de algún suceso, hecho o fenómeno, que organizados en un contexto determinado tienen su significado, cuyo propósito puede ser el de reducir la incertidumbre o incrementar el conocimiento acerca de algo.

Por otra parte, la información ambiental es un amplio concepto que incluye no solo la información referente a la calidad de nuestro entorno y las sustancias potencialmente contaminantes, sino también las medidas que gobiernos y empresas toman para proteger el medio ambiente, las actividades que lo afectan, así como los análisis económicos relativos a estas medidas y actividades, a la legislación aplicable y los informes sobre su cumplimiento, al estado de la salud y seguridad de las personas cuando esté afectado por su entorno. (Torrego Giralda, 2004)

Según algunas búsquedas realizadas en internet arrojaron que es frecuente llamar información ambiental a los datos que permiten cuantificar y medir la calidad ambiental o el estado y evolución del medio físico como consecuencia de la actividad del hombre. La información ambiental se instrumentaliza a través de los bancos de datos que recogen y ofrecen informaciones sobre la realidad del entorno y sobre los procesos de contaminación. También es información ambiental el conjunto de publicaciones y documentos que se realizan para difundir el estado del conocimiento y de la investigación con fines de difusión o de divulgación.

En la concepción de Targino (1994), la información ambiental puede ser considerada como: [...] datos, informaciones, metodologías y procesos de representación, reflexión y transformación de la realidad, los que facilitan la visión holística del mundo y, además, contribuyen a la comprensión, análisis e interacción armónica de los elementos naturales, humanos y sociales.

Según Vieira (1986, p. 202), la información ambiental está compuesta por dos tipos básicos de información: [...] la información tecnológica, económica y social para la orientación de acciones, tanto en la esfera gubernamental como en el ámbito empresarial, y la información para concienciación de la población en cuanto a sus derechos y deberes con el medio ambiente.

Tavares y Freire (2003) afirman que: La información ambiental es uno de los tipos de información científica y tecnológica. Es consecuencia de la preocupación de la sociedad con los efectos e impactos de la producción y del consumo sobre el medio ambiente.

La información ambiental que constituirá objeto de estudio de esta investigación será la información que refleja el comportamiento de los parámetros del viento que arroja una de las estaciones móviles instaladas al noroeste del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), pues ésta se presenta como soporte para los investigadores del área ambiental en el desarrollo de trabajos de carácter científico.

1.8 Sistemas de información

El término “sistemas de información” tiene muchas acepciones, las cuales han sido presentadas por distintos autores de la materia. Una de estas es por ejemplo: “un conjunto de componentes interrelacionados que colaboran para reunir, procesar, almacenar, y distribuir información que apoya la toma de decisiones, la coordinación, el control, el análisis y la visualización en una organización”. (Laudon, *et al.*, 2002)

Los sistemas de información son conjuntos de elementos que interactúan con el fin de dar soporte a cualquier tipo de organización o empresa. Los elementos presentes en dicho sistemas corresponden al equipo computacional, el software y el hardware necesarios para apoyar el funcionamiento del sistema y el recurso humano que interactuará con este.

Un sistema de información en particular es un proceso en donde existe entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información agregada como se muestra en la ilustración 2.

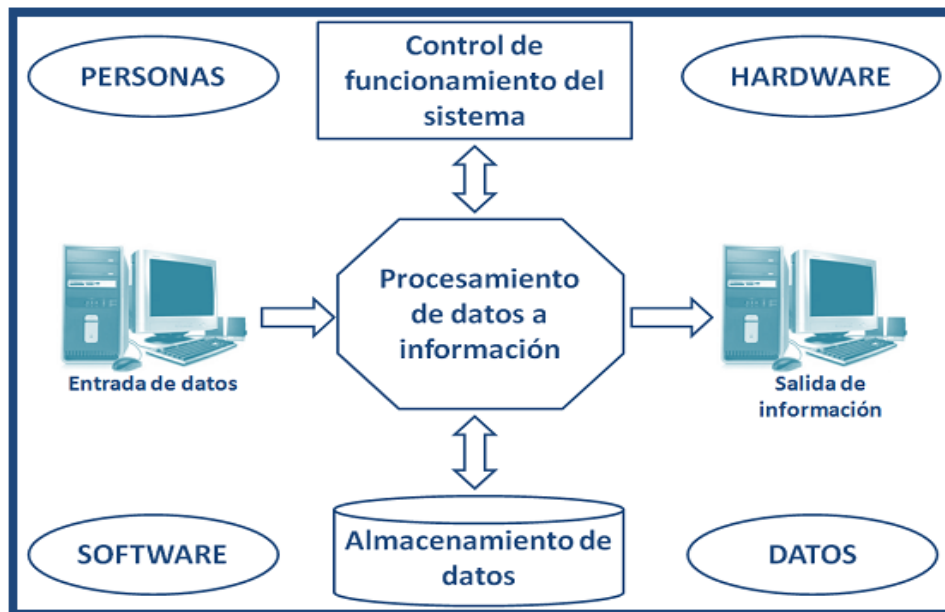


Ilustración 2 Componentes de un Sistema de Información. Fuente: (RENA)

El sistema toma los datos que requiere para procesarlos, puede ser alimentado manualmente ya sea de manera directa por el usuario o automáticamente, donde la información proviene de otros sistemas o módulos (a esto último se le denomina interfaces automáticas). El almacenamiento de la información es una de las actividades o capacidades más importantes que tiene un sistema, ya que a través de esta propiedad el sistema puede acudir a la información guardada en un proceso anterior. La característica de procesar la información es la que permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones. La información que sale del sistema, sale procesada, con un valor agregado (Alvear Rodríguez, 2005).

1.9 Tecnologías y tendencias para el desarrollo de software

Para el desarrollo de un proyecto es necesario realizar una investigación acerca de los elementos tecnológicos, necesarios para el desarrollo del sistema informático. Para la selección de los mismos se tuvo en cuenta que fueran tecnologías libres en concordancia con la política del país de alcanzar la “Independencia tecnológica”.

Según las bibliografías consultadas se determina que se utilizará para el desarrollo del sistema las herramientas que a continuación se detallan, ya que cumple con las características necesarias para el tipo de sistema a desarrollar.

1.9.1 Lenguajes de programación

Java

Este lenguaje cuenta con una interfaz orientada a objetos para acceder de un modo portable a cualquier base de datos, promoviendo la portabilidad. Es poseedor de una extensa biblioteca utilitaria y la portabilidad alcanzada es cualitativamente superior a la que se puede obtener con los lenguajes C/C++. Desde sus inicios se concibió como un lenguaje muy fácil de comprender y utilizar, sin que esto signifique que su aprendizaje sea trivial (Gutiérrez, 2007).

Algunas de las características de este lenguaje la presentamos a continuación:

- El JDK es una herramienta libre de licencias (sin costo), creada por Sun.
- Está respaldado por un gran número de proveedores. Existe soporte dado por Sun.
- Debido a que existen diferentes productos de Java, hay más de un proveedor de servicios.
- Es independiente de la plataforma de desarrollo.

PHP

Es un lenguaje script del lado del servidor usado para crear páginas dinámicas. Aunque no es independiente de la plataforma, ésta no constituye un problema debido a que existe una distribución de PHP para casi cualquier Sistema Operativo (SO), lo cual permite portar el sitio desarrollado de un SO a otro sin necesidad de cambios en los códigos. No obstante, es usual encontrar instalado PHP sobre servidores Unix o Linux (PHP DocumentationGroup, 2008).

PHP cumple con muchas de las características necesarias para el tipo de sistema a desarrollar como por ejemplo:

- Soporta la programación orientada a objetos.
- Generación dinámica de imágenes.
- Acceso a bases de datos (MySQL, Oracle, Postgres, Sybase, etc.).
- Comunicación con una gran cantidad de gestores de bases de datos sin la utilización de ODBC.
- Existen diversos entornos de desarrollo para dicha tecnología.
- Los bugs son en su mayoría controlados, debido a que el código fuente de PHP es abierto, facilitando el control y solución de estos.

1.9.2 Sistema gestor de bases de datos

El software que permite la utilización y/o la actualización de los datos almacenados en una o varias bases de datos por uno o varios usuarios desde diferentes puntos de vista y a la vez, se denomina sistema de gestión de bases de datos (Mato, 2004).

MySQL es un gran Sistema Gestor de Bases de Datos y muy ligero, es bastante común hoy en día, el mismo se ha convertido en el ideal gestor para sitios Web y aplicaciones Web cuando se trabaja con el lenguaje PHP. MySQL se incluye sobre las licencias GNU y OpenSourcey uno de nuestros objetivos es trabajar con tecnologías de Software Libre. Funciona óptimamente, dándole buena rapidez y dinamismo a cualquier aplicación Web; aspecto muy importante que se debe tener en cuenta. A todo esto podemos añadir que existen versiones para casi cualquier tipo de Sistema Operativo, utiliza pocos recursos de disco duro, memoria y velocidad de procesador. MySQL es considerado un Gestor de Base de Datos bastante seguro.

MySQL cumple con muchas de las características necesarias para el tipo de sistema a diseñar y una de esas características es que trabaja bajo aplicaciones web, el soporte es muy bueno y ya que es de distribución libre se reducen los costos de desarrollo, además que es muy reconocido y posee garantía y actualizaciones automáticas del sistema esto para que garantice la funcionalidad del sistema y su mantenimiento.

1.9.3 Framework para el desarrollo de aplicaciones web

ExtJS

En el mercado actualmente existen múltiples librerías de JavaScript que permiten realizar todo tipo de maravillas en el navegador web. Ext -JS permite que con pocas líneas de código sea posible realizar interfaces amigables para los usuarios. Es la librería Javascript más avanzada para el desarrollo rápido de aplicaciones con una apariencia totalmente novedosa y una arquitectura flexible que permite construir aplicaciones complejas (Frederick, *et al.*, 2008).

Esta librería incluye:

- Componentes UI (Interfaz de Usuarios) de alto rendimiento y personalizables.
- Modelo de componentes extensibles.
- Un API (Application Programming Interface) fácil de usar.

- Licencias Open Source (Código Abierto) y comerciales (Frederick, 2008).

Facilidades que Brinda EXT-JS

Ext-JS permite construir aplicaciones RIA, acrónimo de Rich Internet Applications (Aplicaciones Ricas en Internet). Lo que RIA intenta proveer es aquello de lo que siempre ha adolecido la web, una experiencia de usuario muy parecida o igual a la que se tiene en las aplicaciones de escritorio.

Las aplicaciones web tradicionales tienen problemas como la recarga continua de las páginas cada vez que el usuario pide nuevo contenido, o la poca capacidad multimedia, para lo cual se han hecho necesarios plug-insexternos (Frederick, 2008). Esto se ajusta dentro de este esquema como un motor que permite crear aplicaciones RIA mediante Javascript. Si se enmarca a Ext-JS dentro del desarrollo RIA, éste sería el render de la aplicación que controla el cliente y que se encarga de enviar y obtener información del servicio.

Una de las grandes ventajas de utilizar Ext-JS es que permite crear aplicaciones complejas aprovechando así sus componentes predefinidos así como un manejador de layouts similar al que provee Java Swing, gracias a esto provee una experiencia consistente sobre cualquier navegador, evitando el tedioso problema de validar que el código escrito funcione bien en cada uno (Firefox, Internet Explorer, Safari, Google Chrome) (Frederick, *et al.*, 2008).

Usar un motor de render como Ext-JS, permite tener además estos beneficios:

- Existe un balance entre Cliente–Servidor: La carga de procesamiento se distribuye, permitiendo que el servidor, al tener menor carga, pueda manejar más clientes al mismo tiempo.
- Comunicación asíncrona: En este tipo de aplicación el motor de render puede comunicarse con el servidor sin necesidad de estar sujeta a un clic o una acción del usuario, dándole la libertad de cargar información sin que el cliente se dé cuenta.

- Eficiencia de la red: El tráfico de red puede disminuir al permitir que la aplicación elija qué información desea transmitir al servidor y viceversa, sin embargo la aplicación que haga uso de la pre-carga de datos puede revertir este beneficio por el incremento del tráfico.

1.9.4 Entornos de desarrollo integrados (IDE)

Un entorno de desarrollo integrado, llamado también IDE (sigla en inglés de Integrated Development Environment), es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien poder utilizarse para varios. Consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

NetBeans

Es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Existe además un número importante de módulos para extenderlo, es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. NetBeans es un proyecto de código abierto de gran éxito con una gran base de usuarios, una comunidad en constante crecimiento, y con cerca de 100 socios en todo el mundo. SunMicroSystems fundó el proyecto de código abierto en junio de 2000 y continúa siendo el patrocinador principal de los proyectos.

La plataforma permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases de java escritas para interactuar con las API's de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las aplicaciones basadas en esta plataforma pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software. Por tales características NetBeans cumple con los requisitos necesarios para ser utilizado en el desarrollo de la aplicación (Netbeans, 2013).

WebStorm

Es un potente editor HTML e IDE de JavaScript que te proporciona un amplio conjunto de herramientas para ayudarte a crear sitios web. El editor entiende el código, su estructura y te ofrece la finalización del código que esperabas. La ayuda de codificación completa se ofrece incluso para mezclas de lenguajes como HTML dentro de cadenas JavaScript. Cientos de inspecciones de códigos específicos al lenguaje analizan todo el proyecto a medida que escribes y te muestran los problemas identificados antes de abrir el navegador. Inteligentes revisiones rápidas ofrecen soluciones instantáneas.

Estas son algunas de las características clave de WebStorm:

- Finalización específica del explorador, basada en DOM.
- Compatibilidad con ECMAScript Harmony.
- CoffeeScript y TypeScript.
- Refactorización de JavaScript.

1.9.5 Metodología de desarrollo de software

Las metodologías de desarrollo de software definen una serie de procedimientos, técnicas y herramientas para la realización de un producto de software. Para el desarrollo de la solución propuesta se toma OpenUP.

OpenUP es un marco del proceso del desarrollo del software Open Source que en un cierto plazo, se espera que cubra un amplio sistema de necesidades para los proyectos de desarrollo. Es un proceso modelo y extensible, dirigido a gestión y desarrollo de proyectos de software basados en desarrollo iterativo, ágil e incremental apropiado para proyectos pequeños y de bajos recursos y es aplicable a un conjunto amplio de plataformas y aplicaciones de desarrollo (Gestión de Proyectos, 2008).

OpenUP es un proceso iterativo para el desarrollo de software que es:

- Mínimo: Solo incluye el contenido del proceso fundamental.
- Completo: Puede ser manifestado como proceso entero para construir un sistema.
- Extensible: Puede ser utilizado como base para agregar o para adaptar más procesos.

Fases del OpenUP

1. **Concepción:** El objetivo de ésta fase es capturar las necesidades de los usuarios en los objetivos del ciclo de vida para el proyecto.
2. **Elaboración:** El propósito de esta fase es establecer la base la elaboración de la arquitectura del sistema.
3. **Construcción:** Esta fase está enfocada al diseño, implementación y prueba de las funcionalidades para desarrollar un sistema completo. El propósito de esta fase es completar el desarrollo del sistema basado en la Arquitectura definida.
4. **Transición:** El propósito es asegurar que el sistema es entregado a los usuarios y evalúa la funcionalidad y performance del último entregable de la fase de construcción.

Conclusiones parciales

Este capítulo concluye con la necesidad de implementar un sistema capaz de dar respuesta al problema de la disponibilidad y fiabilidad de la gestión de la información los parámetros del viento. Además explica los principales aspectos relacionados con el tema brindando una visión más amplia del sistema que se pretende desarrollar. La herramienta informática que se propone se realizará utilizando tecnologías libres en concordancia con la política del país.

Capítulo II. Desarrollo de la Propuesta de Solución

Introducción

El presente capítulo realiza el análisis, diseño y desarrollo de la solución propuesta para el problema planteado, haciendo uso de la metodología OpenUP antes mencionada para la implementación de la solución. Para ello se definirá la arquitectura de la herramienta, así como su proceso de funcionamiento en virtud de cumplir con los requisitos funcionales de la misma. Se hará la modelación de los diagramas fundamentales.

2.1 Caso de estudio

Como bien se expuso en el epígrafe 1.3.2 del capítulo 1, según (Saura González, *et al.*, 2002) en el mundo se realizan prospecciones tanto globales como locales. La propuesta de solución que se está presentando en esta investigación se basa en los estudios de prospección a nivel local.

Una de las zonas prospectadas en el Mapa Eólico de Cuba, confeccionado en el 2005 es el norte del municipio Moa ubicado en la provincia de Holguín. El objetivo de esta zona estar prospectada es detectar las áreas más idóneas para el aprovechamiento del viento en la industria energética.

Para la elaboración de la herramienta que se propone, se utilizaron los datos generados por una de las estaciones de monitoreo ubicadas al noroeste del municipio de Moa. La misma poseía series largas de datos de velocidades y dirección de viento que abarcaban períodos de 4 años, midiendo la velocidad a 10, 30 y 50 m de altura con una frecuencia de muestreo de 10 minutos.

2.2 Análisis del sistema

La etapa de análisis de un sistema es aquella en la que se estudia el problema planteado y en donde a partir de la utilización o no de herramientas automatizadas se modelan en varios diagramas los requisitos fundamentales del problema.

En los siguientes epígrafes se refleja el trabajo de análisis realizado para concebir el sistema de información para el análisis de datos del viento, en el que se han tomado en consideración los requisitos indispensables para realizar el trabajo y que debe cumplir la aplicación.

Las principales fuentes suministradoras de los requisitos que pueda tener un sistema son los clientes interesados en que este se desarrolle, por lo que el analista es el responsable de obtener de los clientes toda la información necesaria para llevar a cabo correctamente la tarea.

En este caso se entrevistó a varios investigadores del Centro de Estudios de Energía y Tecnología de Avanzada de Moa (CEETAM), del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, que como parte de una de sus líneas de investigación desarrolla desde octubre del año 2006 algunos trabajos sobre la de Prospección Eólica de Moa. Ellos plantearon que para el desarrollo de este sistema de información hay que tener en cuenta como es el proceso actual de análisis de los parámetros que se tienen en cuenta para el estudio del viento en un área determinada. Es por eso que se describe esta situación desde la perspectiva de dos actores fundamentales:

- **Especialista técnico:** Recolecta los datos arrojados por los equipos de medición los cuales son extraídos en hojas de cálculo de Microsoft Excel, sobre estas hojas desarrollan los cálculos necesarios para transformar y obtener información sobre el comportamiento del viento. El intercambio de estos datos, con personas interesadas (otros especialistas, directivos, personal científico), se realiza de

forma manual mediante la comunicación persona-persona utilizando dispositivos extraíbles como memorias flash, CD, etc..

- **Especialista funcional:** Tiene un limitado acceso a los datos de los parámetros de viento, fundamentalmente porque no cuenta con un “punto de acceso” en el que se distribuyan. Para solicitar estos datos o alguna información relacionada, debe comunicarse con los especialistas técnicos utilizando algún canal de comunicación como email, teléfono, etc., con todas las dificultades que desde el punto de vista tanto de disponibilidad como seguridad esto conlleva.

Como resultado de estas entrevistas, se determinó la necesidad de desarrollar un sistema informático que permita mostrar toda la información que brindan estas estaciones para así los especialistas en el tema puedan realizar algunos análisis de los parámetros del viento a la hora de evaluar los recursos eólicos.

El desarrollo del mismo será implementado en dos subsistemas cumpliendo con los requisitos siguientes:

1. el primero encargado de extraer los datos del fichero que arrojan los equipos encargados de medir las condiciones eólicas y
2. el segundo es el responsable de gestionar la información asociada a los datos registrados y mostrar el análisis de los mismos.

2.3 Arquitectura del sistema

Una consideración importante a la hora de seleccionar la arquitectura de un software es las restricciones que imponen los entornos en los que se ejecutarán sus componentes.

Los sistemas distribuidos nos permiten por su naturaleza resolver este problema, al tratar cada componente según los requerimientos funcionales que demanden, para su funcionamiento y el del sistema en general. Entonces se le podrían añadir a las ventajas señaladas por (Tanenbaum, 2002) sobre los sistemas distribuidos: la adaptabilidad de

los componentes a los requerimientos de hardware y software en los ambientes de ejecución.

Una aplicación distribuida es una aplicación con distintos componentes que se ejecutan separados, normalmente en diferentes plataformas conectadas, donde la distribución se refiere a la construcción de software por partes, a las cuales le son asignadas un conjunto específico de responsabilidades dentro de un sistema (Carbajal Espinosa, 2013).

Precisamente los requerimientos que impone el medio donde se instalan temporalmente las estaciones móviles precisa de un hardware de poco consumo eléctrico, esto limita la potencia de los ordenadores que se utilizan. Aquí surge una disyuntiva por una parte se necesita garantizar la disponibilidad y fiabilidad de los datos y facilitar la interpretación de la información que se puede extraer de los mismos y por otra parte existen restricciones en cuanto al consumo de recursos de los software instalados.

La creación de un sistema distribuido posibilita la utilización de un software intermediario entre el componente encargado de tomar los datos que generan las estaciones anemométricas y el componente encargado de representar para la posterior interpretación y análisis de esos datos. Es por eso que la arquitectura que se propone está basada en el patrón *the broker* que a continuación presentamos:

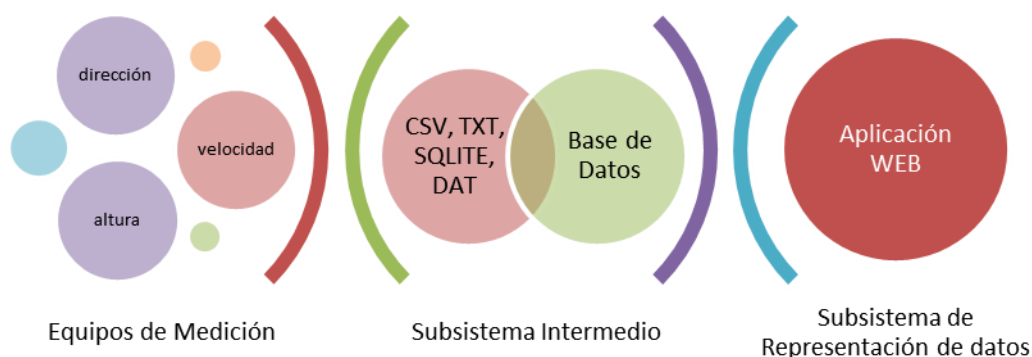


Ilustración 3 Arquitectura de la aplicación usando el patrón The Broker.

El patrón arquitectónico *The Broker* puede usarse para estructurar sistemas de software distribuidos con componentes desacoplados que interactúan por invocaciones de servicios remotos. Un componente *Broker* es responsable de coordinar la comunicación, remitir las demandas, así como transmitir resultados y excepciones. El ambiente es un sistema distribuido y heterogéneo con componentes independientes que cooperan entre sí (Tanenbaum, 2002).

El patrón *Broker* reduce la complejidad en el desarrollo de aplicaciones distribuidas porque hace que la distribución sea transparente al desarrollador, mediante la introducción de un modelo de objetos en el que los servicios distribuidos se encapsulan en objetos. Por lo tanto, los sistemas *Broker* ofrecen una ruta para la integración de dos tecnologías: distribución y objetos. Asimismo, los sistemas *Broker* extienden los modelos de objetos desde aplicaciones individuales hasta aplicaciones distribuidas que constan de componentes desacoplados que pueden ejecutarse en máquinas heterogéneas, y que pueden escribirse en lenguajes de programación diferentes.

2.4 Actores y casos de uso

El artefacto fundamental que se utiliza en la captura de requisitos es el modelo de casos de uso, que incluye los casos de uso y los actores. El modelo de casos de uso permite que los desarrolladores de software y los clientes lleguen a un acuerdo sobre los requisitos, es decir, sobre las condiciones y posibilidades que debe cumplir el sistema. El modelo de casos de uso sirve como acuerdo entre clientes y desarrolladores y proporciona la entrada fundamental para el análisis, el diseño y las pruebas (Jacobson, *et al.*, 2002).

Tabla 2.1 Actores del sistema

Actor	Descripción
Especialista Técnico	Es la persona encargada de gestionar la carga de los datos desde los equipos al sistema de información.

Especialista Funcional

Es la persona encargada de visualizar el estudio de los datos mediante una aplicación web.

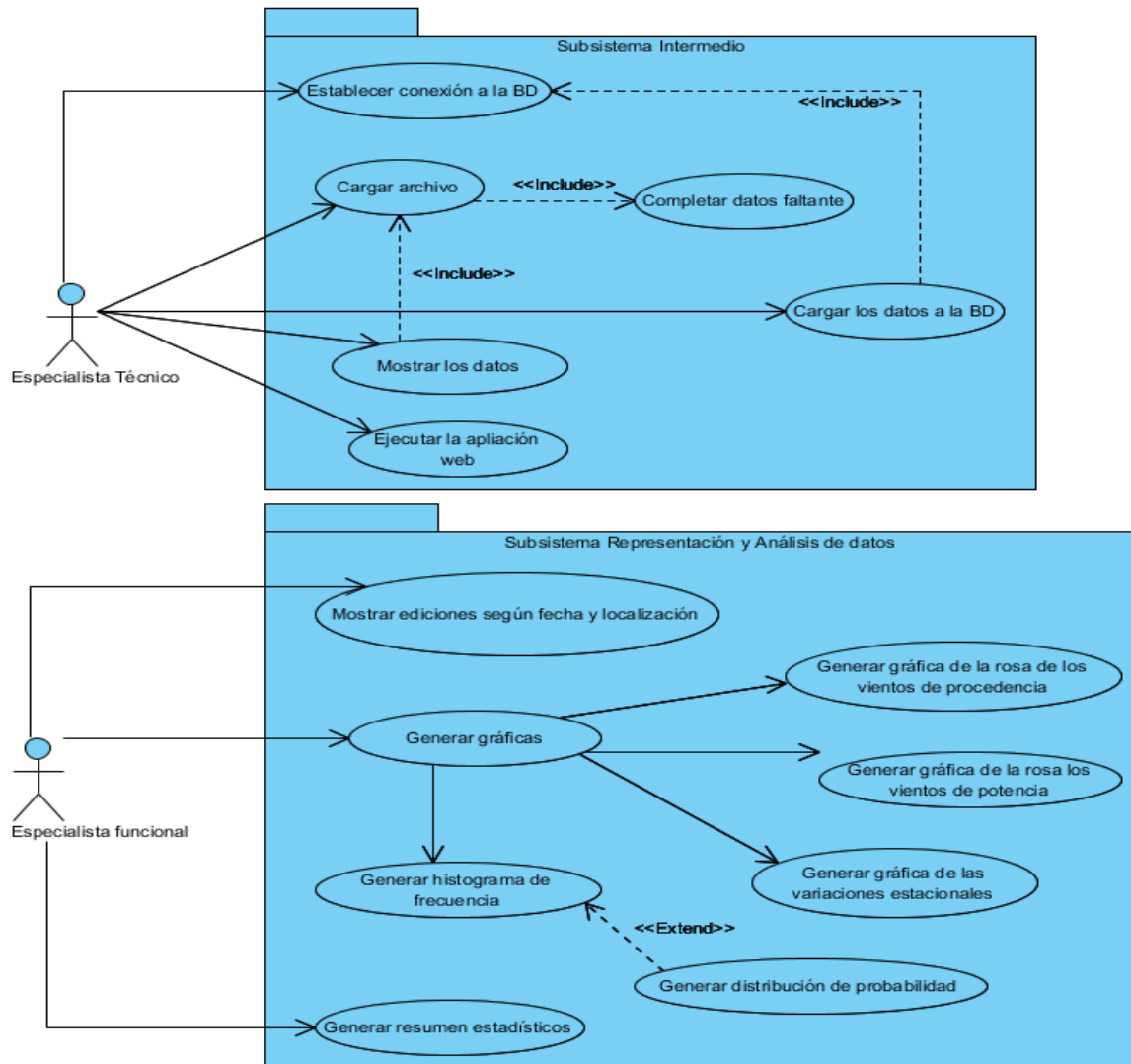


Ilustración 4 Casos de uso del sistema

A continuación se muestra una descripción breve de los casos de usos asociados al sistema:

Subsistema intermedio:

- Establecer conexión a la BD: Permite conectarse a la base de datos del sistema seleccionando las propiedades de la conexión del sistema, en el cual el mismo muestra una ventana para establecer los parámetros de la conexión con la base de datos.
- Cargar archivo: Permite buscar en el equipo la ubicación del archivo .csv que contiene los datos arrojados por los equipos de medición y donde se completan los datos faltantes de la medición.
- Cargar los datos a la BD: Permite guardar los datos en la base de datos, observando el progreso de la operación.
- Mostrar los datos: Una vez cargado y completado el archivo se le muestra al especialista técnico.
- Ejecutar la aplicación web: Permite ejecutar el subsistema de análisis de datos.

Subsistema de representación y análisis de datos:

- Mostrar ediciones según fecha y localización: Muestra todas las mediciones que están almacenadas en la BD de una fecha y lugar determinado.
- Generar gráficas: Brinda un conjunto de gráficas que responden a los parámetros que se analizan.
- Generar resumen estadísticos: Brinda algunas estadísticas de los parámetros del viento que se están analizando.
- Generar distribución de probabilidad: Muestra el histograma de frecuencia ajustado a la distribución de *Weibull*.

2.5 Patrones de diseño

Los patrones de diseño para la implementación del subsistema intermedio empleados son los siguientes:

Patrón Observer: ya que define una dependencia del tipo uno-a-muchos entre objetos, de manera que cuando uno de los objetos cambia su estado, el observer se encarga de notificar este cambio a todos los otros objetos dependientes.

Patrón Command: 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, facilitando la parametrización de los métodos.

Mientras que para el subsistema de representación de datos utilizamos el que a continuación se enuncia:

Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador: con este patrón Se trata de realizar un diseño que desacople la vista del modelo, con el fin de perfeccionar la reusabilidad. De este modo las modificaciones son las que impactan en menor medida en la lógica de negocio o de datos.

En el *Anexo 1* se muestran los diagramas de estos patrones descritos anteriormente.

2.6 Diagramas de clases

Estos diagramas representan las clases que son utilizados dentro del sistema y las relaciones que existen entre ellas. Sirve para visualizar las relaciones entre las clases que involucran el sistema, las cuales pueden ser asociativas, de herencia, de uso y de convencimiento. Un diagrama de clases está compuesto por los siguientes elementos: Clase: atributos, métodos y visibilidad; y Relaciones: herencia, Composición, Agregación, Asociación y Uso.

En la figura 5 se muestra el diagrama de clases del subsistema intermedio mientras que en la figura 6 el del subsistema de representación de datos.

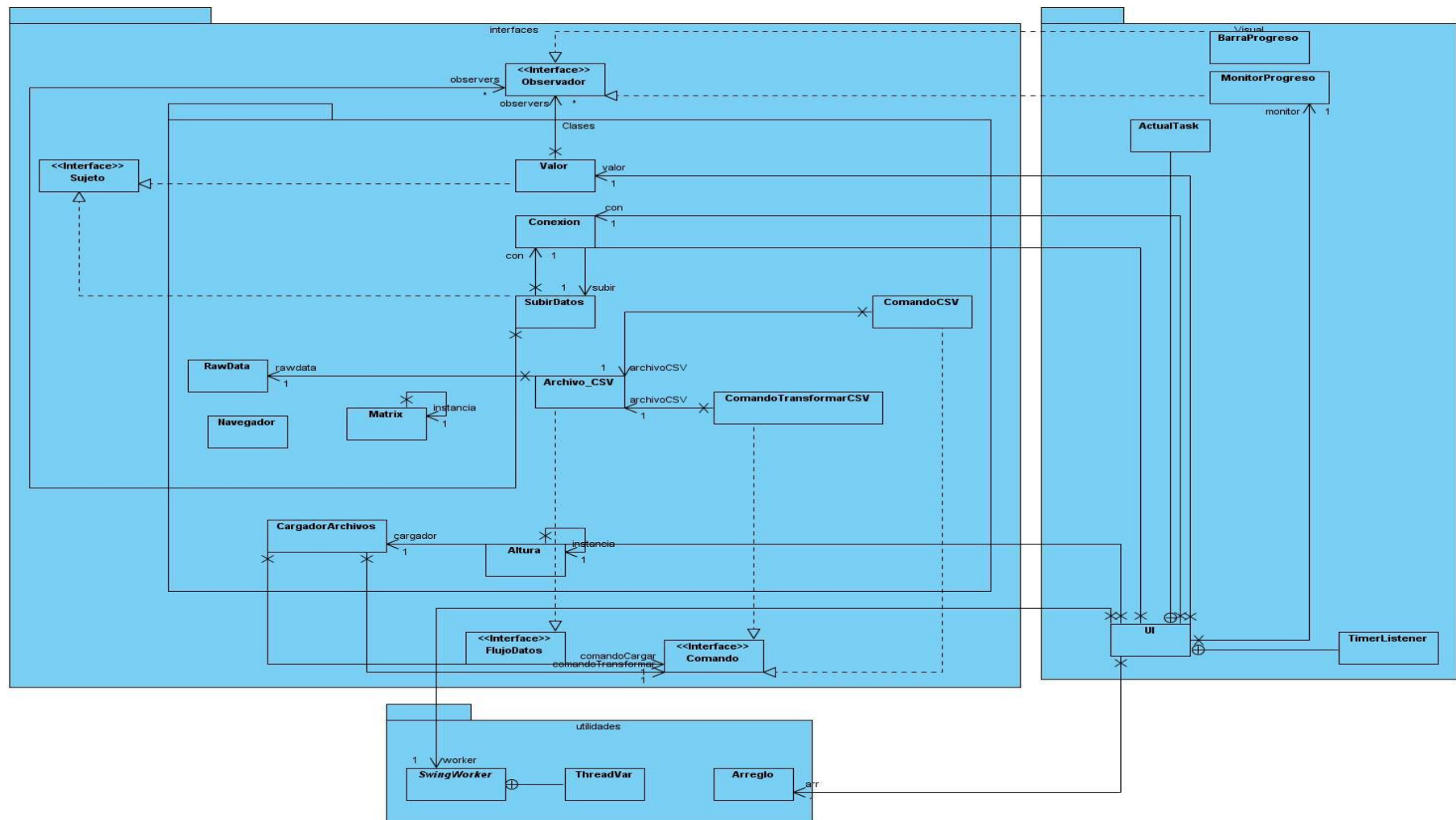


Ilustración 5 Diagrama de Clases del Subsistema Intermedio.

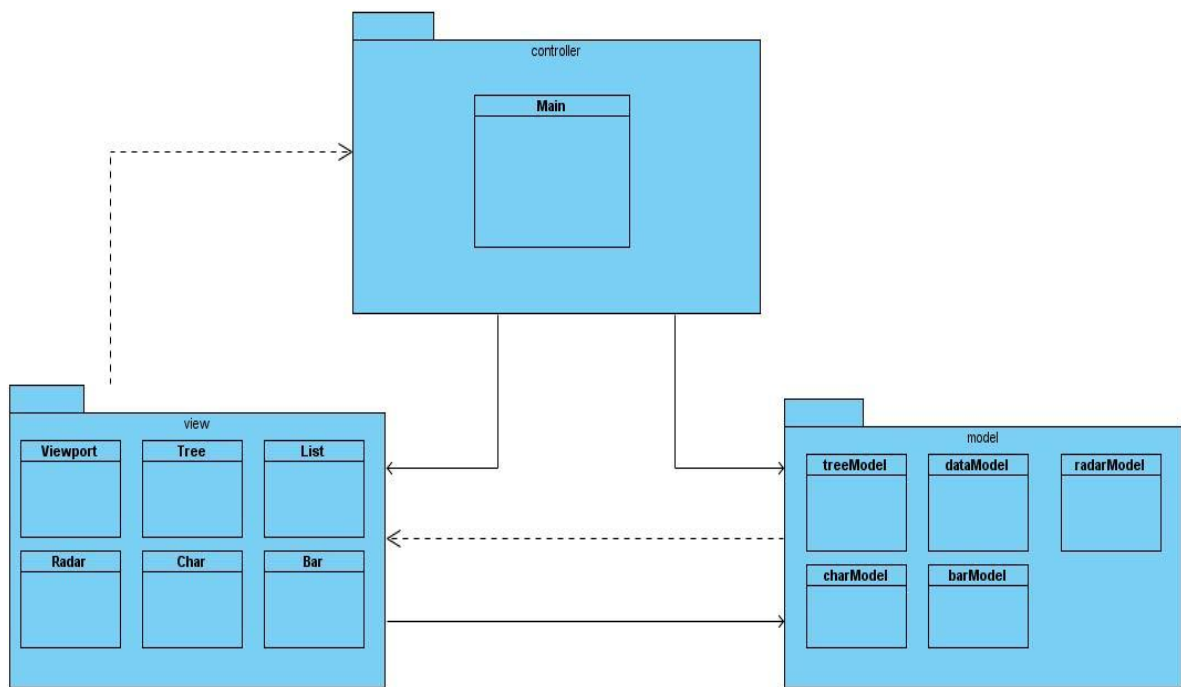


Ilustración 6 Diagrama de Clases del Subsistema de representación de datos.

2.7 Diseño de la base de datos

En el ámbito de los negocios, un modelo de datos es una estructura abstracta que documenta y organiza la información para la comunicación entre el personal del departamento técnico y el resto de los empleados. En la informática, difiere en cuanto a su enfoque, el cual se centra en el planeamiento del desarrollo de aplicaciones y la decisión de cómo se almacenarán los datos y cómo se accederá a ellos. Los modelos de datos son esenciales para el desarrollo de sistemas de información, ya que a través de ellos puede conseguirse la compatibilidad necesaria para manejar cantidades colosales de datos.

En el modelo del sistema propuesto los datos se organizan en una forma similar a un árbol, en donde un nodo padre de información puede tener varios hijos. El nodo que no tiene padres es llamado raíz y a los nodos que no tienen hijos se los conoce como hojas.

Estos tipos de modelos responden a las bases de datos jerárquicas. Las mismas son especialmente útiles en el caso de aplicaciones que manejan un gran volumen de información y datos muy compartidos permitiendo crear estructuras estables y de gran rendimiento.

En la ilustración 7 se muestra el diagrama del modelo de datos del sistema de información propuesto, donde la tabla selector es el padre, la cual puede tener desde 1 hasta muchos hijos.

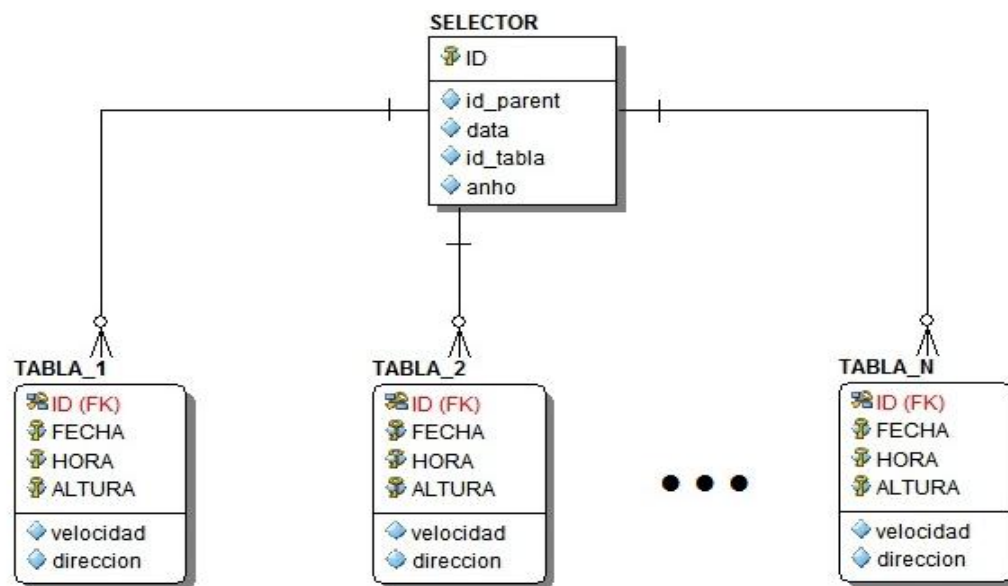


Ilustración 7 Modelo de datos.

Para la manipulación de las tablas se usa el SQL (Lenguaje Estructurado de Consultas) que constituye un lenguaje, descendiente del SEQUEL (Inglés Estructurado de Consultas), para la construcción y manipulación de base de datos en cualquier plataforma de hardware. Constituye un lenguaje estándar para la consulta en redes en diferentes plataformas de hardware y software.

2.8 Diagrama de componentes

Estos diagramas representan cómo un sistema de software es dividido en componentes y muestra las dependencias entre estos. Debido a que los diagramas de componentes son

más parecidos a los diagramas de casos de usos, éstos son utilizados para modelar la vista estática y dinámica de un sistema. Muestra la organización y las dependencias entre un conjunto de componentes. No es necesario que un diagrama incluya todos los componentes del sistema, normalmente se realizan por partes. Cada diagrama describe un apartado del sistema. En él se situarán librerías, tablas, archivos, ejecutables y documentos que formen parte del sistema. Uno de los usos principales es que puede servir para ver qué componentes pueden compartirse entre sistemas o entre diferentes partes de un sistema. (Jacobson, *et al.*, 2002).

A continuación se muestra el Diagrama de Componentes del sistema propuesto.

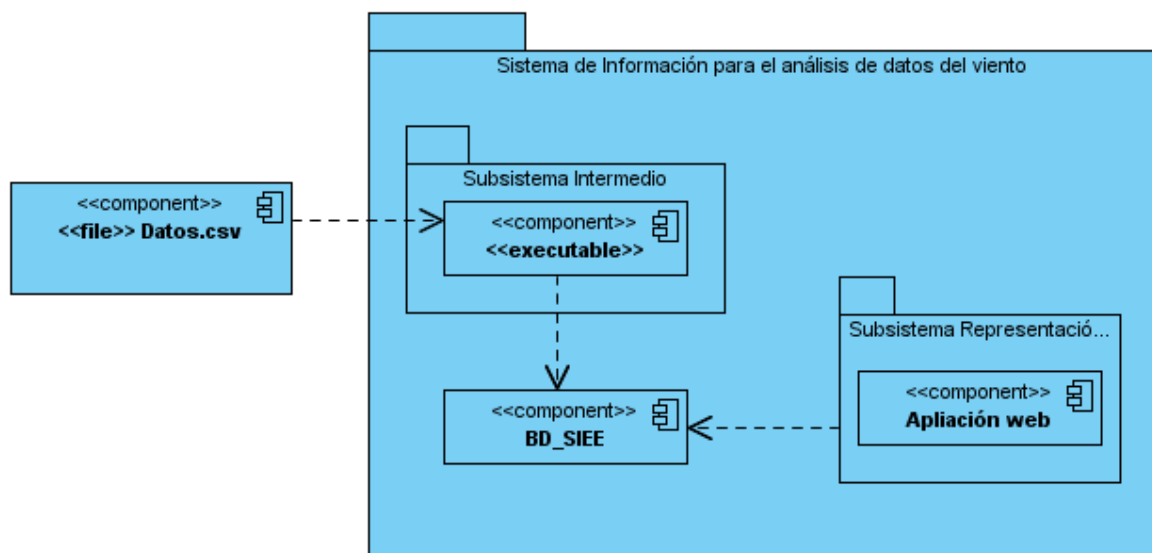


Ilustración 8 Diagrama de Componentes del Sistema.

2.9 Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue se utiliza para modelar el hardware utilizado en las implementaciones de sistemas y las relaciones entre sus componentes. Los elementos usados por este tipo de diagramas son:

Nodos: los elementos de procesamiento con al menos un procesador, memoria, y posiblemente otros dispositivos.

Dispositivos: los nodos son estereotipados sin capacidad de procesamiento en el nivel de abstracción que se modela.

Conectores: expresan el tipo de conector o protocolo utilizado entre el resto de los elementos del modelo.

A continuación se muestra el diagrama de despliegue de la aplicación:

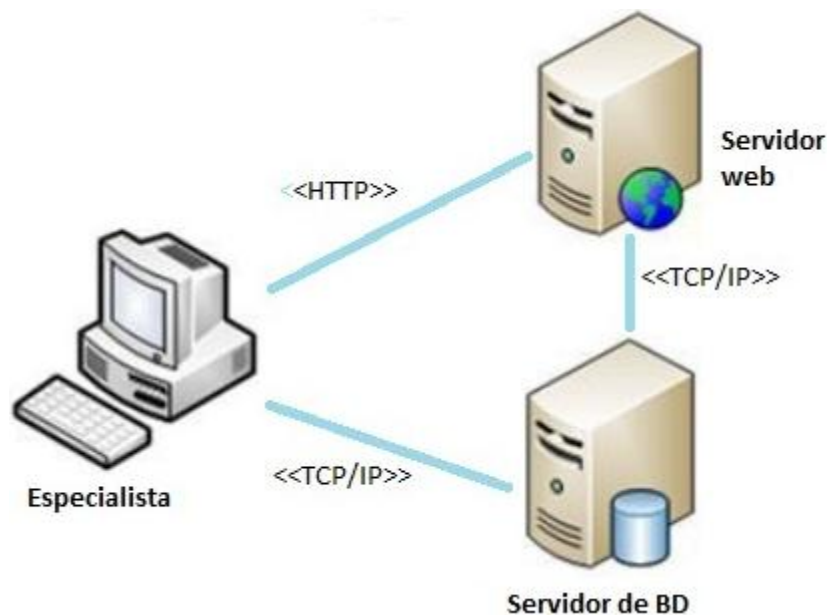


Ilustración 9 Diagrama de despliegue del sistema.

Conclusiones parciales

En este capítulo se definieron los aspectos relacionados con el análisis, diseño e implementación de la aplicación obteniéndose las funciones que debe realizar la aplicación, las cuales se representaron mediante un Diagrama de Casos de Uso. Una vez analizados todos estos elementos se desarrolló el sistema cumpliendo todos los parámetros y requerimientos especificados a través de los Diagramas de Clases, de Componentes y de Despliegue para una mayor comprensión del alcance y funcionalidad de la aplicación.

Capítulo III. Presentación de los Resultados

Introducción

En este capítulo se muestran las principales interfaces visuales del sistema y las funcionalidades que el mismo provee. Además se realiza un análisis de la variable medioambiental que se estudia y por último se tiene un impacto de la propuesta del sistema desarrollado.

3.1 Procesamiento de la información

Los datos obtenidos por las estaciones anemométricas utilizadas en los estudios de los parámetros del viento, se encuentran en forma de reportes con la siguiente estructura:

Tabla 3.1. Estructura de los datos

Loggername	date_____	time_____	s1a[m/s]	s1x[m/s]	s1i[m/s]	s1s[m/s]
HLG_-_1122_-_52	01/02/2008	0:00:00	1,8	2,7	1,1	0,3

Continuación:

s2a[m/s]	s2x[m/s]	s2i[m/s]	s2s[m/s]	s3a[m/s]	s3x[m/s]	s3i[m/s]	s3s[m/s]	d1a[°]	[- 1=error]	[ser.no.]
1,4	3	0,3	0,5	1,2	2,2	0,4	0,4	225		C060323

Donde la columna 1 es un indicador de la fuente de datos, la columna 2 indica la fecha y la columna 3 la hora de la medición.

- Las columnas 4,5,6 y 7 indican respectivamente la velocidad media, la velocidad máxima, velocidad mínima y la desviación estándar de la velocidad en el período de 10 minutos y para la altura de 50 metros;

- las columnas 8,9,10 y 11 indican lo mismo que la 4,5,6 y 7 respectivamente, para 30 metros de altura,
- análogamente las columnas 12, 13,14 y 15 lo indican para 10 metros de altura.
- La columna 13 representa la dirección del viento dada en grados sexagesimales,
- la columna 16; la existencia de algún error en la medición y
- la columna 17 informa el número de serie de la medición.

Los datos son matrices que contienen las 17 columnas descritas anteriormente y 144 filas que se corresponden con el total de intervalos de 10 minutos que contiene un día completo de medición, estas se multiplican por la cantidad de días que trae el mes y conforman todas las mediciones cada 10 minutos en un mes completo.

El sistema de información para el análisis de los datos del viento realiza el procesamiento de la información de entrada a través de los ficheros arrojados por las estaciones anemométricas que contienen la información descrita anteriormente, permitiendo que se puedan realizar estudios que garanticen con su análisis a la interpretación de los mismos, dichos estudios se refieren al comportamiento del viento para su posterior evaluación (tratado en el epígrafe 1.3 del capítulo1).

Para solicitar estos ficheros, el sistema desarrollado posee un subsistema intermedio el cual se encarga del acceso a un diálogo que permite seleccionar el archivo .csv del período que se desea evaluar.

El resultado del proceso que es en sí la obtención del análisis del viento se observa por medio de editores gráficos cuyo contenido aparece por pantalla para cada una de las opciones que se muestran en el llamado menú Gráficas del sistema de representación de datos.

3.2 Validación funcional del sistema

El aumento de la complejidad de los sistemas software implica un aumento de la necesidad de garantizar su calidad. Un pilar fundamental en el aseguramiento de la calidad de un producto son las pruebas que se le realizan, las que permiten que salgan a la luz la mayor cantidad de defectos que son insertados en todas las etapas de desarrollo. Para formalizar esta práctica, han sido creadas técnicas que describen como probar un sistema de información en su ciclo de vida.

Una de estas técnicas son las pruebas de caja negra y dentro de esta las pruebas funcionales, con este tipo de prueba la aplicación es probada por sus requerimientos funcionales. Estas velan por la correcta ejecución de las funciones, incluyendo los comandos de usuario, la manipulación de los datos, las búsquedas y los procesos de negocios, las pantallas de usuarios y las integraciones.

A continuación se presentan algunas de las funcionalidades que brinda el sistema de información de análisis del viento dividido en los dos subsistema que se implementaron tomando los datos perteneciente al año 2007, ya que es el mismo procedimiento para todos los años.

3.2.1 Subsistema intermedio

El subsistema intermedio posee una barra de menús donde uno es para la configuración de la base de datos y el otro para la carga de los datos.

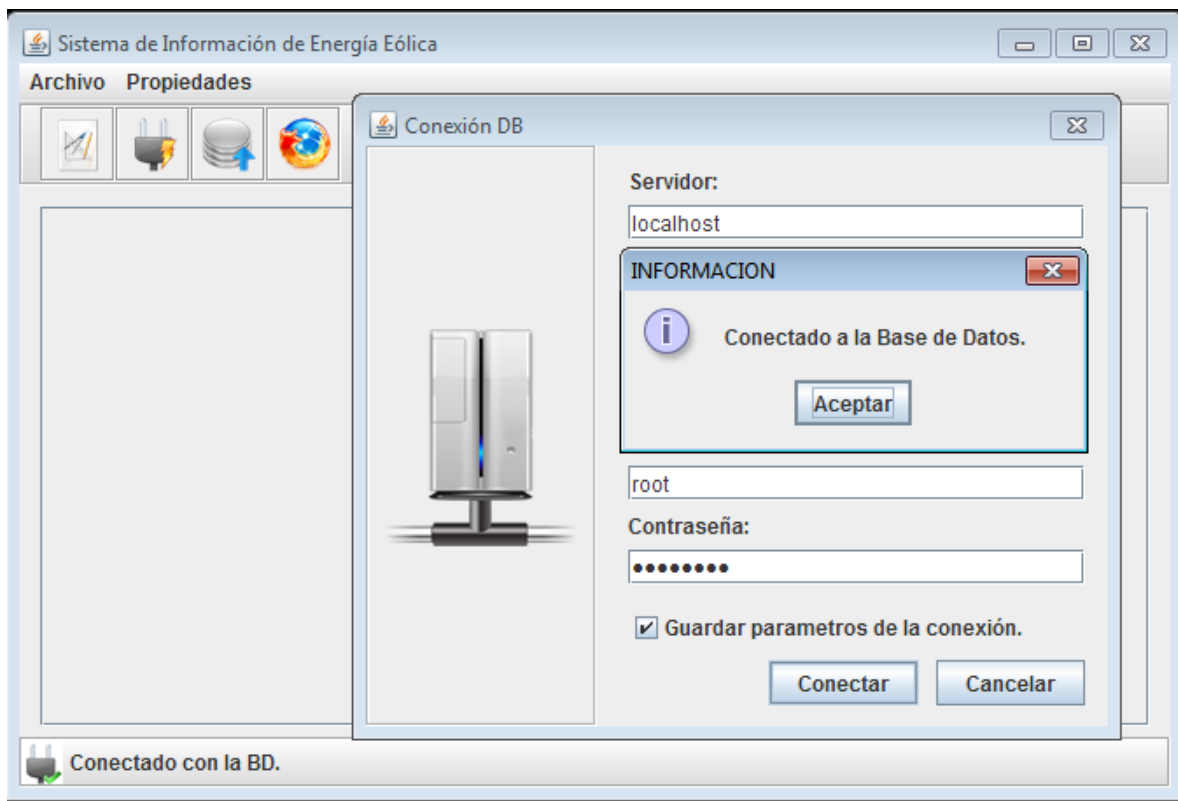


Ilustración 10 Conexión a la base de datos.

Una vez conectado a la base de datos los especialistas encargados de realizar los estudios sobre el potencial eólico de una zona lo primero que deben de hacer es completar algunos datos en los ficheros arrojados por las estaciones móviles ya que los mismos no cuentan en su estructura con la altura de las mediciones. Para eso el subsistema intermedio localiza en un directorio el fichero y luego se le asignan las 3 alturas a las que se realizan las mediciones. En la figura que se presenta a continuación se puede observar lo mencionado anteriormente.

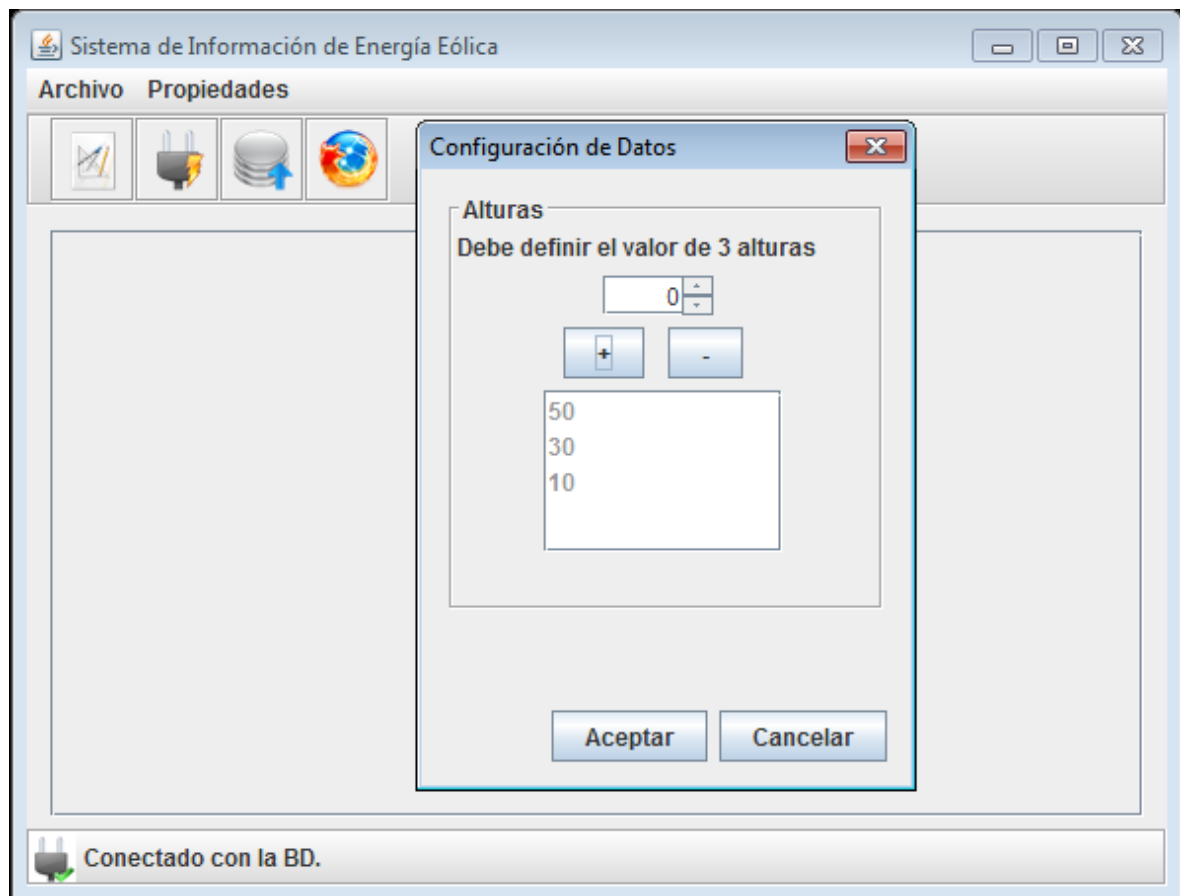


Ilustración 11 Completamiento de datos faltantes.

Una vez completado los datos con las alturas correspondientes a cada medición, se procede a almacenar los datos en la base de datos del sistema. La ilustración 12 muestra la carga de esos datos.

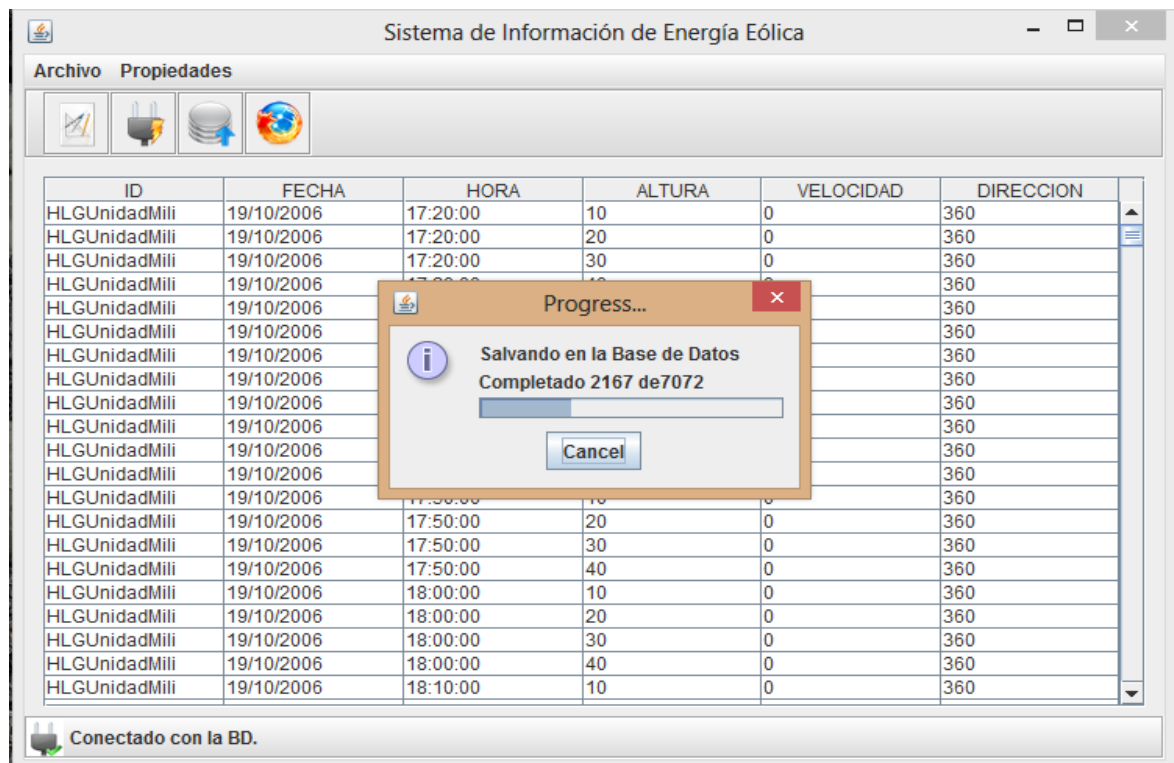


Ilustración 12 Carga de los datos a la base de datos.

3.2.2 Subsistema de representación y análisis de datos

El subsistema de representación de datos presenta 3 módulos de información. En el módulo de la izquierda podemos observar todas las mediciones que están almacenadas según la fecha y el lugar de estudio. Según lo seleccionado en el 1er módulo se muestra en el módulo del centro la información referente al mismo. En el módulo de la derecha podemos seleccionar la forma en que queremos visualizar los datos que necesitamos analizar para interpretarlos y dar las consideraciones pertinentes. La ilustración 13 muestra los módulos a lo que se hace referencia anteriormente.

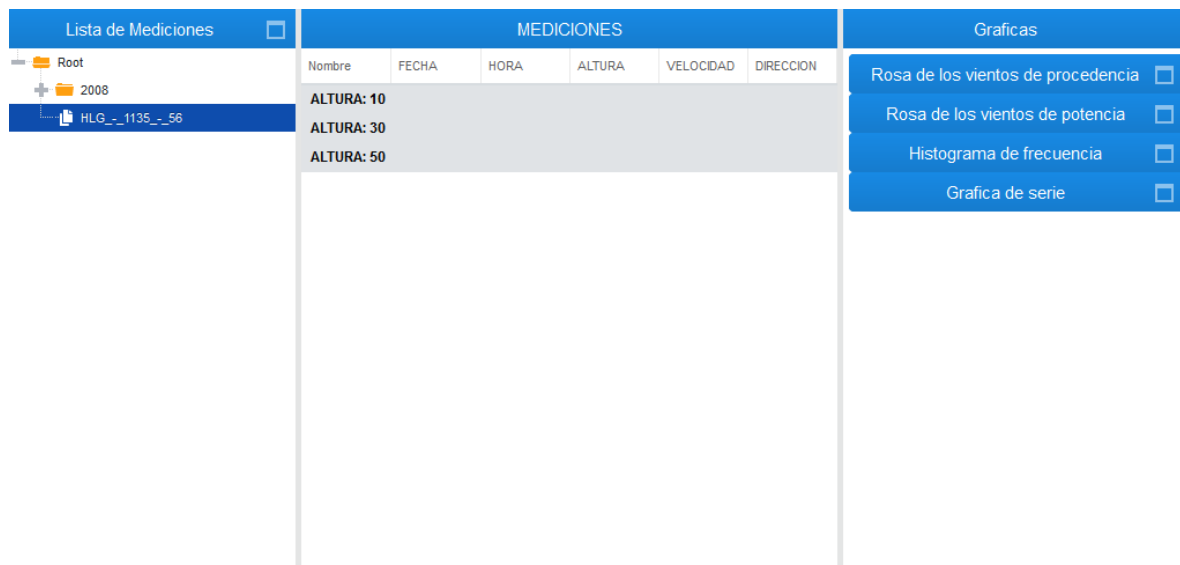


Ilustración 13 Sistema de representación de datos.

La dirección del viento se codifica comúnmente en 16 rumbos tal y como se muestra en la Ilustraciones de la 12 a la 15. También suele expresarse la dirección del viento por cuadrantes de la manera siguiente: El primer cuadrante, entre 0° y 90°, el segundo cuadrante, entre 90° y 180°, el tercer cuadrante, entre 180° y 270°, y el cuarto cuadrante, entre 270° y 360°.

El movimiento del viento es un fenómeno aleatorio y su investigación acertada parte del estudio de las condiciones locales. Esta premisa es muy importante porque en la orografía montañosa es un factor que incide notablemente en el comportamiento de la eólica (Lamorú Reyes, *et al.*, 2012).

Uno de los objetivos de este trabajo es analizar los parámetros del viento para eso se obtienen gráficos de velocidad y dirección del viento, para estudiar el comportamiento de esta variable medioambiental. En esta sección solo se hablará de los gráficos para el período 2007, puesto que solo son un ejemplo dentro del gran conjunto de gráficos que puede brindar la aplicación.

Muchas veces cuando se realizan estudios de determinados datos, no es fácil comprender lo que expresan, si se tiene una graficación de su comportamiento, se podrá comprender el fenómeno que representan.

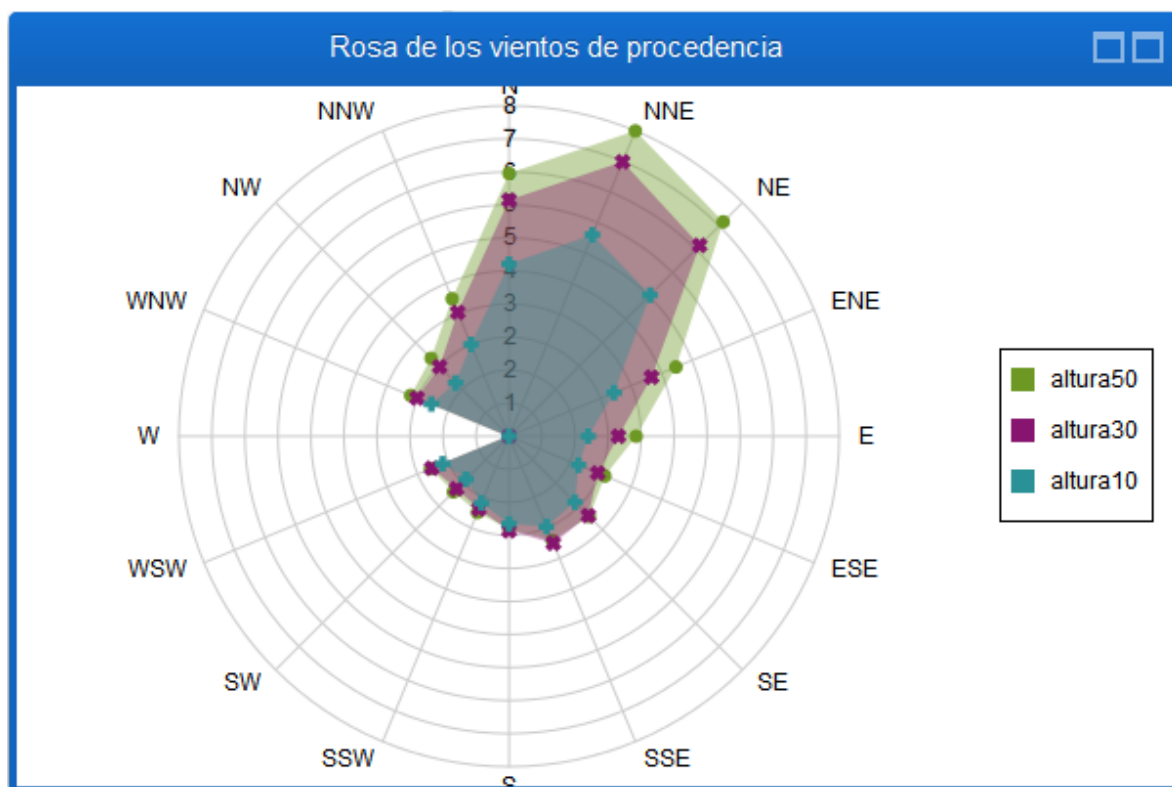


Ilustración 14 Rosa de los vientos de procedencia del 2007.

La figura 14 muestra el gráfico de rosa de los vientos de procedencia de la velocidad promedio en el año 2007 a una altura de 10, 30 y 50 metros. Estos valores corresponden a clases de velocidad moderada en adelante, lo que evidencia un buen comportamiento del viento. En la tabla 1.1 podemos observar cual es el efecto que provocan estos tipos de velocidades.

Como se puede observar en el gráfico de las rosas de los vientos de procedencia mostrado anteriormente se puede decir que estos estudios experimentales en esta región, evidencian un promisorio régimen de vientos como consecuencia de la presencia del Anticiclón del Atlántico y la superposición de otros eventos meteorológicos favorables.

Según la información que nos brindan estos datos arrojados es que la mayor incidencia de estos vientos sobre Moa es con dirección predominante del Norte al Noreste. Como resultado de estas condiciones, se origina un organizado sistema local de brisas que se superpone al régimen de vientos de escala regional.

De manera general, para cualquier gráfico de velocidad que se obtenga, se puede averiguar en qué medida se puede aprovechar el potencial eólico. Los datos presentados se corresponden con el potencial eólico de la provincia de Holguín, el cual se muestra en el *Anexo 2. Potencial Eólico de Holguín (según Mapa de Potencial Eólico en Cuba)*

La figura 15 muestra la zona con un potencial entre 158 y 500 W/m², con el estudio realizado a los datos de la torre Unidad Militar, en el año 2007, a las alturas de 10, 30 y 50 metros, se corrobora el resultado expuesto en el *Anexo 2. Potencial Eólico de Holguín (según Mapa de Potencial Eólico en Cuba)* En la región de estudio, se tiene un potencial eólico que es muy apropiado en el aprovechamiento del viento para la generación de energía eléctrica.

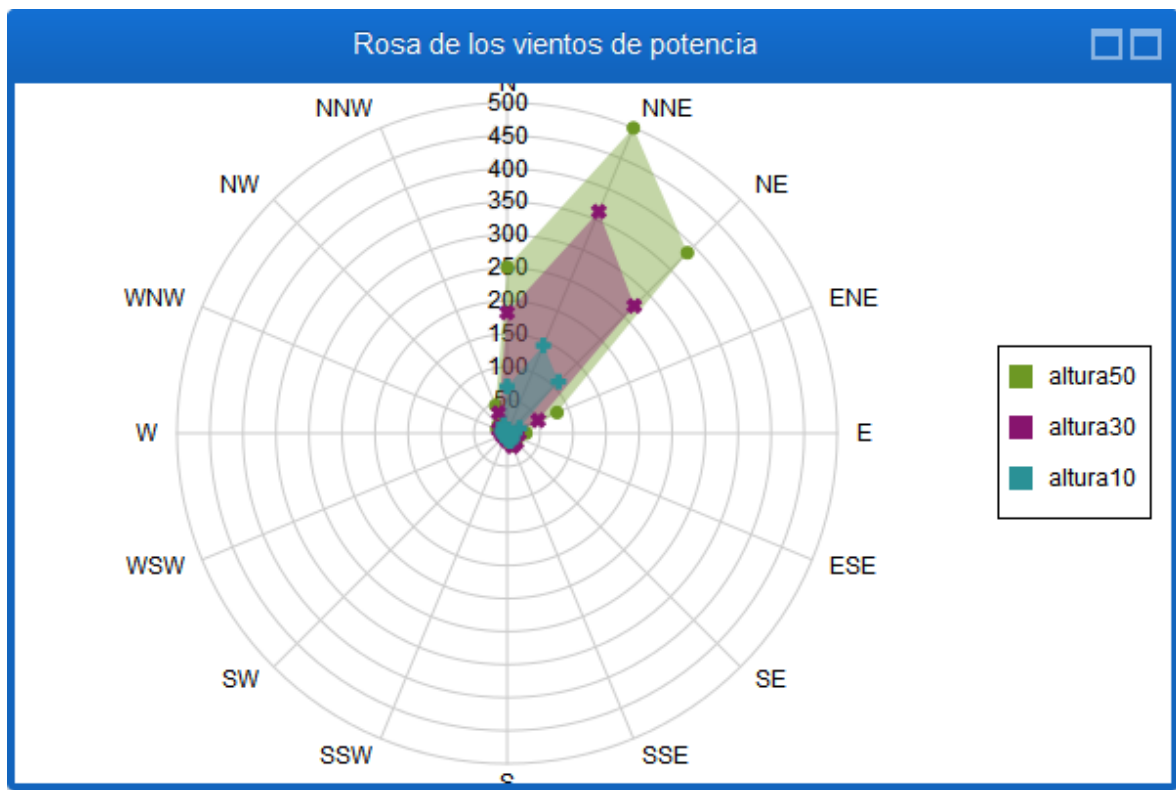


Ilustración 15 Rosa de los vientos de potencia del 2007.

La figura anteriormente presentada muestra un gráfico de rosa de los vientos de potencia, la que significa que en el punto cardinal norte noreste aumenta el porcentaje del paso de los vientos.

Mientras que la figura 16 muestra un gráfico de serie de las variaciones estacionales donde se puede observar que el mes de mayor velocidad es el de julio.

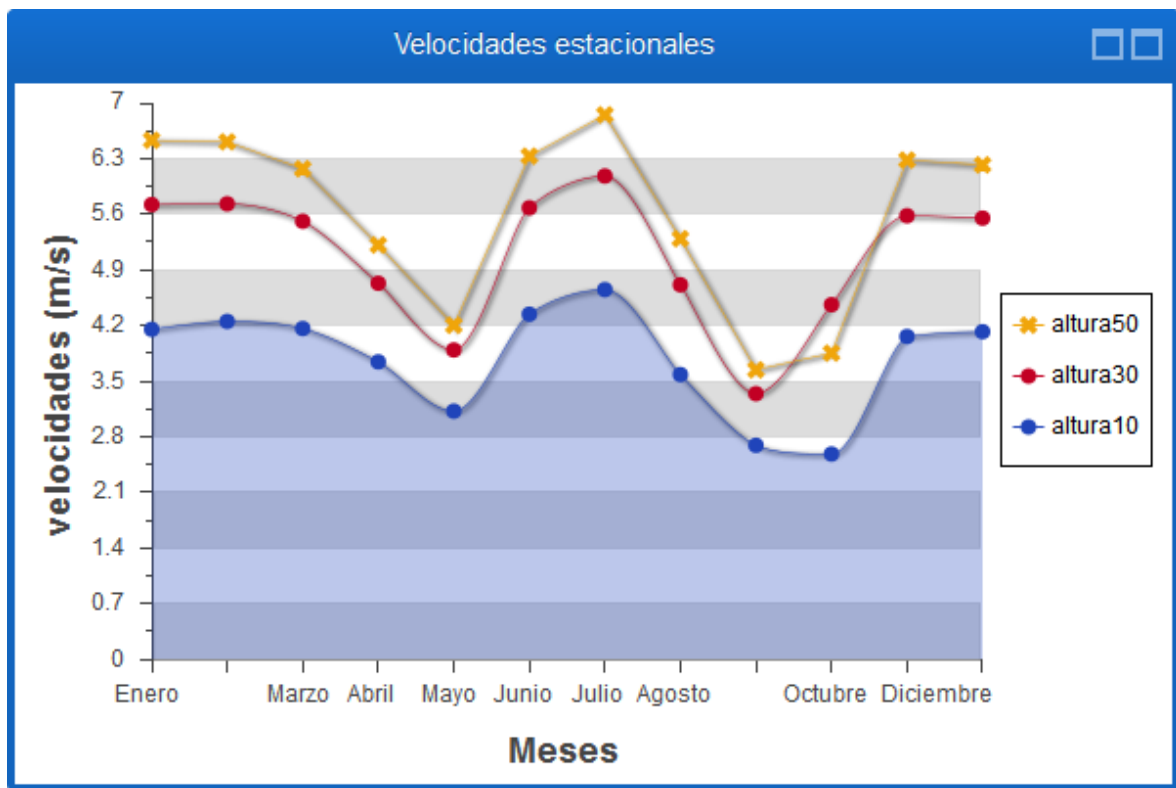


Ilustración 16 Histograma de serie de velocidad mensual en el 2007.

La ilustración mostrada anteriormente refleja que en el mes de mayor velocidad es donde hay mayor entrega de energía mientras que el mes de septiembre es el de diseño crítico, es decir, mes de menor energía eólica disponible.

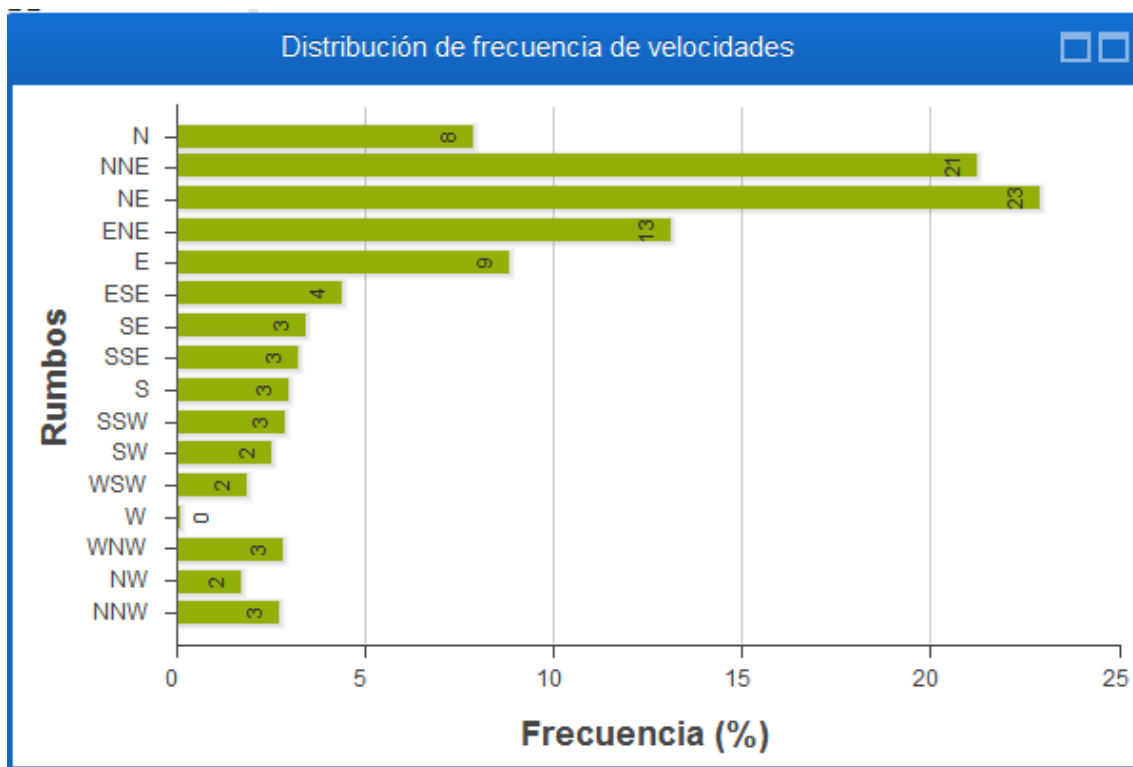


Ilustración 17 Histograma de frecuencia de velocidad promedio en el 2007 a una altura de 50m.

El estudio realizado a los datos de la torre Unidad Militar, en el año 2007, refleja que la dirección del viento se mantuvo un 21%, rumbo norte noreste y un 23%, rumbo noreste. Esta información permitirá situar los aerogeneradores en la posición óptima para que las turbinas transformen la energía. Una vez obtenida la distribución de frecuencias se puede observar como la misma describe una función exponencial ajustándose a una distribución de *Weibull*.

Este resultado es de vital importancia para la futura implantación de parque eólico, ya que conociendo este resultado se puede saber en qué posición se pueden situar los distintos aerogeneradores ya que puede darse el caso que un período sea bueno para el aprovechamiento del potencial eólico, mientras que otro se destine al mantenimiento de las turbinas eólicas.

3.3 Impacto de la propuesta de solución

Cuando un sistema informático se implanta, éste repercute de forma positiva y/o negativa en los usuarios finales, por lo que es necesario efectuar el análisis de su impacto en las dimensiones administrativas, socio-humanistas, ambientales y tecnológicas, según plantea (Concepción García, *et al.*, 2010) para contribuir al desarrollo sostenible del producto informático. Se ha afirmado con frecuencia que las nuevas tecnologías informáticas tendrán un impacto económico tan fuerte como el de la revolución industrial, de hecho, gracias a los progresos de las tecnologías informáticas y de las comunicaciones, el modo en que los directivos gestionan la información en sus empresas ha cambiado completamente, pasando de los informes impresos al uso de programas informáticos que les ofrezcan la información que precisan.

Uno de los impactos que brinda esta propuesta informática es que se fomenta la investigación de las fuentes renovables de energías, como base de un desarrollo medioambiental más saludable. Al usar recursos naturales renovables, se desecha la utilización de los combustibles fósiles que tanto daño están causando a nuestro ecosistema. En la actualidad, los hidrocarburos manifiestan una tendencia a la extinción, por tal razón sus precios aumentan cada día más, al concretar este estudio, se tendrá un criterio bien fundamentado de las condiciones eoloenergéticas de una región. Esto permitirá asumir una política de implantación de parques eólicos, donde el viento es totalmente gratis y puede generar una buena cantidad de energía eléctrica. Las pérdidas económicas por concepto de inversión, serían rápidamente sufragadas, ya que el mantenimiento de una granja eólica es mucho más barato que la compra excesiva de combustibles.

Desde el punto de vista económico, se destaca por reducir el número de trabajadores en las investigaciones, para desarrollar un proceso de estimación manual de un conjunto de datos se necesitan varias personas, esto es asumiendo la gran cantidad de datos que

deben ser tratados. El proceso automatizado, permite que cualquier persona capacitada en el tema, pueda realizar todo el trabajo.

La tecnología empleada para el desarrollo del producto informático en cuestión es totalmente libre, no requiere incurrir en gastos adicionales, en el pago de licencias de uso. Es portable por lo que un cambio de plataforma para la implantación del mismo es viable y factible y no hay que incurrir en muchos cambios.

El sistema de información para el análisis de datos del viento, no es un producto con fines comerciales, su principal objetivo es favorecer la disponibilidad y fiabilidad de la información de los parámetros del viento para una prospección eólica de una zona determinada para una mejor interpretación de los mismos. El beneficio fundamental del sistema es contar con una aplicación web flexible, dinámica y de interfaz agradable que le permita cargar, mostrar y analizar de una forma más precisa y en el menor tiempo posible los datos de interés a los investigadores de esta actividad.

Con el aprovechamiento de este sistema informático que se desarrolla, se consiguen beneficios directos al medio ambiente, ya que disminuye considerablemente el volumen de papel y tinta antes usado por parte de los técnicos, eliminando así el uso excesivo de estos recursos.

Los beneficios inmediatos por lo general son los siguientes:

- Ahorro de tiempo en la atención, realización y búsqueda de los estudios de los parámetros del viento.
- Mayor información visual relacionada con la prospección eólica, lo que implica mayor seguridad y confiabilidad mejorando así la calidad de la misma, por lo que los usuarios pueden analizar los datos en todo momento que lo requieran.
- Los recursos para su desarrollo son mínimos ya que se realizó con los disponibles y las tecnologías sobre las que funciona están basadas en software libre.

- Los investigadores ya cuentan con un sistema capaz de guardar grandes volúmenes de datos de forma segura, eliminando los inconvenientes asociados a la pérdida y acumulación excesiva.

Conclusiones parciales

El sistema informático descrito en este capítulo representa una solución automatizada para agilizar el procesamiento de la información relacionada con la gestión de los parámetros del viento arrojados por las estaciones móviles que se emplean en el estudio del potencial eólico de cualquier zona de Cuba cuya implantación garantiza mejor organización y control sobre estos datos con que se cuenta y otros beneficios tales como una evaluación del recurso eólico de la zona donde se quiere implantar un parque de energía eólica.

Conclusiones generales

Se realizó un estudio de las fuentes renovables, ya que el sistema es un gestor de la información de mediciones del viento, siendo la eólica una de las principales fuentes de energía alternativa que debe ir resolviendo de manera paulatina, el problema de generación de energía eléctrica en el territorio nacional.

Se desarrolló un producto informático capaz de gestionar información de los parámetros de viento que se utilizan en el estudio de evaluación del recurso eólico de una zona determinada mediante la utilización de tecnologías de avanzada, en pos de sustituir los excesivos esfuerzos humanos y a la vez, impulsar el desarrollo económico y social de nuestro país.

Con la implementación de las opciones de graficación, se logra analizar una de las variables medioambientales, como el viento, a través de los gráficos de dirección y velocidad del viento, constituyendo esto un paso inicial dentro del proceso de caracterización del potencial eólico de una región. Para el caso de los datos estudiados, se logró corroborar el estudio global reflejado en el Mapa Eólico de Cuba, demostrándose así las excelentes condiciones eólicas de la región de Moa, situada en el nordeste de la provincia de Holguín.

Recomendaciones

Incorporar a la aplicación algún método para la estimación de datos faltantes o erróneos, obtenidos de las mediciones, que permita su completamiento y así evitar interpretaciones incorrectas.

Incluir en las próximas versiones, el porcentaje de turbulencias como otro paso dentro del proceso de caracterización del potencial eólico.

Integrar el sistema desarrollado con algún sistema de información geográfica que permita a los especialistas del tema, analizar los datos de diferentes regiones a la vez.

Glosario de Términos

Estaciones anemométricas: son aquellas que se emplean para tomar mediciones de velocidad y dirección del viento en el transcurso del tiempo en una región determinada con el objetivo de recopilar datos de mucha utilidad, principalmente para la proyección y estudio del uso de la energía eólica. Las constituyen un mástil o torre, un anemómetro para mediciones de velocidad del viento y una veleta para las mediciones de dirección.

Aerogeneradores: Son molinos de viento con aspas o paletas de gran diámetro que se mueven con la acción del aire y a su vez accionan un generador o dinamo el cual produce energía eléctrica.

Fuentes de Energía Renovables: Son fuentes de energía primaria no convencionales, que sustituyen a los portadores tradicionalmente usados, petróleo y derivados. Se caracterizan por la capacidad de renovarse ya sea permanente o de forma periódica.

Parque eólico: Son extensas áreas con generadores de turbinas de viento de tamaño mediano (de 15 a 30 metros de diámetro, con una potencia entre 100 y 400 Kw) instalados en filas para la producción de energía a gran escala con un rendimiento satisfactorio. En los mayores parques eólicos del mundo sus turbinas pueden generar unos 1 120 MW de potencia (una central nuclear puede generar unos 1 100 MW).

Bibliografías

ACN. 2013. Cuba promueve el uso de la energía eólica. *Agencia Cubana de Noticias*. [En línea] 09 de Agosto de 2013. [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] http://www.ain.cu/2013/agosto/09aem_energia_eolica.htm.

Agencia Andaluza de la Energía. *Energía Eólica. Guía Técnica*. [En línea] 2011. [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/guia_tecnica_energia_mini_eolica.pdf.

Alfonso Leonard, Pedro y Díaz Aguirre, Susana. 2003. *El Medio Ambiente y El Desarrollo: Desafíos Críticos*. Dirección De Ciencias Sociales. s.l. : CUJAE, 2003.

Alvear Rodríguez, T. 2005. Sistemas de Información para el Control de Gestión: Un apoyo a la gestión empresarial. [En línea] 2005. [Citado el: 06 de junio de 2013.] http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2005/alvear_t/sources/alvear_t.pdf.

Angulo, Marcial N. 1996. *Información: una nueva propuesta conceptual*. 1996.

Bittencourt dos Santos, Fernando y de Castro Silva Casarin, Helen . 2007. *Comportamiento de búsqueda y uso de la información ambiental por investigadores del área de medio ambiente*. s.l. : Ibersid, 2007. ISSN 1888-0967.

Carbajal Espinosa, Osmar Alejandro . 2013. *Arquitectura de Aplicaciones Distribuidas. Desarrollo de Aplicaciones para Ambientes Distribuidos*. [En línea] 27 de febrero de 2013. [Citado el: 15 de septiembre de 2013.] <http://arqdeaplicdistribuidas.blogspot.com/>.

Chiavenato, Idalberto. 2006. *Introducción a la Teoría General de la Administración*. 2006.

Concepción García, María Rita , Rodríguez Expósito, Félix y Abad Real, Pilar . 2010. *Procedimiento para valorar la sostenibilidad en la ingeniería informática*. Holguín : s.n., 2010.

Cuba, Asamblea Nacional del Poder Popular. 1997. *Ley 81 del Medio Ambiente*. La Habana : Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Extraordinaria., 1997.

Daniel Díaz, Marisol y López Guzmán, Verónica. 2007. Soluciones de software libre para el desarrollo de aplicaciones de bases de datos. [En línea] 2007. [Citado el: 16 de septiembre de 2013.] <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Soluciones%20de%20software%20libre%20para%20el%20desarrollo%20de%20aplicaciones.pdf>.

Devesa Fernández, Alba. 2009. *Energías Renovables*. 2009.

Fernández Márquez, Argelia. 2009. *Acceso a la información ambiental en Cuba*. s.l. : Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, 2009. ISSN-1683-8904.

Fernández Vítora, Vicente Conesa. 2009. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. s.l. : Mundi-Prensa Libros, 2009.

Ferrell, O. C. y Hirt, Geoffrey. 2004. *Introducción a los Negocios en un Mundo Cambiante*. 2004.

Frederick, S., Ramsay, Colin y Blades, Steve Cutter. 2008. *Learning Ext JS*. 2008.

Gestión de Proyectos. 2008. OpenUP como alternativa metodológica para proyectos pequeños de software. [En línea] 27 de 09 de 2008. [Citado el: 09 de octubre de 2013.] <http://kasyles.blogspot.com/2008/09/openup-como-alternativa-metodolgica.html>.

González Barreras, Andrés . Prospección eólica en Cuba. [En línea] [Citado el: 25 de septiembre de 2013.] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia37/HTML/articulo04.htm>.

Gustavo Gamez y López, Alfredo Máximo , et al. 2007. *Perspectiva Actual en la Generación de Electricidad con Sistemas Híbridos*. s.l. : CIE, CIE, 2007.

- Gutierrez, J. A. 2007.** *El Mundo Informático. Software Libre.* [En línea] 2007. [Citado el: 09 de octubre de 2013.] <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>.
- Isaac Roque, Daniel. 2011.** *Proyectos de Inversión de Parques de Energía Eólica.* La Habana : COFIN Habana Revista de la Facultad de Contabilidad y Finanzas de la Universidad de La Habana, 2011. ISSN 2073-6061.
- Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, James. 2002.** *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software. Volumen I.* La Habana : Félix Varela, 2002.
- Joselin Herbert, G. M. 2007.** *A review of wind energy technologies.* s.l.: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007.
- Kotabe, Masaaki y Czinkota, Michael. 2001.** *Administración de Mercadotecnia.* 2001.
- Lamorú Reyes, Aliet, Legrá Lobaina, Arístides Alejandro y Terrero Matos, Eduardo. 2012.** *Completamiento eficaz del sistema de información del viento en la torre Colina Dos de la región moense.* s.l. : ENERMOA , 2012.
- Laudon, K.C. y Laudon, J.P. 2002.** *Sistemas de Información Gerencial: Organización y Tecnología de la Empresa Conectada en Red.* Nueva York : Editorial Prentice Hall, 2002.
- Mato García, Rosa Ma. 2004.** *Sistemas de bases de datos.* La Habana : Félix Varela, 2004. ISBN: 959-258-826-0.
- Moragues , Jaime A. y Rapallini, Alfredo T. 2004.** *Aspectos Ambientales de la Energía Eólica.* [En línea] [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] <http://www.iae.org.ar/renovables/renovables60.pdf>
- Moreno Figueredo, Conrado , et al. 2006.** *Diez Preguntas y Diez Respuestas Sobre Energía Eólica.* Ciudad de la Habana : CUBAENERGÍA, 2006.
- Netbeans. 2013.** [En línea] 2013. [Citado el: 09 de octubre de 2013.] <http://www.netbeans.org>.

- Orea Gómez, D. 2002.** *Evaluación de Impacto Ambiental*. s.l. : Ediciones Mundi-Prensa, 2002.
- Paz Ramírez, Yusneidys, Sao Rodríguez, María y Bauzá Rodríguez, Iliana. 2013.** Criterios generales de la gestión ambiental en Cuba. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. [En línea] febrero de 2013. [Citado el: 10 de septiembre de 2013.] <http://caribeña.eumed.net/gestion-ambiental-cuba/>.
- PHP DocumentationGroup. 2008.** *PHP Manual*. 2008.
- Pinilla S., Alvaro . 1997.** *Manual de Aplicación de la Energía Eólica*. Colombia : Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, 1997.
- PNUMA– ORPALC. 1996.** *Propuesta de Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para los países de América Latina y el Caribe*. 1996.
- POSTGRESQL. 2013.** What is PostgreSQL? [En línea] Toronto (ON, CA): The PostgreSQL Global Development Group, 2013. [Citado el: 09 de octubre de 2013.] <http://www.postgresql.org/docs/8.4/static/intro-what-is.html>.
- RENA.** Sistemas de información Red Escolar Nacional. [En línea] [Citado el: 29 de septiembre de 2013.] <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/Informatica/Tema10.html>.
- Santamarta, José. 2004.** *Las Energías Renovables son el Futuro*. 2004.
- Saura González, Guillermo, et al. 2002.** *Tiempo de observación para la prospección eólica de un punto de interés*. [En línea] [Citado el: 29 de septiembre de 2013.] <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar01/HTML/Articulo07.htm>.
- Tanembaum, A. S. 2002.** *Distributed System – Principles and Paradigms*. s.l.: Prentice Hall, 2002.
- Targino, Maria Das Graças. 1994.** *Informação Ambiental–Uma Prioridade Nacional. Informação e sociedade: estudos*. . 1994.

- Tavares, Carla y Freire, Isa Maria. 2003.** *Informação Ambiental No Brasil: Para que e para quem.* s.l. : Perspectivas em Ciência da Informação, 2003.
- . **2003.** *Lugar do lixo é no lixo: estudo de assimilação da Informação.* s.l. : Ciência da Informação, 2003.
- Toffler, Alvin y Toffler, Heidi. 2006.** *La Revolución de la Riqueza.* 2006.
- Torrego Giralda, Alicia. 2004.** *Información ambiental.* 2004.
- Vieira, Anna Da Soledade . 1986.** *Pra Não Dizer Que Não Falei De Flores: Uma Proposta Ecológica Para A Biblioteconomia.* . s.l. : Rev. Esc. de Bibliotecon. UFMG., 1986.
- Zammetti, Frank W. 2009.** *Practical ExtJs projects with Gears.* 2009.

Anexos

Anexo 1 Diagramas de clases

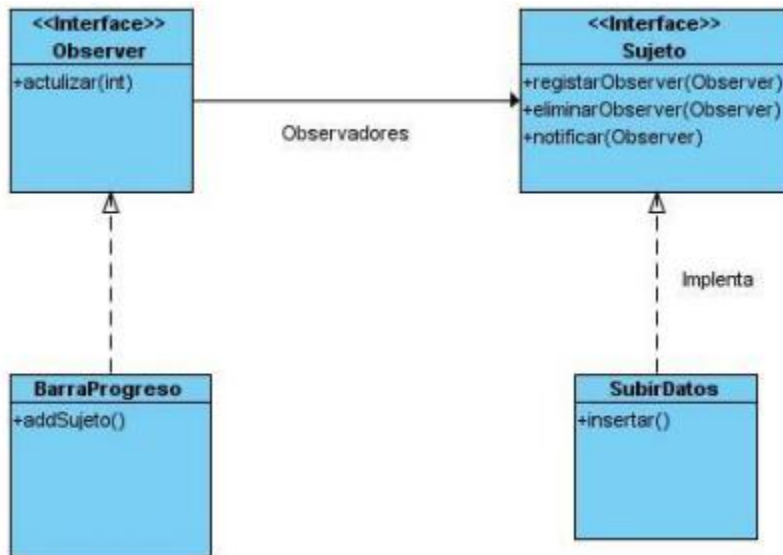


Ilustración 18 Diagrama de Clase del patrón de diseño Observer

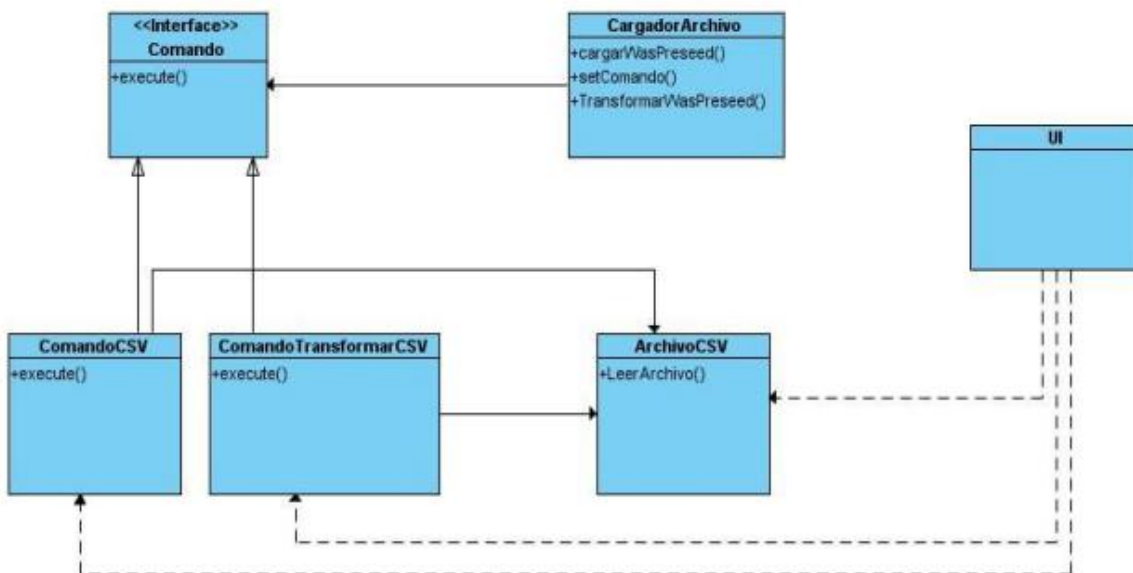


Ilustración 19 Diagrama de Clases del patrón de diseño Command

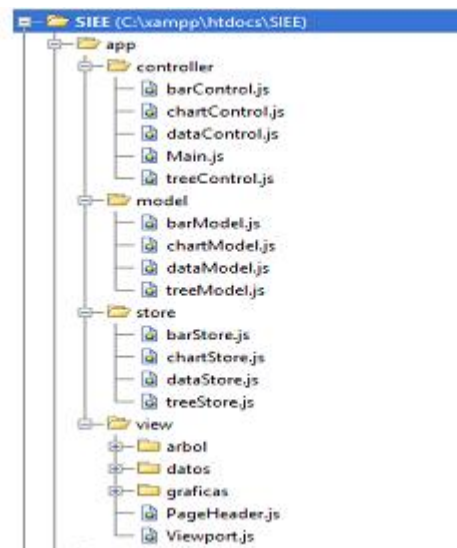


Ilustración 20 Implementación del patrón MVC

Anexo 2. Potencial Eólico de Holguín (según Mapa de Potencial Eólico en Cuba)

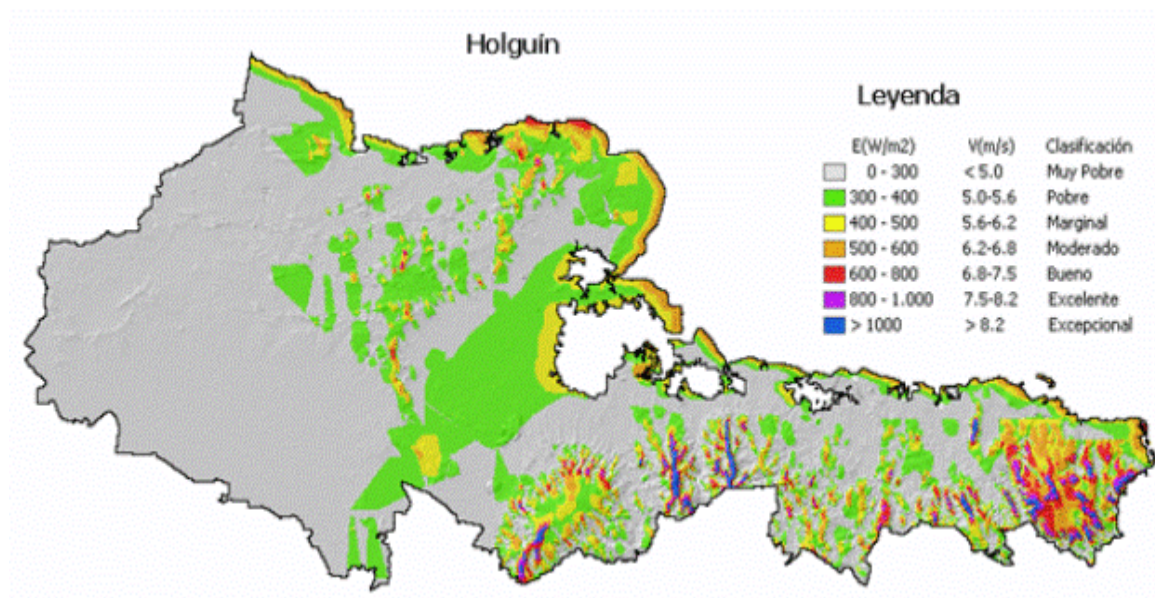


Ilustración 21 Potencial eólico de Holguín

Anexo 3. Registrador de datos



Ilustración 22 Data logger para estaciones anemométricas.