

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

Facultad 6



**Módulo Inventario de Minerales Sólidos para el Sistema
de Gestión de Datos Geológicos v2.0**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS
INFORMÁTICAS**

AUTORA: Susana Beatriz Borrero Arias

TUTORA: Ing. Lisbeth Olinda López Verdecie

CO-TUTOR: Ing. Joel Macías Roque

La Habana, junio de 2013

“Año 55 de la Revolución”

Declaración de Autoría

Declaro ser la única autora del presente trabajo y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales del mismo, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los _____ días del mes de _____ del año _____.

Susana Beatriz Borrero Arias
Autora

Lisbeth Olinda López Verdecie
Tutora

DATOS DE CONTACTO

Datos del Tutor:

- **Nombre y Apellidos:** Ing. Lisbeth Olinda López Verdecie.
- **Correo electrónico:** lolopez@uci.cu
- **Categoría docente:** Asistente
- **Año de graduado:** 2008
- **Profesión:** Ingeniera en Ciencias Informáticas.
- **Breve descripción:** Graduada en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Actualmente Jefa del proyecto Sistema de Gestión de Datos Geológicos del Departamento Geoinformática del Centro de Desarrollo “Geoinformática y Señales Digitales” de la facultad 6.

Datos del Co-Tutor:

- **Nombre y Apellidos:** Ing. Joel Macías Roque.
- **Correo electrónico:** jmroque@uci.cu
- **Año de graduado:** 2010
- **Profesión:** Ingeniero en Ciencias Informáticas.
- **Breve descripción:** Graduado en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Actualmente Jefe de Desarrollo del proyecto Sistema de Gestión de Datos Geológicos del Departamento Geoinformática del Centro de Desarrollo “Geoinformática y Señales Digitales” de la facultad 6.

A mi mamita Nancy por ser la mejor madre del mundo, por ser madre y padre, por darme tanto amor y enseñarme tantas cosas, por ser una mujer luchadora, abnegada y valiente, por ser un ejemplo para mí. Siempre daré lo mejor de mí para nunca defraudarte, eres la persona más importante en mi vida y aunque hoy no puedas estar físicamente conmigo, tu siempre estas presente, te amo mima.

A mi mamita Nancy por toda su dedicación y amor, por ser lo más grande del mundo para mí, por apoyarme siempre, por ser mi ejemplo y mi guía.

A Ana, por ser una segunda madre para mí, por abrirnos los brazos y darnos su apoyo incondicional en los peores momentos, por preocuparse siempre por mí, por enfrentar incluso situaciones que no le correspondía pasar, no hay palabras en el mundo para expresar mi eterna gratitud.

A tía Guiso, Idy, Geylecito, Ramiro, Ramirito y Roger, por hacerme parte de su mundo y darme todo su apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

A Tito por todo su apoyo, consagración y disposición, por estar siempre presente.

A mi novio Dialber, por ser el mejor hombre del mundo, por darme tanto amor, por estar a mi lado en los buenos y malos momentos, porque cuando parecía que en mi vida ya nada tenía sentido, nuestro amor fue la fuerza que me impulsó a seguir adelante.

A mi abuela Miriam y mi tía Dalgis, a mi hermana Aleida, a las Titis, a tío Berto, y a todos los demás que no puedo mencionar porque no alcanzarían las hojas.

A Aracelis, Norbel, Dialmis, Melany y Eyder porque para mí también son mi familia.

A las verdaderas amistades de mi mami, a los buenos vecinos de Ana, a todas las personas que no puedo mencionar pero a las que siempre estaré agradecida.

A las muchachitas de mi apto aida, miosotis, grettel, arianna, la chiki, braña y blanca por poder contar con ellas y por todas las cosas que hemos compartido a lo largo de estos años.

A mis tutores Lisbeth y Joel por guiarme y brindarme su ayuda durante el transcurso de la investigación.

A los miembros del tribunal por sus válidas recomendaciones.

A mis amistades de todos los años de estudio y sobre todo a las que de una forma u otra me dieron su apoyo para poder llegar hasta aquí.

RESUMEN

La Oficina Nacional de Recursos Minerales constituye la Autoridad Minera en Cuba, esta entidad tiene entre sus funciones fiscalizar y controlar la actividad minera y el uso racional de los recursos minerales del país; así como ser el depositario de la información geológica de la nación. Anualmente en dicha institución se elabora el Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos, cuyo propósito fundamental es mantener actualizadas las estadísticas mineras de la isla, para asesorar al Ministerio de Energía y Minas y demás organismos de la Administración Central del Estado en cuanto a la toma de decisiones respecto al control y uso racional de los recursos y reservas de minerales sólidos del país.

El presente trabajo de diploma surge por la necesidad de facilitar la gestión de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos de la República de Cuba en el Grupo de Balance de la ONRM, así como la correcta y eficiente elaboración del Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos. El objetivo propuesto es el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos, el que permitirá mejorar los procesos de gestión de la información en dicho departamento, contribuyendo además a que la elaboración y consulta del balance se realice de manera rápida y eficiente. La metodología de desarrollo RUP proporcionó una guía durante la implementación del sistema, el cual se desarrolla haciendo uso de herramientas y tecnologías libres, obteniendo como resultados el módulo y la documentación técnica ingenieril asociada a su desarrollo.

Palabras clave:

Aplicación web, Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos, Oficina Nacional de Recursos Minerales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS DEL MANEJO DE RECURSOS Y RESERVAS DE MINERALES SÓLIDOS	7
1.1. CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA EN LA ONRM	7
1.2. PROCESOS DE GENERACIÓN, MANIPULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN REFERENTE A LOS RECURSOS Y RESERVAS DE MINERALES SÓLIDOS EN LA ONRM	10
1.3. ANÁLISIS DE SISTEMAS ENCARGADOS DEL MANEJO DE DATOS GEOLÓGICOS.....	13
1.3.1 <i>Balance Nacional de Reservas</i>	13
1.3.2 <i>Módulo Inventario de Minerales Sólidos v1.0 del SGD</i>	14
1.3.3 <i>Panorama Minero</i>	15
1.3.4 <i>Servicios de Información</i>	16
1.4. CONCLUSIONES PARCIALES	16
CAPÍTULO 2: TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR EN EL DESARROLLO DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS	17
2.1 ARQUITECTURA DE SOFTWARE	17
2.1.1 <i>Estilo arquitectónico</i>	18
2.1.2 <i>Patrón Arquitectónico</i>	19
2.2 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	20
2.2.1 <i>Proceso Unificado de Desarrollo (RUP)</i>	20
2.3 LENGUAJE DE MODELADO.....	22
2.3.1 <i>Lenguaje Unificado de Modelado (UML 2.1)</i>	22
2.4 HERRAMIENTAS CASE.....	23
2.4.1 <i>Visual Paradigm 8.0</i>	23
2.5 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	24
2.5.1 <i>Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML 5.0)</i>	24
2.5.2 <i>Hoja de Estilo en Cascada (CSS 3.0)</i>	25
2.5.3 <i>JavaScript</i>	25
2.5.4 <i>Pre-procesador de Hipertexto (PHP 5.4.8)</i>	26
2.6 AJAX.....	27
2.7 ENTORNO DE DESARROLLO INTEGRADO (IDE).....	27
2.7.1 <i>NetBeans 7.3</i>	28
2.8 FRAMEWORK.....	28
2.8.1 <i>Symfony 2.2</i>	28
2.9 EXTJS 4.1.1.....	29
2.10 SERVIDOR WEB	30
2.10.1 <i>Servidor Apache 2.2.22</i>	30
2.11 SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS	31
2.11.1 <i>PostgreSQL 9.1.1</i>	31
2.11.2 <i>pgAdmin III 1.16.1</i>	32
2.12 CONCLUSIONES PARCIALES.....	32
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS	33
3.1 MODELADO DEL NEGOCIO	33
3.1.1 <i>Modelo de casos de uso del negocio</i>	33

3.1.2	Modelo de Objetos del negocio.....	38
3.2	CAPTURA DE REQUISITOS	40
3.2.1	Requisitos funcionales.....	40
3.2.2	Requisitos no funcionales.....	44
3.3	MODELO DE CASOS DE USO DEL SISTEMA	46
3.3.1	Descripción de los actores.....	47
3.3.2	Identificación de los Casos de Uso	47
3.3.3	Diagrama de casos de uso del sistema (DCUS)	48
3.3.4	Descripción textual de casos de uso del sistema.....	48
3.4	CONCLUSIONES PARCIALES	50
CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS		51
4.1	ANÁLISIS Y DISEÑO	51
4.1.1	Modelo de Diseño	51
4.1.2	Modelo de Datos.....	56
4.1.3	Modelo de Despliegue.....	59
4.2	IMPLEMENTACIÓN	59
4.2.1	Modelo de Implementación	59
4.3	PRUEBA	61
4.3.1	Prueba de caja negra	61
4.3.2	Resultado de las pruebas	64
4.4	CONCLUSIONES PARCIALES	65
CONCLUSIONES		66
RECOMENDACIONES.....		67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍAS		68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL NEGOCIO	36
FIGURA 2: DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL CASO DE USO ELABORAR BNRRMS	38
FIGURA 3: DIAGRAMA DE CLASES DEL MODELO DE OBJETOS	40
FIGURA 4: DIAGRAMA DE CASOS DE USO DEL SISTEMA	48
FIGURA 5: DCD DEL CASO DE USO DEL SISTEMA GENERAR BNRRMS	55
FIGURA 6: DIAGRAMA DE CLASES PERSISTENTES	57
FIGURA 7: DIAGRAMA ENTIDAD-RELACIÓN	58
FIGURA 8: DIAGRAMA DE DESPLIEGUE	59
FIGURA 9: DIAGRAMA DE COMPONENTES DEL CASO DE USO GENERAR BNRRMS	60
FIGURA 10: RESULTADOS DE LAS ITERACIONES DE LAS PRUEBAS	65

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ACTORES DEL NEGOCIO	35
TABLA 2: TRABAJADORES DEL NEGOCIO	35
TABLA 3: DESCRIPCIÓN TEXTUAL DEL CUN: ELABORAR BNRRMS	37
TABLA 4: ACTORES DEL SISTEMA	47
TABLA 5: CASOS DE USO DEL SISTEMA	47
TABLA 6: DESCRIPCIÓN TEXTUAL DEL CU GENERAR BNRRMS	49
TABLA 7: SECCIONES A PROBAR EN EL CU GENERAR BNRRMS	62
TABLA 8: DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DEL CU GENERAR BNRRMS	63
TABLA 9: MATRIZ DE DATOS DEL CU GENERAR BNRRMS	63

INTRODUCCIÓN

Actualmente la incorporación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en áreas como el estudio, las relaciones humanas y el mundo laboral no es una opción, sino una necesidad que está inundando el mundo moderno, pues no se puede hablar de eficiencia o novedad si no existe una aplicación y correcta utilización de las mismas (Mifsud Talón, 2010). Las TIC juegan un rol protagónico en la transformación de la economía global y en los rápidos cambios que están tomando lugar en la sociedad (Restrepo Rivas, 1999), ya que su uso afecta esferas tan importantes como la medicina, la educación, la industria y la minería por solo mencionar algunas.

La minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad y consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre; más específicamente se define como “(...) ciencia, técnicas y actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos¹ minerales” (Ministerio de Minas y Energía, 2003). Esta importante actividad se ha desarrollado de forma ascendente a través de los años, permitiendo la obtención de insumos materiales y energéticos que hoy día son indispensables para el hombre, ya que contribuyen a su progreso, bienestar y mejora de la calidad de vida.

La actividad minera provee numerosos recursos minerales que garantizan el auge económico de un territorio, al mismo tiempo que constituye una fuente de empleo y contribuye a la formación de personal calificado (Valdés Mesa, 2002). El uso de las TIC en esta esfera mejora la productividad y competitividad, a la vez que permite la creación de aplicaciones informáticas orientadas a administrar, planificar y controlar las operaciones en diversas instalaciones (Cariqueo, y otros, 2011). La minería crea alteraciones en el medio natural, por lo que es fundamental que las regulaciones mineras partan del principio de la obligatoriedad de la preservación del medio ambiente y la aplicación de medidas para mitigar el impacto ambiental (Valdés Mesa, 2002).

En Cuba existe una institución que tiene entre sus funciones controlar la ejecución de los planes de preservación del medio ambiente, se trata de la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), entidad adscrita al Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y creada en enero de 1995 mediante la promulgación

¹ Acumulación natural de sustancias minerales cuya explotación posee importancia económica.

de la Ley de Minas². La ONRM se desempeña como la Autoridad Minera en Cuba, declarada así mediante el artículo 14, sección primera del capítulo V de esta ley; su misión es garantizar el aprovechamiento racional de los recursos minerales del país; y su visión, ejercer con eficiencia, experiencia y responsabilidad el control estatal sobre las actividades de la geología, minería y petróleo (ONRM, 2008).

La ONRM se encarga de proponer y en su caso dictar las disposiciones de carácter técnico que regulen la investigación, la explotación, el procesamiento y el uso de los recursos minerales. Esta institución tiene entre sus funciones proponer y elaborar la documentación para la declaración de las áreas mineras reservadas; emitir dictámenes técnicos sobre el otorgamiento, anulabilidad y extinción de las concesiones³ mineras; además de ser el depositario de la información geológica, minera y petrolera de la nación (ONRM, 2008).

Como parte de sus funciones, anualmente en la ONRM se confecciona el Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos (BNRRMS) con el propósito de documentar el estado, cantidad y calidad de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla. Este balance se nutre de dos vías principales, la información concerniente a los recursos minerales sólidos presentes en los Informes de Investigación Geológica y/o Exploración y Explotación (IIGEE) aprobados por la ONRM; y la información referente al movimiento de recursos y reservas ocurridos como parte de la actividad minera ejercida durante el año por parte de los concesionarios.

Los IIGEE son muy extensos y contienen abundante información, mucha de la cual no es de interés para la elaboración del balance, por lo que a partir de ellos los concesionarios tienen el deber de extraer los datos de los nuevos recursos y reservas de minerales sólidos encontrados en el territorio y sintetizarlos en modelos. La elaboración de modelos de forma manual requiere de considerable tiempo además de facilitar la introducción de errores y como consecuencia resultados de análisis incorrectos. Por otra parte, la información relativa a la actividad minera ejercida por los concesionarios en el período en análisis, es recopilada a través de varios informes que pueden ser elaborados en formato duro o con la ayuda de alguna herramienta informática comprendida en el paquete de Office, lo que resulta un proceso no exento de sufrir el deterioro y la pérdida de datos.

² Ley No.76.

³ Potestad temporal que posee una persona para ejercer actividades mineras.

Los modelos, IIGEE, así como en los informes que contienen los datos referentes al movimiento de recursos y reservas ocurridos como parte de la actividad minera desarrollada por los concesionarios durante el año, son entregados por estos al departamento de documentación de la ONRM; ya que los mismos tienen la obligación de informar anualmente a la Autoridad Minera las acciones realizadas bajo la potestad de sus concesiones. Posteriormente los especialistas del grupo de balance de dicha entidad, tomando esta información como base, se encargan de actualizar las estadísticas mineras de la República de Cuba; para ello adicionan o actualizan los datos de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla en una base de datos denominada Balance Nacional de Reservas, la que utiliza como sistema gestor Microsoft Access.

El uso de esta base de datos, aún cuando resuelve en cierta medida las necesidades de gestión de la información en el grupo de balance de la ONRM, no es del todo eficiente para el correcto desarrollo de las tareas en este departamento. Además de ser de naturaleza propietaria, no permite realizar todo tipo de consulta sobre los datos, no se relaciona con los restantes sistemas que se utilizan en la oficina y no permite un número de conexiones concurrentes; lo que obliga a que la gestión de la información sea realizada por una sola persona a la vez, provocando demora en el proceso. Por otra parte no permite guardar un histórico de los datos, por lo que no se pueden hacer comparaciones o determinar cuál ha sido el comportamiento en cuanto a la explotación de determinado recurso o reserva en cierto período de tiempo.

De igual manera, la consulta de la información que el BNRRMS provee, requiere de cierto tiempo y habilidad por parte del personal que realiza esta labor. Los mismos, al no contar con un sistema informático que permita realizar todo tipo de consulta sobre los datos, tienen la obligación de realizar muchas operaciones de búsqueda de forma manual en documentos impresos. Esta tarea exige de cierta concentración y rapidez por parte de los especialistas ya que se realiza a petición de cualquier persona o representante de una entidad; estos se encuentran presentes y esperando una respuesta mientras el especialista realiza la búsqueda.

Debido a la gran cantidad de datos que se manejan, muchas veces la información puede estar desorganizada y duplicada. Esto provoca que la elaboración y consulta del BNRRMS resulten procesos complejos y tediosos, a la vez que requieren de considerable tiempo y esfuerzo por parte de los especialistas encargados de su realización. Uno de los principales propósitos del BNRRMS es asesorar al

MINEM y demás organismos de la Administración Central del Estado en cuanto a la toma de decisiones respecto al control y uso racional de los recursos y reservas de minerales sólidos del país, por lo que es de vital importancia que esta información se mantenga disponible y actualizada en todo momento.

Las deficiencias anteriormente planteadas, conducen al siguiente **problema a resolver**: ¿Cómo contribuir con la organización e integración de la información que se genera, manipula o trasfiere en la ONRM referida a los recursos y reservas de minerales sólidos de la República de Cuba?

A partir del análisis de la problemática y con la intención de dar solución al problema planteado, se define como **objeto de estudio** los procesos de generación, manipulación y transferencia de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos; estableciéndose como **campo de acción** la informatización de los procesos de generación, manipulación y transferencia de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos del país.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y considerando los grandes beneficios que ha tributado para la ONRM la informatización de algunos de sus procesos mediante la instauración de un sistema denominado Sistema de Gestión de Datos Geológicos (SGDG), se propone como **objetivo general** desarrollar el módulo Inventario de Minerales Sólidos para el Sistema de Gestión de Datos Geológicos versión 2.0 que permita la gestión de la información referente a los recursos y reservas minerales sólidos del país en la ONRM.

Se plantea como **idea a defender**: El desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos para el Sistema de Gestión de Datos Geológicos versión 2.0 contribuirá a que la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos del país se encuentre organizada e integrada en la ONRM.

Para darle cumplimiento al objetivo general se proponen las siguientes **tareas investigativas**:

- Describir los procesos de gestión de la información de los recursos y reservas de minerales sólidos del país desarrollados actualmente en la ONRM.
- Caracterizar los sistemas encargados del manejo de datos geológicos existentes en el ámbito internacional y nacional.
- Caracterizar las tecnologías a utilizar en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos.

- Elaborar la documentación técnica ingenieril asociada al desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos.
- Implementar el módulo Inventario de Minerales Sólidos para el SGDG versión 2.0.
- Ejecutar pruebas a la solución propuesta.

Al concluir las tareas de la investigación se esperan los siguientes **resultados**:

- La documentación técnica ingenieril asociada al desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDG versión 2.0.
- El módulo Inventario de Minerales Sólidos para el SGDG versión 2.0.

Para dar solución a las tareas de la investigación se utilizaron diferentes **métodos científicos**:

Métodos teóricos:

1. **Analítico–sintético:** Se utilizó para analizar diversas bibliografías que reúnen información referente a los recursos y reservas minerales, así como la elaboración del BNRRMS en la ONRM. El análisis de las mismas permitió extraer importantes elementos relacionados con el objeto de estudio, además de sintetizar los principales conceptos asociados al dominio del problema.
2. **Histórico-lógico:** Se utilizó en el análisis de los procesos de generación, manipulación y transferencia de la información geológica en la ONRM, así como la elaboración y consulta del BNRRMS en dicha institución. De igual manera se empleó en el análisis de los servicios geológicos existentes en el ámbito nacional e internacional.

Métodos empíricos:

- **Entrevista:** en el caso de la presente investigación, se aplica en la etapa inicial para lograr un mejor entendimiento de la organización y los procesos que en esta se ejecutan. Se efectúa una entrevista informativa y a la vez directiva en la que el entrevistador se valió de un cuestionario de preguntas previamente establecido y centrado en objetivos precisos.

La población seleccionada para la realización de la entrevista fueron los especialistas del Grupo de Balance de la ONRM. El tamaño de la muestra es de 4 especialistas y la unidad de estudio es el

especialista principal de dicho departamento. Dentro de las técnicas de muestreo no probabilísticos, se utiliza el muestreo intencional; el que tiene como fundamento que el buen juicio posibilitará escoger los integrantes de la muestra, por lo que el investigador selecciona explícitamente los elementos que son representativos o con posibilidades de brindar mayor información. La entrevista realizada al especialista principal del Grupo de Balance puede ser consultada en el Anexo1.

El presente trabajo de diploma consta de cuatro capítulos:

Capítulo 1: “Fundamentos del manejo de recursos y reservas de minerales sólidos”. Se definen los principales conceptos asociados al manejo de información geológica en la ONRM. Se realiza un análisis del objeto de estudio, así como una caracterización de las soluciones existentes que pudieran servir de referencia para el sistema a desarrollar.

Capítulo 2: “Tendencias y tecnologías a utilizar en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos”. Se especifican las características de las tecnologías, lenguajes y herramientas que se utilizan en la construcción de la solución propuesta, así como los beneficios de su utilización. También se incluye la descripción de la arquitectura del sistema y la metodología de desarrollo de software a utilizar.

Capítulo 3: “Descripción del módulo Inventario de Minerales Sólidos”. Se realiza la modelación del negocio; se seleccionan y describen sus actores, trabajadores y casos de uso. De igual manera se describe la solución propuesta mediante la especificación de los requisitos funcionales y no funcionales, además del diagrama de casos de uso del sistema y su descripción textual correspondiente.

Capítulo 4: “Construcción del módulo Inventario de Minerales Sólidos”. Se aborda todo el proceso de construcción de la solución propuesta, en función de diagramas de clases y estándares del diseño, diseño de la base de datos, y modelo de implementación y despliegue; para luego finalizar con los diseños de casos de prueba que validen desde el punto de vista funcional la implementación efectuada.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS DEL MANEJO DE RECURSOS Y RESERVAS DE MINERALES SÓLIDOS

Toda investigación requiere de una fundamentación que permita hacer explícitas sus bases teóricas y conceptuales. La fundamentación teórico conceptual implica el desarrollo organizado y sistemático del conjunto de ideas, conceptos, antecedentes y teorías que permiten sustentar la investigación y comprender la perspectiva o enfoque desde el cual el investigador parte, y a través del cual interpreta sus resultados. (Hurtado de Barrera, 2010). En el presente capítulo, para lograr una mejor comprensión del contenido de la investigación, se exponen los principales conceptos asociados al manejo de información geológica en la ONRM y se describen los procesos que intervienen en la confección del Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos. Se realiza además un análisis de las soluciones existentes en el ámbito nacional e internacional relacionadas con el tema en cuestión.

1.1. Conceptos relacionados con el manejo de información geológica en la ONRM

Los conceptos detallados a continuación están relacionados con el dominio del problema, por lo que son de gran utilidad para un mejor entendimiento del mismo.

Un **mineral** es un sólido inorgánico, que se ha formado a través de un proceso natural y que posee una composición química definida, lo que le otorga propiedades y características determinadas y por tanto se puede representar a través de fórmulas químicas (D. Paz, 2011). Por su parte, la Real Academia de la Lengua Española define **mineral** como una sustancia inorgánica que se halla en la superficie o en las diversas capas de la corteza del globo, y principalmente aquella cuya explotación ofrece interés (RAE, 2012). Una vez analizadas estas definiciones, se puede concluir que los minerales son sustancias con propiedades químicas definidas, localizadas en la corteza terrestre, y cuya explotación ofrece beneficios monetarios.

La ONRM tiene entre sus funciones controlar el uso racional de los **recursos minerales**, este término es definido por el Diccionario de Términos Ambientales como: minerales sólidos, líquidos o gaseosos que existen en forma de yacimientos susceptibles de ser aprovechados por el hombre (Barreiro, y otros, 2000). Los **recursos minerales** se definen además como la concentración de minerales o elementos útiles sólidos que existen en la corteza terrestre, tanto en su superficie como en profundidad y cuyas

características hacen posible su extracción favorable económicamente en las condiciones actuales o futuras (ONRM, 2008). En el marco de la presente investigación se considera que el concepto anterior brinda todos los elementos necesarios asociados al término recursos minerales; los cuales se clasifican en identificados y no identificados.

Los **recursos minerales identificados** son aquellos cuyo emplazamiento, ley, calidad y cantidad se conocen o se han estimado por ensayos específicos que involucran desde el análisis geológico empírico hasta el muestreo sistemático del cuerpo mineral (Gallino, y otros, 2002). En el marco de la presente investigación los **recursos minerales identificados** se definen como aquellos que luego de ser sometidos a trabajos geológicos sus características están bien definidas. A su vez estos se clasifican en medidos, indicados e inferidos.

Los **recursos minerales medidos** son aquellos que revelan el mayor grado de avance en el análisis geológico permitido. Sus datos geológicos, tales como cantidad existente, ley y calidad del mineral; son obtenidos a partir de afloramientos, sondeos y excavaciones mineras. La inspección del cuerpo, toma de muestras y determinaciones paramétricas deben realizarse con intervalos estrechos adecuados que permitan establecer con precisión el carácter geológico de la mineralización (Gallino, y otros, 2002). Los **recursos minerales medidos** se definen entonces como aquellos cuyos datos geológicos, obtenidos a partir de trabajos mineros, son estimados con un alto grado de confiabilidad; de tal forma que una variación en la misma no debe ser lo suficientemente significativa como para afectar el potencial económico de dicho recurso.

Los **recursos minerales indicados** se caracterizan porque el conocimiento del cuerpo se alcanza a partir de información similar a la necesaria para establecer los recursos medidos, con la diferencia que la densidad de muestreo e inspecciones, así como el grado de seguridad en las determinaciones, son inferiores, pero no obstante todavía resultan altos como para permitir presuponer la existencia de una continuidad espacial entre los puntos de observación (Gallino, y otros, 2002). En el marco de la presente investigación, los **recursos minerales indicados** son aquellos cuyas características son estimadas con un grado de confiabilidad razonable, la que debe permitir la aplicación de parámetros técnicos y financieros para evaluar su factibilidad económica.

Los **recursos minerales inferidos** son aquellos en los que las estimaciones se basan en una supuesta continuidad geológica, ya que los muestreos y mediciones son insuficientes por sí mismos para efectuar su caracterización (Gallino, y otros, 2002). Los **recursos minerales inferidos** se pueden sintetizar como los que se estiman sobre la base de datos geológicos obtenidos de trabajos mineros, pero la cantidad y calidad de los mismos no es suficiente para predecir su continuidad.

Los **recursos minerales no identificados** son los que no han sido efectivamente descubiertos y cuya existencia se presume a partir de razonamientos geológicos exclusivamente (Gallino, y otros, 2002). Los **recursos minerales no identificados** se definen entonces como los recursos que tienen un alto grado de incertidumbre y son intuitivos a partir de premisas o cálculos estadísticos. Estos se subdividen en hipotéticos y especulativos.

Los **recursos minerales hipotéticos** son los recursos no descubiertos que pueden, razonablemente, estar presentes en sectores no conocidos de un distrito minero, suponiendo una continuidad geológica que reproduzca condiciones análogas de mineralización (Gallino, y otros, 2002). Los **recursos minerales hipotéticos** se pueden considerar entonces como los que, luego de ser analizadas las condiciones geológicas existentes, su existencia es esperada si se produce una ampliación del área en explotación del recurso identificado.

Los **recursos minerales especulativos** son los recursos no descubiertos que pueden existir, bajo condiciones geológicas favorables, en el entorno de yacimientos conocidos o bien en depósitos cuyo potencial económico aún no fue definido (Gallino, y otros, 2002). Los **recursos minerales especulativos** se definen entonces como aquellos cuya existencia puede hacerse evidente por premisas geológicas favorables en yacimientos que aún no han sido reconocidos por su potencial económico.

La acumulación de recursos minerales, que al ser sometido a algún estudio de factibilidad o pre factibilidad económica, se decreta que puede ser extraído con utilidad financiera, se denomina **reserva de mineral** (ONRM, 2008). Este término es definido al mismo tiempo como cierta cantidad de mineral con un determinado grado de evaluación geológica y pendiente de explotación minera (Parlamento Cubano, 2003). Una **reserva mineral** se puede considerar entonces como un depósito de minerales cuya explotación propicia interés financiero. Las reservas minerales se clasifican en probadas y probables.

Las **reservas minerales probadas** son los recursos minerales medidos o parte de estos, que tienen comprobada la factibilidad técnica y la viabilidad económica de su explotación mediante la realización de un estudio de factibilidad (ONRM, 2008). En el marco de la presente investigación se considera que el concepto anterior brinda todos los elementos necesarios asociados al término **reservas minerales probadas**.

Las **reservas minerales probables** son aquellos recursos minerales indicados o parte de ellos, o la parte de los recursos minerales medidos, cuya factibilidad técnica y viabilidad económica de su explotación ha sido comprobada mediante la realización de un estudio de factibilidad (ONRM, 2008). En el marco de la presente investigación se considera que el concepto anterior brinda todos los elementos necesarios asociados al término **reservas minerales probables**.

A excepción de algunas reservas de minerales, declaradas exclusivas por parte de la Administración Central del Estado Cubano, todos los recursos minerales en Cuba son concesibles. Una **concesión** se entiende como la relación jurídica nacida de un acto gubernativo unilateral por el que se otorga temporalmente a una persona natural o jurídica el derecho de realizar actividades mineras, declarado así en el artículo 17, sección primera, del capítulo VI de la Ley de Minas (Parlamento Cubano, 2003). Se sintetiza entonces una **concesión** como la potestad a ejercer actividades mineras.

Por su parte los **concesionarios** son las personas naturales o jurídicas, debidamente autorizadas para el ejercicio de una o varias fases de la actividad minera. Estos sólo pueden ejecutar las actividades mineras autorizadas sobre los recursos minerales consignados en la concesión otorgada (Parlamento Cubano, 2003).

1.2. Procesos de generación, manipulación y transferencia de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos en la ONRM

El uso racional de los recursos minerales es una actividad de dirección, decisión y ejecución del proceso de extracción de los minerales en Cuba, encaminada a asegurar la más provechosa utilización de las riquezas minerales del país (ONRM, 2008). La ONRM constituye la Autoridad Minera en la nación cubana, esta entidad tiene entre sus funciones, según lo dispuesto en la Ley de Minas, fiscalizar y controlar la actividad minera y el uso racional de los recursos minerales, además de ser el depositario de la

información geológica, minera y petrolera de la nación; recibir, organizar y conservar la información, así como brindar servicios de información técnica (ONRM, 2008).

Con el objetivo de documentar el movimiento de recursos y/o reservas ocurridos durante todo el año en la isla, además de su estado y las variaciones en la calidad y cantidad de los mismos, anualmente en la ONRM se elabora el BNRMS. Este balance constituye un depósito de información geológica utilizado para asesorar al MINEM y demás organismos de la Administración Central del Estado en cuanto a la toma de decisiones respecto al control y uso racional de los recursos y reservas de minerales sólidos del país. Los especialistas que intervienen en su elaboración se encuentran distribuidos en tres áreas fundamentales dentro de la ONRM, el Departamento de Documentación, la Dirección Técnica y el Grupo de Balance; siendo los que laboran en esta última los encargados directos de su confección.

El BNRMS incluye los datos de los nuevos recursos y reservas de minerales sólidos encontrados en el territorio nacional como parte de la actividad minera desarrollada en la isla. Estos datos son notificados por los concesionarios a la ONRM mediante los IIGEE, los cuales son muy extensos y gran parte de la información que contienen no es de interés para la elaboración del balance, por lo que los concesionarios tienen el deber de confeccionar modelos a partir de ellos, donde se recojan únicamente los datos de los nuevos recursos y reservas de minerales sólidos del territorio. La elaboración de modelos se realiza de forma manual lo que requiere de considerable tiempo, además de facilitar la introducción de errores y como consecuencia resultados de análisis incorrectos. Los modelos e IIGEE deben ser posteriormente entregados al departamento de documentación de la Autoridad Minera.

El balance incluye además la información referente al movimiento de recursos y reservas ocurridos como parte de la actividad minera ejercida por los concesionarios durante el período en análisis. Esta información, que consiste en un grupo de informes de gran extensión, está estructurada en tres tipos de tablas con el propósito de estandarizar y organizar los datos. La Tabla Resumen contiene los datos de los estudios de factibilidad realizados a los yacimientos, o en casos excepcionales el Proyecto Minero de Explotación, mediante el cual a los recursos iniciales determinados durante la investigación geológica se

le realiza la evaluación, pasando una parte de ellos a reservas minerales (reservas estimadas), mientras que el resto quedará como recursos remanentes⁴.

En la Tabla de los Recursos se reflejan los datos relacionados al movimiento de los recursos estimados (medidos e indicados) en la Tabla Resumen. Se contempla su estado inicial, todos los cambios ocurridos durante el año (re-estimación, re-clasificación, recursos a reservas y viceversa, etc.) y el estado al cierre del año. Por su parte la Tabla de las Reservas contiene los datos relacionados con el movimiento de las reservas estimadas en la Tabla Resumen. De las reservas estimadas se contempla el estado inicial, todos los cambios ocurridos durante el año (extracción, re-estimación, re-clasificación, pérdidas y dilución, abandonos, etc.) y el estado al cierre del año.

Estos informes, que pueden ser elaborados de forma manual o con la ayuda de alguna herramienta informática comprendida en el paquete de office, son igualmente entregados por parte de los concesionarios al departamento de documentación de la ONRM. El personal de este departamento se encarga de entregar los modelos e informes a la dirección técnica, cuyos especialistas los revisan y en el caso de encontrar deficiencias los entregan nuevamente al departamento de documentación para que este notifique a los concesionarios los elementos que deben rectificar. Si la revisión es satisfactoria entonces los documentos son entregados al grupo de balance, cuyos especialistas se encargan de llevar la información a una base de datos denominada Balance Nacional de Reservas. Posteriormente los documentos son guardados en el archivo técnico.

La información contenida en el BNRRMS puede ser consultada por trabajadores de la oficina, concesionarios, instituciones que realizan estudios geológicos, funcionarios de la administración central del estado y empresas extranjeras. Cuando alguna de las personas o representante de las entidades antes mencionadas se dirige al grupo de balance y solicita consultar alguna información, el especialista encargado debe realizar una búsqueda en la base de datos existente, lo que le permitirá brindar la información solicitada. Esta búsqueda se realiza teniendo en cuenta un conjunto de restricciones establecidas en la oficina para controlar los distintos niveles de acceso de los usuarios a la información.

⁴ Recursos minerales que, al ser evaluados en un estudio de factibilidad económica, se compruebe su viabilidad económica; sin embargo no pueden ser extraídos por problemas de la tecnología o condiciones de explotación.

Si el consultante tiene alguna duda en la información consultada o necesita más información que la brindada, y a su vez cuenta con la autorización necesaria para ello, el especialista debe realizar una búsqueda manual en los documentos del archivo técnico hasta encontrar la información necesaria. El archivo técnico contiene muchos documentos de valor científico, histórico, docente y económico; para encontrar la información solicitada el especialista tiene que remitirse a los documentos a partir de los cuales se elaboró el balance del año en curso; es decir, los modelos, IIGEE, así como los informes que contienen los datos referentes a la actividad minera desarrollada por los concesionarios. Este proceso resulta complejo pues la información puede estar desorganizada y duplicada, provocando en muchas ocasiones la necesidad de realizar varias consultas al archivo.

La actualización del BNRRMS se hace necesaria ya que durante todo el año se realizan operaciones mineras extractivas por parte de los concesionarios, las que influyen en la variación del inventario de recursos y/o reservas de minerales sólidos. De igual manera en la ONRM se aprueban informes geológicos y concesiones; y se realizan re estimaciones producto a la modificación de los límites y condiciones de explotación de ciertos recursos. Además durante el transcurso del año las concesiones mineras pueden extinguirse, anularse, cerrarse, ser traspasadas a otro concesionario o pasar a ser recursos del estado.

1.3. Análisis de sistemas encargados del manejo de datos geológicos

Se realizó un análisis de los sistemas existentes a nivel nacional e internacional con características funcionales semejantes al sistema que se necesita para la gestión de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos en la ONRM, los cuales se detallan a continuación:

1.3.1 Balance Nacional de Reservas

Actualmente en la ONRM, con el propósito de gestionar los datos referentes a los recursos y reservas de minerales sólidos presentes en el territorio nacional, se utiliza una base de datos realizada en Microsoft Access y denominada Balance Nacional de Reservas. El uso de esta base de datos, a pesar de satisfacer en cierta medida las necesidades de gestión de la información en el grupo de balance de la oficina, no es del todo eficiente para la realización de esta tarea pues mediante su uso los datos no son validados y por consiguiente no se manipulan de forma segura.

Además no es posible mostrar reportes requeridos, y su manipulación se limita a una persona a la vez, provocando que la gestión de los datos se realice de manera lenta, pues el sistema gestor no permite un número de conexiones concurrentes. Al mismo tiempo no se pueden realizar consultas desde lugares distantes, y la base de datos no se relaciona con los restantes sistemas que se utilizan en la oficina, lo que provoca que en muchas ocasiones la información pueda estar duplicada. Por otra parte no permite guardar un histórico de los datos, por lo que no se pueden hacer comparaciones o determinar cuál ha sido el comportamiento en cuanto a la explotación de determinado recurso o reserva en cierto período de tiempo.

1.3.2 Módulo Inventario de Minerales Sólidos v1.0 del SGD G

El módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD G v1.0 constituye una guía para el desarrollo de la presente investigación. Mediante su uso es posible realizar búsquedas y gestionar información geológica. Las funcionalidades con que cuenta se relacionan a continuación:

Menú Gestión:

- Gestionar Depósito: Permite adicionar, buscar, modificar, eliminar y ver detalles de un Depósito.
- Gestionar Sector: Permite adicionar, buscar, modificar, eliminar y ver detalles de un Sector.
- Gestionar Unidad: Permite adicionar, buscar, modificar, eliminar y ver detalles de una Unidad.
- Asignar Ley de Corte: Permite asignar el valor de una Ley de Corte a una Materia Prima y un Depósito seleccionados, así como buscar y eliminar una determinada Ley.
- Gestionar Recursos y Reservas: Permite adicionar, actualizar y eliminar Recursos y Reservas.

Menú Servicios Restringidos:

- Asignar Parámetros de Calidad: Permite asociar un parámetro de calidad a un uso de una Materia Prima determinada.
- Características de Depósito: Permite mostrar todos los datos del Depósito seleccionado por el usuario.
- Generar Balance Anual de Recursos y Reservas: Permite generar un balance de los recursos y reservas agrupados por las categorías: metálicos, no metálicos, fangos medicinales y general.

Menú Búsquedas:

- Mostrar Concesionarios sin Extracciones: Permite mostrar una lista de los concesionarios que no han hecho extracciones dado un intervalo de fechas, una provincia, municipio, depósito, sector, unidad, materia prima, uso, concesionario o concesión.
- Mostrar Extracciones Realizadas: Permite mostrar una lista de las extracciones realizadas dado un intervalo de fechas, una provincia, municipio, depósito, sector, unidad, materia prima, uso, concesionario o concesión.
- Buscar Recursos y Reservas: Permite mostrar una lista de los recursos y reservas que cumplan con las especificaciones hechas por el usuario.

El módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD v1.0 no satisface las necesidades actuales de gestión de la información en el grupo de balance de la ONRM ya que sus funcionalidades no permiten realizar las tareas acorde a las necesidades de los especialistas de dicho departamento. Así por ejemplo es posible generar el balance de los recursos y reservas agrupados por diferentes clasificaciones: metálicos, no metálicos, fangos medicinales y un balance general; sin embargo los especialistas necesitan dentro de las clasificaciones antes mencionadas, agrupar los recursos y reservas por materia prima, empresa, provincia y la combinación de estas. Por otra parte tampoco se tienen en cuenta muchas funcionalidades que resultan de gran importancia para mejorar el trabajo de los especialistas, tales como gestionar IIGEE, gestionar parámetros de calidad y devolver reservas a un depósito. A pesar de ello, este módulo si constituye una guía para el desarrollo de la presente investigación pues a partir de su estudio es posible detectar las deficiencias actuales, así como tomar buenas prácticas para un mejor desarrollo de la propuesta de solución.

1.3.3 Panorama Minero

En el ámbito internacional no se puede afirmar la existencia de alguna aplicación informática orientada a la gestión de los recursos minerales sólidos. En España se publica anualmente el Panorama Minero, publicación que recopila los datos referentes a los recursos minerales existentes en dicho país. El Panorama Minero cuenta a su vez con una aplicación web mediante la que es posible consultar informes con la información referente a cada mineral, además de un histórico para visualizar años anteriores. Mediante el uso de esta aplicación solo se puede consultar informes, no es posible hacer uso de la misma

para gestionar la información de los recursos y reservas minerales, por lo que no constituye una solución a la problemática de la presente investigación.

1.3.4 Servicios de Información

En México existe un organismo público, denominado Servicio Geológico Mexicano (SGM), que tiene entre sus funciones facilitar a la comunidad el acceso a la información geológico-económica; para lo que lleva a cabo diferentes programas entre los que se encuentra Servicios de Información. Este programa tiene como propósito fundamental proporcionar el servicio público de información geológico-minera, para lo que cuenta con una biblioteca en línea especializada en Ciencias de la Tierra, en la cual se han depositado todos los materiales bibliográficos que el organismo ha requerido para dar soporte al desarrollo de sus proyectos e investigaciones.

En esta biblioteca es posible consultar información geológica en catálogos, revistas electrónicas, y en disímiles bases de datos; además provee informes técnicos y publicaciones que ponen a disposición de cualquier usuario todo el acervo técnico generado por el SGM durante más de seis décadas. Las publicaciones disponibles en línea como parte de este programa, solo permiten a los usuarios la consulta de información geológica, por lo que tampoco constituyen una solución a la problemática de la presente investigación.

1.4. Conclusiones parciales

El estudio de los procesos de gestión de la información geológica en el grupo de balance de la ONRM permitió adquirir una serie de conocimientos que sirven de base para un mejor desarrollo de la propuesta de solución. Luego de realizar un estudio del sistema informático utilizado actualmente para la gestión de la información geológica en el Grupo de Balance de la ONRM, se evidenció que esta base de datos no es viable para la eficiente gestión de los datos geológicos de la isla. Se realizó además un análisis de los sistemas con características similares, existentes en el ámbito nacional e internacional, comprobándose que ninguno de ellos se adapta a las necesidades de gestión de los recursos y reservas de minerales sólidos en dicha entidad. A partir del análisis realizado, se propone el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos para el SGD en su versión 2.0, el que contribuirá a mantener la información organizada e integrada en dicha institución.

CAPÍTULO 2: TENDENCIAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR EN EL DESARROLLO DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS

El diseño y desarrollo de software no es una tarea sencilla, si bien existen diversos lenguajes, metodologías y herramientas que pueden ser utilizados en este proceso, la obtención de un producto de software eficiente y que satisfaga las expectativas de los usuarios finales dependerá en gran medida de la correcta selección de los mismos, dependiendo de las características y necesidades de cada organización. En el presente capítulo se describen las características de los lenguajes, herramientas y tecnologías a utilizar en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD versión 2.0, en función de las ventajas que aportan para la propuesta de solución.

2.1 Arquitectura de software

El documento de IEEE Std 1471-2000⁵ define la Arquitectura de Software (AS) como “(...) *la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución*” (Reynoso, 2004). La arquitectura es una representación que permite a un ingeniero de software analizar la efectividad del diseño para cumplir los requisitos establecidos, considerar opciones arquitectónicas en una etapa en que aún resulte relativamente fácil hacer cambios al diseño y reducir los riesgos asociados a la construcción de un software (Pressman, 2005).

El módulo Inventario de Minerales Sólidos será integrado al Sistema de Gestión de Datos Geológicos en su versión 2.0, por lo que debe seguir la arquitectura que este propone. La descripción de la arquitectura de un sistema es una vista de los modelos del sistema, de los modelos de casos de uso, análisis, diseño, implementación y despliegue (JACOBSON, y otros, 2000).

¿Por qué es necesaria la arquitectura? (JACOBSON, y otros, 2000)

- Para comprender el sistema.

⁵ Práctica recomendada para la descripción de arquitecturas de software para sistemas intensivos (*Recommended Practice for Architectural Description for Software - Intensive Systems*), es un estándar desarrollado por la sociedad de IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que tiene entre sus objetivos identificar y promulgar las buenas prácticas arquitectónicas.

- Organizar el desarrollo.
- Fomentar la reutilización.
- Hacer evolucionar el sistema

2.1.1 Estilo arquitectónico

El software que se construye para sistemas de cómputo muestra unos o muchos estilos arquitectónicos (Pressman, 2005); estos se definen como un conjunto de reglas de diseño que identifican las clases de componentes y conectores que se pueden utilizar para componer un sistema o subsistema, junto con las restricciones locales o globales de la forma en que la composición se lleva a cabo (Reynoso, y otros, 2004).

Un estilo arquitectónico es una transformación impuesta al diseño de todo un sistema (Pressman, 2005), este es el encardado de describir su estructura general, así como definir sus componentes, su relación e interactividad (Bahit, 2011). A su vez determina “(...) *el vocabulario de los componentes y los conectores que se pueden utilizar en instancias de ese estilo, junto con un conjunto de restricciones sobre cómo pueden ser combinados (...)*” (Garlan, y otros, 1994).

Para el despliegue del módulo Inventario de Minerales Sólidos se aplica el estilo arquitectónico **Cliente-Servidor**; este se basa en el envío de un mensaje, por parte del cliente, solicitando un determinado servicio a un servidor; el cual envía uno o varios mensajes con la respuesta, es decir, provee el servicio.

Algunas de las características de este estilo son: (Márquez Avendaño, y otros, 2004)

- Un servidor da servicio a múltiples clientes en forma concurrente.
- Las funciones de Cliente y Servidor pueden estar en plataformas separadas, o en la misma plataforma.
- La plataforma del hardware y el sistema operativo del cliente y el servidor no tienen que ser necesariamente los mismos.

¿Por qué utilizar el estilo Cliente-Servidor?

El SGDG, sistema al que será integrado el módulo Inventario de Minerales Sólidos, hace uso del estilo cliente-servidor, por lo que en el desarrollo del módulo fue necesaria la utilización de este modelo para garantizar la correspondencia entre ambos. Además contar con los recursos centralizados en un servidor brinda muchas ventajas pues permite que estos puedan ser accedidos por múltiples clientes; al mismo tiempo facilita la administración ya que es más fácil y económico administrar la instalación y la actualización de software en un servidor que en todos los clientes.

2.1.2 Patrón Arquitectónico

Un patrón arquitectónico es el nivel en el cual la arquitectura de software define la estructura básica de un sistema, al mismo tiempo representa una plantilla de construcción que provee un conjunto de subsistemas aportando las normas para su organización (Bahit, 2011).

Uno de los patrones más utilizados en las aplicaciones web, y que además es el empleado para el desarrollo de la solución propuesta, es el patrón **Modelo-Vista-Controlador** (MVC⁶), este se encarga de separar los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres niveles claramente definidos:

- **Modelo:** representa la lógica de negocios, se encarga de acceder a los datos, actuando como intermediario entre el controlador y la base de datos.
- **Vista:** es la encargada de mostrar la información al usuario de forma gráfica.
- **Controlador:** es el intermediario entre la vista y el modelo, controla las interacciones del usuario, solicitando los datos al modelo y entregándolos a la vista para que esta los presente.

¿Por qué utilizar el patrón MVC?

El empleo del patrón MVC proporciona numerosos beneficios, pues mediante su uso es posible tener diferentes vistas para un mismo modelo y construir nuevas vistas sin necesidad de modificar el modelo subyacente (Sebastián, 2010). Además tiene grandes ventajas como la organización del código, la reutilización y la flexibilidad.

⁶ Modelo Vista Controlador (*Model View Controller* por sus siglas en inglés).

2.2 Metodología de desarrollo de software

La obtención de un producto de software exitoso depende en gran medida de las actividades llevadas a cabo en las diferentes etapas de su desarrollo; por lo que contar con una guía que ordene estas actividades, dirija las tareas, especifique los artefactos que deben desarrollarse y ofrezca criterios para el control y la medición de los productos, constituye un aspecto fundamental para el logro de un proceso bien definido y gestionado. Es con este objetivo que se emplean las metodologías de desarrollo de software, las que se definen como un conjunto de procedimientos, técnicas, herramientas y un soporte documental que ayuda a los desarrolladores a realizar un nuevo software (Virrueta Méndez, 2010). Las metodologías de desarrollo están divididas en dos grandes grupos, las ágiles y las tradicionales⁷.

2.2.1 Proceso Unificado de Desarrollo (RUP⁸)

RUP es una metodología tradicional que provee una guía para conducir las actividades dentro de una organización de desarrollo mediante una forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades. Permite seleccionar fácilmente el conjunto de componentes de proceso que se ajustan a las necesidades específicas de cada proyecto y su objetivo es asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga los requerimientos de los usuarios finales. Esta metodología intenta integrar todos los aspectos a tener en cuenta durante todo el ciclo de vida del software, con el objetivo de hacer abarcables tanto pequeños como grandes proyectos (Martínez, y otros, 2011).

Existen varios aspectos que hacen único al Proceso Unificado de Desarrollo, tres características de gran importancia que lo definen: (JACOBSON, y otros, 2000)

- Dirigido por casos de uso: Porque el proceso de desarrollo sigue un hilo; es decir, avanza a través de una serie de flujos de trabajo que parten de los casos de uso.
- Centrado en la arquitectura: RUP presta especial atención al establecimiento temprano de una buena arquitectura que no se vea fuertemente impactada ante cambios posteriores, por lo que tanto la arquitectura como los casos de uso deben evolucionar en paralelo durante todo el proceso de desarrollo de software.

⁷ También denominadas metodologías pesadas o robustas.

⁸ Proceso Unificado de Desarrollo (*Rational Unified Process* por sus siglas en inglés).

- Iterativo e incremental: El desarrollo de un producto de software puede dividirse en partes más pequeñas o mini-proyectos, cada uno de los cuales es una iteración que resulta en un incremento.

Estas tres características tienen igual importancia puesto que la arquitectura proporciona la estructura sobre la cual guiar las iteraciones, mientras que los casos de uso definen los objetivos y dirigen el trabajo de cada iteración (JACOBSON, y otros, 2000).

La metodología RUP organiza el proceso de desarrollo de software en cuatro fases: (JACOBSON, y otros, 2000)

- Inicio: Esta fase establece la viabilidad, su objetivo principal es establecer el análisis del negocio para decidir si el sistema es viable o no.
- Elaboración: Centrada en la factibilidad, el resultado principal de esta fase es una arquitectura estable para guiar el sistema a lo largo de su ciclo de vida.
- Construcción: Aquí se construye el sistema, es decir, un producto listo para ser distribuido como versión beta⁹ y ser sometido a pruebas.
- Transición: Esta fase se adentra en el entorno del usuario; comienza generalmente con la entrega de una versión beta del sistema, la que será sometida a pruebas en el entorno de los usuarios.

Dentro de las fases anteriormente mencionadas se ejecutan ciertos flujos de trabajo, seis de los cuales son identificados en el proceso y tres son de soporte.

¿Por qué utilizar RUP?

El módulo Inventario de Minerales Sólidos será integrado al sistema SGDGD en su versión 2.0, el que utiliza RUP como metodología de desarrollo de software ya que se trata de un proyecto extenso que requiere mantener registradas y controladas las actividades que se llevan a cabo en el proceso de desarrollo de software, con el objetivo de facilitar el trabajo en caso de existir cambios posteriores en la organización. La metodología RUP satisface las necesidades de este sistema y por ende del módulo, ya que genera una gran documentación, es configurable para adaptarse a las necesidades específicas de cada organización,

⁹ Producto de software capaz de realizar un funcionamiento inicial.

ha demostrado ser efectiva en proyectos de gran envergadura y su objetivo es producir software de alta calidad que satisfaga las necesidades de los usuarios finales.

2.3 Lenguaje de modelado

Un modelo es una simplificación de la realidad, una forma de encapsular conceptos que ha sido utilizada desde hace mucho tiempo. El modelado de un sistema de software tiene como objetivo fundamental capturar las partes esenciales de dicho sistema, lo que puede servir de apoyo en los procesos de análisis de un problema, pudiendo de este modo proponer soluciones y llegar a acuerdos. Durante el desarrollo de software, la falta de estandarización en la manera de representar gráficamente los modelos, impedía que los diseñadores pudieran compartir los diseños realizados, por lo que surge la necesidad del establecimiento de un lenguaje común para el modelado, que además de eliminar la mayor cantidad de estas discrepancias, proporcionara un marco en el que los desarrolladores individuales pudieran pensar y analizar. Este es precisamente el papel del Lenguaje Unificado de Modelado, el que constituye una parte esencial de RUP (JACOBSON, y otros, 2000).

2.3.1 Lenguaje Unificado de Modelado (UML¹⁰ 2.1)

UML es un lenguaje gráfico que estandariza la forma de crear diagramas, el significado preciso de los mismos, y las relaciones existentes entre ellos (Génova Fuster, y otros, 2006); este se define como “(...) *un lenguaje para la visualización, especificación, construcción y documentación de los artefactos de sistemas en los que el software juega un papel importante*” (JACOBSON, y otros, 2000).

UML puede ser utilizado para el modelado completo de sistemas complejos, a través de una amplia variedad de diagramas que permiten visualizar el sistema desde varias perspectivas. Los diseños obtenidos a partir de este lenguaje permiten especificar cuáles son las características de un sistema antes de su construcción, al mismo tiempo que sirven de base para la futura implementación (Hernández Orallo, 2002). El lenguaje unificado tiene entre sus propósitos apoyar las buenas prácticas para el diseño, tales como la encapsulación (RUMBAUGH, y otros, 1999).

¹⁰ Lenguaje Unificado de Modelado (*Unified Modeling Language* por sus siglas en inglés).

¿Por qué utilizar UML?

UML es utilizado en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 ya que precisamente es este el lenguaje de modelado empleado por la metodología RUP para la creación de sus artefactos. Por otra parte los diseños realizados a partir de UML pueden ser implementados en cualquier lenguaje de programación que soporte las posibilidades del lenguaje unificado. Estos diseños pueden ser utilizados como guía en las diferentes etapas del proceso de desarrollo de software; permitiendo la verificación y validación del sistema, al mismo tiempo que sirven como documentación del mismo (RUMBAUGH, y otros, 1999).

2.4 Herramientas CASE

Las herramientas CASE se definen como *“(...) un conjunto de programas y ayudas que dan asistencia a los analistas, ingenieros de software y desarrolladores, durante todos los pasos del ciclo de vida de desarrollo de un software”* (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1999). Su empleo proporciona numerosos beneficios pues brindan capacidades gráficas para representar los modelos y diagramas, además de poseer comprobación de errores integrado dentro de las herramientas (González López, y otros, 2011). Al mismo tiempo permiten verificar el uso de todos los elementos en el sistema diseñado, así como ayudar en la documentación del sistema y en la creación de relaciones en la base de datos; permitiendo de esta manera elevar la calidad y productividad (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1999). En el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 se empleó la herramienta CASE de modelado Visual Paradigm.

2.4.1 Visual Paradigm 8.0

Visual Paradigm es una herramienta de modelado visual para todos los tipos de diagramas UML, soporta una amplia gestión de casos de usos y diseño de bases de datos, al mismo tiempo que proporciona medidas eficaces en el análisis y diseño de sistemas (Visual Paradigm, 1999). Esta herramienta ofrece un ambiente visualmente superior de modelado, además posee un diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que genera un software de mayor calidad, tiene licencia gratuita, permite la transformación de diagramas entidad-relación en tablas de bases de datos, y soporta varios idiomas; además se caracteriza por la compatibilidad entre ediciones.

¿Por qué utilizar Visual Paradigm?

Se utiliza Visual Paradigm como herramienta de modelado en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD version 2.0 ya que tiene una licencia gratuita, está disponible en múltiples plataformas, permite el uso de un lenguaje estándar común a todo el equipo de desarrollo que facilita la comunicación, tiene capacidades de ingeniería directa e inversa y es muy fácil de utilizar.

2.5 Lenguajes de Programación

Según la *Encyclopedia of Computer Science*, un lenguaje de programación se define como un conjunto de caracteres, reglas para combinarlos, y las reglas que especifican sus efectos cuando es ejecutado por una computadora; estos poseen las cuatro características siguientes: (Scribd, 2011)

1. No requiere de ningún conocimiento de código máquina por parte del usuario.
2. Cuenta con independencia de la máquina.
3. Está traducido a lenguaje de máquina.
4. Emplea una notación que es más cercana al problema que se está resolviendo que al código de máquina.

Se sintetiza entonces un lenguaje de programación como un conjunto de símbolos, reglas y palabras especiales que permiten construir un programa. Algunos lenguajes son del lado del cliente y otros del lado del servidor. Los lenguajes del lado del cliente son totalmente independientes del servidor, estos pueden ser "digeridos" por el navegador y no necesitan un pretratamiento. Por su parte, los lenguajes del lado del servidor son reconocidos, ejecutados e interpretados por el propio servidor, para luego ser enviados al cliente en un formato comprensible para él.

2.5.1 Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML 5.0)

HTML es la abreviatura de *HyperText Markup Language* y es un lenguaje del lado del cliente utilizado para presentar información en la *World Wide Web*. Su objetivo es describir cómo es una página de manera que examinando esa descripción el navegador del usuario final sea capaz de mostrarlo de la mejor manera posible (Ferrer, y otros, 1998). HTML está basado en el uso de etiquetas, es sencillo, fácil de aprender, compatible con todos los sistemas operativos, permite cambiar y actualizar la información de manera

rápida, así como crear páginas web con gran facilidad. Mediante su utilización se pueden incluir imágenes y ficheros multimedia en las páginas web, además de hiperenlaces que permiten acceder a otros documentos.

2.5.2 Hoja de Estilo en Cascada (CSS¹¹ 3.0)

El gran auge de la Internet, así como el crecimiento del HTML para la creación de páginas web, provocaron un gran impulso de los lenguajes de hojas de estilos. A finales de 1996 el W3C¹² publica la primera recomendación oficial del CSS, el cual es un lenguaje del lado del cliente definido como "(...) un lenguaje de hojas de estilos creado para controlar el aspecto o presentación de los documentos electrónicos definidos con HTML y XHTML¹³". CSS es imprescindible para crear páginas web complejas ya que es la mejor forma de separar los contenidos y su presentación, lo que permite un mejor entendimiento de estas, al mismo tiempo que facilita el trabajo de los desarrolladores (Eguíluz Pérez, 2009).

¿Por qué utilizar CSS?

Se utiliza CSS en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD version 2.0 ya que este es un lenguaje flexible que permite separar la presentación de los contenidos, esto brinda grandes beneficios pues mejora la accesibilidad del documento y reduce la complejidad de su mantenimiento. Además permite aplicar los estilos a la solución propuesta en correspondencia con el sistema al que será integrado.

2.5.3 JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación del lado del cliente con capacidades orientadas a objetos (Flanagan, 2006). Se utiliza principalmente para la creación de páginas web dinámicas, las que pueden ser probadas directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios (Eguíluz Pérez, 2008). Este lenguaje se utiliza para escribir scripts que funcionan en el entorno de una página web y en el

¹¹ Hojas de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheets* por sus siglas en inglés).

¹² *World Wide Web Consortium* por sus siglas en inglés.

¹³ Lenguaje de Marcado de Hipertexto Extensible (*Extensible HyperText Markup Language* por sus siglas en inglés).

que las variables no es necesario que tengan un tipo especificado. JavaScript puede controlar no solo el contenido de los documentos HTML, sino también su comportamiento (Flanagan, 2006).

¿Por qué utilizar JavaScript?

Se utiliza JavaScript en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 ya que este es un lenguaje sencillo, independiente de la plataforma hardware o sistema operativo, evita realizar solicitudes innecesarias al servidor y tiene una gran documentación en la web.

2.5.4 Pre-procesador de Hipertexto (PHP¹⁴ 5.4.8)

PHP es un lenguaje interpretado y del lado del servidor, está pensado para el desarrollo web de forma que es ideal para la creación de páginas dinámicas; estas, al ser desarrolladas con PHP, contienen una serie de documentos que el servidor interpreta, proporcionando al cliente documentos HTML con el resultado de las órdenes PHP. Este lenguaje es ampliamente utilizado en la actualidad, es simple pero a la vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores, tiene la capacidad de ser ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos y permite la conexión con la mayoría de los sistemas gestores de base de datos actualmente utilizados (Sæther Bakken, y otros, 2002).

¿Por qué utilizar PHP?

Al igual que el sistema al que será integrado, el módulo Inventario de Minerales Sólidos utiliza el lenguaje PHP ya que este es un lenguaje multiplataforma y libre cuyo código está disponible bajo la licencia GPL¹⁵, además es sencillo, fácil de aprender, posee una gran documentación en línea y permite las técnicas de Programación Orientada a Objetos (POO). Este lenguaje es utilizado por una inmensa comunidad de programadores que cooperan para mejorarlo, por lo que cada vez es más seguro y estable.

¹⁴ *PHP: Hypertext Preprocessor* por sus siglas en inglés.

¹⁵ Licencia Pública General (*General Public License* por sus siglas en inglés).

2.6 AJAX

El término AJAX es un acrónimo de "JavaScript asíncrono + XML¹⁶", este no es un lenguaje de programación, sino un conjunto de tecnologías que permiten el desarrollo de páginas web más interactivas (Clemente Carrilero, 2011). AJAX permite que el intercambio de información con el servidor se produzca en un segundo plano, lo que mejora completamente la interacción del usuario con la aplicación ya que se evitan las recargas constantes de la página (Eguíluz Pérez, 2008). Las tecnologías que forman AJAX son:

- XHTML y CSS: para crear una presentación basada en estándares.
- DOM¹⁷: para la interacción y manipulación dinámica de la presentación.
- XML, XSLT¹⁸ y JSON¹⁹: para el intercambio y la manipulación de información.
- XMLHttpRequest: para el intercambio asíncrono de información.
- JavaScript: para unir todas las demás tecnologías.

¿Por qué utilizar AJAX?

AJAX es utilizado en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD version 2.0 ya que está basado en estándares abiertos, es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web, mejora la velocidad e interacción de los usuarios con la aplicación, mejora la estética de la web y es soportado por la mayoría de los navegadores modernos (Charland, 2005).

2.7 Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)

Un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Los IDEs pueden ser aplicaciones por sí solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes, estos proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación tales como Java, C++, Python, C#, Delphi, Visual Basic, etc. (Betancourt, 2010)

¹⁶ Lenguaje de Marcas Extensible (*Extensible Markup Language* por sus siglas en inglés).

¹⁷ Modelo de Objetos del Documento (*Document Object Model* por sus siglas en inglés).

¹⁸ Transformaciones XSL (*Extensible Stylesheet Language Transformations* por sus siglas en inglés).

¹⁹ Notación de Objetos de JavaScript (*JavaScript Object Notation* por sus siglas en inglés).

2.7.1 NetBeans 7.3

NetBeans es un entorno integrado de desarrollo de código abierto con el que es posible desarrollar aplicaciones de escritorio, web, empresariales en varias capas, o programas para todo tipo de dispositivos móviles. Está escrito en el lenguaje JAVA por lo que puede ser ejecutado en cualquier sistema en donde haya una máquina virtual de JAVA compatible (Domínguez Rodríguez, y otros, 2011), permite además trabajar con un gran número de lenguajes como C/C++, Ruby, PHP, y JSP. NetBeans tiene una gran base de usuarios y una comunidad en constante crecimiento.

¿Por qué utilizar NetBeans?

Se utiliza NetBeans en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 ya que este es un IDE libre, disponible en varios sistemas operativos, permite trabajar con el lenguaje PHP y posee una interfaz muy sencilla de usar. Además ofrece soporte para Symfony y AJAX, permite la integración de servidores, así como autocompletar y depurar el código de una manera muy sencilla.

2.8 Framework

Un framework para aplicaciones web es un software o conjunto de librerías, que está diseñado para dar soporte al desarrollo de sitios y en general a la construcción de cualquier aplicación web; tratando de facilitar aquellas actividades comunes realizadas durante el desarrollo de estas. Los frameworks permiten el mapeo de URLs y el acceso a los sistemas gestores de bases de datos, además posibilitan identificar los usuarios de la aplicación mediante funciones para restringir su acceso (Mendoza Vázquez, 2011).

2.8.1 Symfony 2.2

Symfony es un framework enfocado a optimizar el desarrollo de aplicaciones web en el lenguaje de programación PHP, este puede ser completamente personalizado para cumplir con los requisitos de las diferentes empresas que disponen de sus propias políticas y reglas para la gestión de proyectos y la programación de aplicaciones. Symfony separa la lógica de negocio, la lógica de servidor y la presentación de la aplicación web; es compatible con la mayoría de gestores de bases de datos y automatiza las tareas más comunes, permitiendo al desarrollador dedicarse por completo a los aspectos específicos de cada aplicación (Potencier, y otros, 2008).

¿Por qué utilizar Symfony?

Se utiliza Symfony en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos ya que este sigue la mayoría de las mejores prácticas y patrones de diseño para la web, proporcionando varias herramientas y clases encaminadas a reducir el tiempo de desarrollo de las aplicaciones web complejas. Symfony ha sido probado en diversos proyectos siendo evidente sus numerosos beneficios, además hace un uso continuo de los mecanismos orientados a objetos y posee una gran cantidad de documentación disponible.

2.9 ExtJS 4.1.1

ExtJS es un conjunto de librerías JavaScript que permiten el desarrollo de aplicaciones RIA²⁰ basadas en un navegador; a la vez que ofrece al desarrollador un gran conjunto de widgets²¹ plenamente integrados y un API²² para conseguir interfaces web más dinámicas e interactivas con el usuario. ExtJS se puede integrar con la mayoría de los lenguajes destinados a la creación de aplicaciones web, extendiendo las capacidades visuales de estos; además posee beneficios como la orientación a objetos, la manipulación del DOM y el soporte a varios navegadores como Internet Explorer, Opera, Safari y Mozilla Firefox (Correa Lozano, 2010).

¿Por qué utilizar ExtJS?

Utilizar ExtJS brinda grandes ventajas ya que permite crear aplicaciones complejas utilizando componentes predefinidos, evita tener que validar que el código escrito funcione bien en cada navegador y proporciona un balance entre Cliente-Servidor, permitiendo que el servidor, al tener menor carga, pueda manejar más clientes al mismo tiempo. Además permite la comunicación asíncrona, lo que da la posibilidad al servidor de cargar información sin estar sujeto a esperar alguna acción del usuario. Igualmente eleva la eficiencia de la red pues el tráfico de esta puede disminuir al permitir que la aplicación elija qué información desea transmitir al servidor y viceversa (Sánchez Rosas, 2008).

²⁰ Aplicaciones Enriquecidas en Internet (*Rich Internet Applications* por sus siglas en inglés).

²¹ Componentes como grids, ventanas de diálogo, etc.

²² Interfaz de Programación de Aplicaciones (*Application Program Interface* por sus siglas en inglés).

2.10 Servidor Web

Un servidor web es un programa que sirve para atender y responder a las diferentes peticiones de los navegadores, proporcionando los recursos que estos soliciten usando el protocolo HTTP²³ o HTTPS²⁴. Un servidor web básico cuenta con un esquema de funcionamiento muy simple, basado en ejecutar infinitamente el siguiente bucle: (Cibernetia, 2011)

1. Espera peticiones en el puerto TCP indicado.
2. Recibe una petición.
3. Busca el recurso.
4. Envía el recurso utilizando la misma conexión por la que recibió petición.
5. Vuelve al segundo punto.

A partir del anterior esquema se han diseñado y desarrollado todos los servidores de HTTP que existen, variando el tipo de peticiones que pueden atender (Cibernetia, 2011).

2.10.1 Servidor Apache 2.2.22

Apache es un servidor HTTP de código abierto para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etcétera), Windows y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.1 y la noción de sitio virtual (UBUNTU, 2006). Algunas de sus características más importantes es que se utiliza en casi todas las plataformas y su código fuente es gratuito; además tiene muchas otras características como la indexación de directorios, uso de sobrenombres con las carpetas, negociación de contenidos, informes configurables sobre los errores HTTP, administración de recursos para los procesos emparentados, reescritura de URL, corrección de URL y manuales online (Kabir, 2003).

¿Por qué utilizar Apache?

Se utiliza Apache en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGD version 2.0, ya que este servidor web es de código abierto y multiplataforma, además incorpora soporte para PHP, es altamente configurable y ampliamente reconocido en muchos ámbitos empresariales y tecnológicos.

²³ Protocolo de Transferencia de Hipertexto (*HyperText Transfer Protocol* por sus siglas en inglés).

²⁴ Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto (*HyperText Transfer Protocol Secure* por sus siglas en inglés).

2.11 Sistema Gestor de Bases de Datos

Los Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) son aplicaciones que permiten a los usuarios definir, crear y mantener una base de datos, al mismo tiempo que proveen un acceso controlado a la misma; estos tienen entre sus objetivos gestionar el almacenamiento de los datos permitiendo su fácil administración. Los SGBD mejoran la integridad, accesibilidad y seguridad de los datos, ya que posibilitan la utilización de restricciones o reglas que no se pueden violar y proporcionan lenguajes de consultas o generadores de informes que permiten al usuario hacer cualquier tipo de consulta sobre estos; además se pueden establecer claves para identificar al personal autorizado a utilizar la base de datos (Gil, y otros, 2005).

2.11.1 PostgreSQL 9.1.1

PostgreSQL es un avanzado sistema de bases de datos relacionales basado en código abierto, por lo que cualquier persona puede colaborar con el desarrollo del proyecto o modificar el sistema para ajustarlo a sus necesidades. (Denzer, 2002). Este potente SGBD es altamente confiable en cuanto a estabilidad se refiere; su administración se basa en usuarios y privilegios, y cuenta con un rico conjunto de tipos de datos, permitiendo además su extensión mediante tipos y operadores definidos y programados por el usuario (Gibert Ginestà, y otros, 2009). También utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos para garantizar la estabilidad del sistema, por lo que si ocurre un fallo en uno de los procesos, el sistema continuará funcionando ya que el resto no se verá afectado (PostgreSQL, 2010).

¿Por qué utilizar PostgreSQL?

Se utiliza PostgreSQL en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos ya que este SGBD se caracteriza por ser estable, de alto rendimiento, gran flexibilidad y que funciona en la mayoría de los sistemas operativos como Windows, Linux y algunas versiones de Unix. También permite la implementación de algunas extensiones de orientación a objetos ya que posibilita definir un nuevo tipo de tabla a partir de otra previamente definida.

2.11.2 pgAdmin III 1.16.1

pgAdmin III es una potente aplicación de administración para PostgreSQL. Está diseñada para responder a las necesidades de todos los usuarios, desde escribir simples consultas SQL hasta la elaboración de bases de datos complejas. Esta aplicación no requiere ningún controlador adicional para comunicarse con el servidor de base de datos, es desarrollado por una comunidad de especialistas de todo el mundo y está disponible en más de 30 idiomas (Aguilera M, 2011). pgAdmin III soporta todas las características de PostgreSQL, tiene licencia de código abierto y puede ser usado en los sistemas operativos Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OS X y Microsoft Windows™ 2000 o superior (UBUNTU, 2006).

¿Por qué utilizar pgAdmin III?

Se utiliza pgAdmin III en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 ya que esta es una aplicación libre, multiplataforma y diseñada para múltiples versiones de PostgreSQL y derivados. Además soporta una gran lista de traducciones y posee una amplia documentación.

2.12 Conclusiones parciales

Una buena elección implica conocer adecuadamente las posibilidades que brinda cada tecnología informática, atendiendo a las necesidades de cada organización y el trabajo que tales herramientas deberán desempeñar. La selección de las herramientas, lenguajes y tecnologías a utilizar en el desarrollo del módulo Inventario de Minerales Sólidos del SGDGD versión 2.0 se realizó teniendo en cuenta los beneficios que aportan para el desarrollo de la solución propuesta. A partir de su caracterización es posible asegurar que las mismas satisfacen las necesidades existentes para el desarrollo de la aplicación. El empleo de la metodología RUP proporcionará además una guía para ordenar las actividades y desarrollar los artefactos, lo que facilitará y organizará el trabajo, contribuyendo a la obtención de un sistema en el tiempo establecido.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS

Resulta muy difícil automatizar un negocio si no se entiende cómo este funciona. Lograr un claro conocimiento del alcance del negocio, así como un entendimiento de sus procesos, constituyen factores claves para el desarrollo de un sistema que se ajuste de la mejor forma posible en la organización donde se va a implantar. Con el objetivo de entender el problema actual en la ONRM, en el presente capítulo se realiza la modelación del negocio; se identifican los procesos y reglas del negocio que ocupan la presente investigación, y se seleccionan y describen sus actores, trabajadores y casos de uso. De igual manera se especifican los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir el sistema a desarrollar, y se expone el diagrama de casos de uso del sistema y su descripción textual correspondiente.

3.1 Modelado del Negocio

El modelado del negocio permite comprender los procesos del negocio de una organización. Está soportado por dos tipos de modelos UML: modelos de casos de uso, mediante los que es posible comprender mejor qué valor proporciona el negocio a sus actores; y modelos de objetos, mediante los que se pueden crear trabajadores y entidades que realicen los casos de uso del negocio de la manera más eficaz posible (JACOBSON, y otros, 2000).

3.1.1 Modelo de casos de uso del negocio

Un modelo de casos de uso del negocio describe los procesos de negocio de una empresa en términos de casos de uso y actores del negocio, así como sus relaciones (JACOBSON, y otros, 2000).

Procesos del negocio:

Un proceso de negocio es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que se llevan a cabo para obtener un determinado resultado de negocio (Pressman, 2002).

Los siguientes procesos fueron identificados en el negocio que ocupa la presente investigación:

- Elaboración del BNRRMS: El proceso se inicia luego de que los modelos e IIGEE, así como los informes que contienen los datos referentes a la actividad minera ejercida por los concesionarios

durante todo el año son entregados por estos al departamento de documentación (DD) de la ONRM. Los especialistas de dicho departamento los entregan a la dirección técnica (DT), quienes los revisan y en el caso de encontrar deficiencias los entregan nuevamente al departamento de documentación para que este notifique a los concesionarios los elementos que deben rectificar. Si la revisión es satisfactoria los documentos son entregados al grupo de balance (GB), cuyos especialistas se encargan de llevar la información a una base de datos denominada Balance Nacional de Reservas, así como el posterior almacenamiento de dichos documentos en el archivo técnico.

- Consulta de información del BNRRMS: El proceso se inicia cuando alguna persona o representante de una entidad se dirige al grupo de balance de la ONRM y solicita consultar alguna información. El especialista encargado debe realizar una búsqueda en la base de datos existente para así brindar la información solicitada. En el caso de que el consultante necesite más información que la brindada, o tenga alguna duda en los datos consultados, el especialista debe realizar una búsqueda manual en el archivo técnico hasta encontrar la información solicitada.

Los procesos del negocio son gobernados por reglas y ejecutados por personas que interactúan con el negocio; además requieren ciertos recursos (objetos del negocio) como entradas o apoyo, los que pueden ser transformados y/o manipulados para producir un resultado (Barrios, 2011).

Reglas del negocio

Las reglas del negocio son un conjunto de condiciones que gobiernan un proceso de negocio de tal manera que este pueda ocurrir de una manera aceptable para una empresa. Estas definen las regulaciones o restricciones bajo las cuales una entidad opera, permitiendo definir claramente aspectos definidos en leyes, decretos y otras regulaciones (Barrios, 2011). Las principales reglas del negocio identificadas fueron:

- Los concesionarios tienen la obligación de informar anualmente a la Autoridad Minera las acciones realizadas bajo la potestad de sus concesiones.
- Los especialistas del grupo de balance de la ONRM son los encargados de la elaboración del balance, así como brindar el servicio de consulta de información del mismo.
- Los informes entregados por los concesionarios como parte de la realización de sus actividades mineras son revisados por la Dirección Técnica de la ONRM.

- Con el objetivo de mantener actualizadas las estadísticas mineras de la isla, el BNRRMS debe ser actualizado anualmente.

Actores del negocio

Los actores del negocio son personas, entidades, sistemas, máquinas o autómatas capaces de ejecutar acciones o tareas en el entorno de un sistema de negocios (Barrios, 2011). En los procesos del negocio que ocupan la presente investigación se identificaron los siguientes actores:

Tabla 1: Actores del Negocio

Actor	Descripción
Concesionario	Persona natural o jurídica, debidamente autorizada para el ejercicio de una o varias fases de la actividad minera.
Consultante	Persona que se dirige al grupo de balance de la ONRM y solicita consultar alguna información.

Trabajadores del negocio

Un trabajador representa una abstracción de un ser humano con ciertas capacidades que se requieren en un caso de uso del negocio. Estos representan el conocimiento y las habilidades que alguien necesita para hacerse cargo del trabajo en un proceso de negocio completo (JACOBSON, y otros, 2000). En el marco del negocio que ocupa la presente investigación se identificaron los siguientes trabajadores:

Tabla 2: Trabajadores del Negocio

Trabajador	Descripción
Especialista del DD	Es quien recibe la información referente a la actividad minera desarrollada por los concesionarios.
Especialista de la DT	Se encarga de revisar los informes entregados por los concesionarios.
Especialista del GB	Es el encargado de la elaboración del BNRRMS, además de brindar el servicio de consulta de información del mismo.

El modelo de casos de uso del negocio se describe mediante diagramas de casos de uso del negocio.

Diagrama de Casos de Uso del Negocio (DCUN)

Un diagrama de casos de uso del negocio muestra gráficamente la relación entre los actores y los casos de uso del negocio; es decir, la forma en la que estos interactúan con los procesos del negocio (Laman, 1999). El DCUN que a continuación se muestra representa los actores y su interacción con los procesos del negocio de la presente investigación.

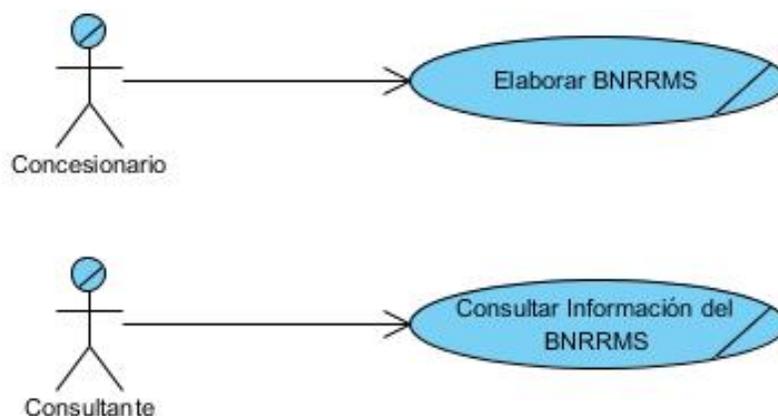


Figura 1: Diagrama de Casos de Uso del Negocio

Especificación los Casos de Uso del Negocio

El objetivo principal de detallar un caso de uso del negocio es describir su flujo de sucesos en detalle, incluyendo como comienza, termina e interactúa con los actores. El resultado de esta actividad es la descripción de un caso de uso en forma de texto y diagramas (JACOBSON, y otros, 2000).

Un diagrama de actividades describe las acciones que se requieren para llevar a cabo un proceso del negocio, el orden en que estas acciones se efectúan, dónde se realizan y quién las ejecuta. A continuación se muestra la descripción textual del CUN Elaborar BNRRMS, así como su modelado visual mediante el diagrama de actividades correspondiente. La descripción textual y diagrama de actividades correspondientes al CUN Consultar Información del BNRRMS pueden ser consultados en el Anexo 2.

Tabla 3: Descripción textual del CUN: Elaborar BNRRMS.

Caso de uso del negocio	Elaborar BNRRMS	
Actores	Concesionario	
Resumen	El caso de uso se inicia cuando un concesionario se dirige al DD de la ONRM y entrega los documentos que contienen las estadísticas mineras de sus concesiones durante todo el año. Los especialistas del DD los entregan a la DT, quienes los revisan y si están correctos los entregan al GB para que el personal que allí labora actualice los datos de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla en una base de datos denominada Balance Nacional de Reservas.	
Casos de uso asociados	-	
Acción del actor	Respuesta del proceso de negocio	
1. El concesionario entrega al DD de la ONRM los modelos, los IIGEE, así como los informes que contienen los datos de la actividad minera desarrollada por estos durante todo el año.	2. El especialista del DD recibe los documentos y los entrega a la DT.	
	3. Los especialistas de la DT revisan los documentos, en el caso de estar correctos los entregan al GB.	
	4. Los especialistas del GB, basándose en los datos de los documentos, actualizan las estadísticas de los recursos y reservas de minerales sólidos de la República de Cuba, actualizando sus datos en la base de datos Balance Nacional de Reservas y termina el caso de uso.	
	5. Los especialistas del GB guardan los documentos en el archivo técnico.	
Flujos alternos		
Acción del actor	Respuesta del proceso de negocio	
	3.3 Si la revisión no es satisfactoria los especialistas de la DT entregan los documentos al DD junto con las deficiencias encontradas.	

	3.4 Los especialistas del DD notifican al concesionario los elementos que debe rectificar.
3.5 El concesionario corrige las deficiencias y realiza el evento 1 nuevamente.	

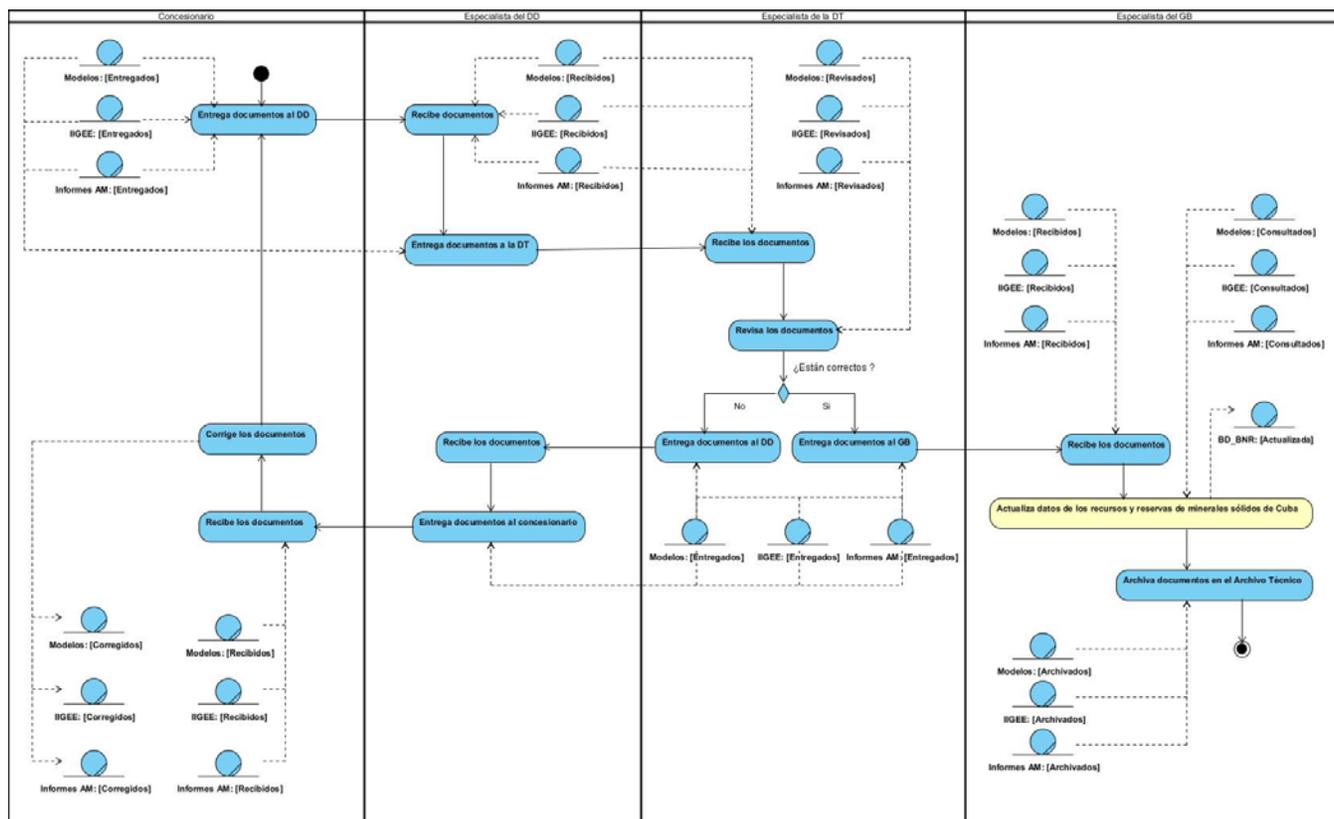


Figura 2: Diagrama de actividades del caso de uso Elaborar BNRMS

3.1.2 Modelo de Objetos del negocio

Un modelo de objetos del negocio describe cómo cada caso de uso del negocio es llevado a cabo por parte de un conjunto de trabajadores, mediante la utilización de ciertas entidades del negocio (JACOBSON, y otros, 2000).

Entidad del negocio:

Una entidad del negocio representa “algo” que los trabajadores toman, inspeccionan, manipulan, producen o utilizan en un caso de uso del negocio (JACOBSON, y otros, 2000). En el negocio que ocupa la presente investigación se identificaron las entidades descritas a continuación:

- **IIGEE:** Entidad relacionada con los procesos Elaboración del BNRRMS y Consulta de Información del BNRRMS. Representa los Informes de Investigación Geológica y/o Exploración y Explotación elaborados por los concesionarios, los que contienen los datos de los recursos y reservas de minerales sólidos encontrados en el territorio nacional, así como los que se encuentran en exploración y explotación. A partir de estos informes se extraen los datos que serán llevados al sistema. Posteriormente los informes son almacenados en el archivo técnico, donde servirán de material de consulta cuando algún consultante necesite más información o presente alguna duda en la información contenida en el balance.
- **Modelos:** Entidad relacionada con los procesos Elaboración del BNRRMS y Consulta de Información del BNRRMS. Representa modelos elaborados por los concesionarios a partir de los IIGEE y que contienen únicamente los datos de los recursos y reservas de minerales sólidos del territorio. A partir de estos modelos se extraen los datos que serán llevados al sistema. Igualmente son almacenados en el archivo técnico donde servirán de material de consulta.
- **Informes AM:** Entidad relacionada con los procesos Elaboración del BNRRMS y Consulta de Información del BNRRMS. Representa informes que contienen los datos del movimiento de recursos y reservas ocurridos como parte de la actividad minera desarrollada por los concesionarios durante todo el año. A partir de ellos se extraen los datos que serán llevados al sistema. Igualmente son almacenados en el archivo técnico donde servirán de material de consulta cuando algún consultante tenga dudas en la información contenida en el balance.
- **BD_BNR:** Entidad relacionada con los procesos Elaboración del BNRRMS y Consulta de Información de BNRRMS. Representa la BD denominada Balance Nacional de Reservas, en la cual los especialistas del GB de la ONRM actualizan la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos de la República de Cuba; y en la que buscan la información solicitada por los consultantes.

A continuación se presenta el diagrama correspondiente al modelo de objetos del negocio:

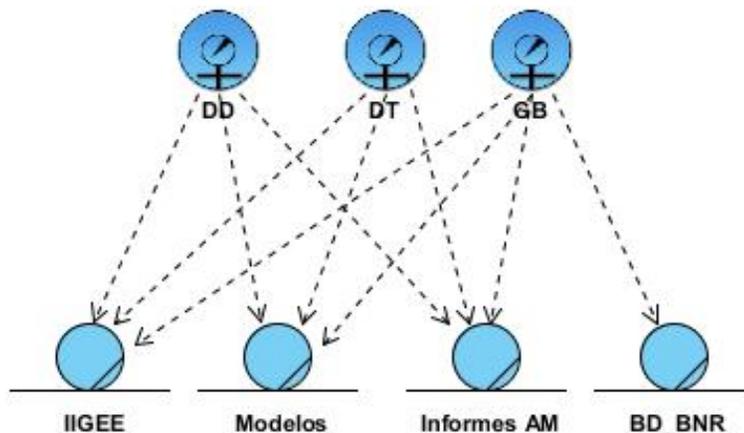


Figura 3: Diagrama de clases del Modelo de Objetos

3.2 Captura de Requisitos

El propósito fundamental del flujo de trabajo Captura de Requisitos es guiar el desarrollo hacia el sistema correcto. Para ello debe llegarse a un acuerdo entre el cliente y los desarrolladores; esto se consigue mediante una descripción lo suficientemente buena de los requisitos del sistema, es decir, las condiciones o capacidades que el sistema debe cumplir (JACOBSON, y otros, 2000).

3.2.1 Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales describen lo que el sistema debe hacer. Estos son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que este debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se debe comportar en determinadas situaciones (Somerville, 2005). A continuación se especifican los requisitos funcionales que debe cumplir el sistema a desarrollar:

RF.1_Registrar datos de un yacimiento: Permitir al usuario seleccionar una concesión e insertar el nombre de un yacimiento. La información referente a la concesión y restantes campos es gestionada en el módulo Registro Minero. Luego de seleccionada la concesión el resto de los atributos del yacimiento son mostrados automáticamente.

RF.2_Modificar datos de un yacimiento seleccionado por el usuario: Permitir modificar el nombre de un yacimiento seleccionado por el usuario.

RF.3_Eliminar un yacimiento seleccionado por el usuario.

RF.4_Mostrar datos de un yacimiento seleccionado por el usuario.

RF.5_Buscar yacimiento por diferentes criterios: Permitir realizar la búsqueda de un yacimiento teniendo en cuenta los siguientes filtros de búsqueda: nombre, provincia, municipio, materia prima, empresa y concesión.

RF.6_Insertar datos de un sector: Permitir insertar el nombre y coordenadas de un sector perteneciente a un yacimiento.

RF.7_Modificar datos de un sector seleccionado por el usuario.

RF.8_Eliminar un sector seleccionado por el usuario.

RF.9_Mostrar datos de un sector seleccionado por el usuario.

RF.10_Insertar datos de una unidad: Permitir insertar el nombre, tipo y coordenadas de una unidad perteneciente a un yacimiento.

RF.11_Modificar datos de una unidad seleccionada por el usuario.

RF.12_Eliminar una unidad seleccionada por el usuario.

RF.13_Mostrar datos de una unidad seleccionada por el usuario.

RF.14_Insertar datos de un informe de investigación geológica y/o exploración y explotación: Permitir insertar el tipo, autor, fecha de confección, fecha de aprobación, revisor y observaciones de un informe de investigación geológica, y/o exploración y explotación.

RF.15_Modificar datos de un informe de investigación geológica y/o exploración y explotación seleccionado por el usuario.

RF.16_Eliminar un informe de investigación geológica y/o exploración y explotación seleccionado por el usuario.

RF.17_Mostrar datos de un informe de investigación geológica y/o exploración y explotación seleccionado por el usuario.

RF.18_Buscar informe por diferentes criterios: Permitir realizar la búsqueda de un informe teniendo en cuenta diferentes criterios de búsqueda, estos son: autor, fecha de confección, fecha de aprobación, revisor y No. de inventario.

RF.19_Insertar datos iniciales de un recurso: Permitir insertar los datos iniciales de un recurso, estos son: tipo, valor y grado de estudio.

RF.20_Modificar datos iniciales de un recurso seleccionado por el usuario.

RF.21_Eliminar recurso seleccionado por el usuario.

RF.22_Insertar datos iniciales de una reserva: Permitir insertar los datos iniciales de una reserva, estos son: tipo, valor y grado de estudio.

RF.23_Modificar datos iniciales de una reserva seleccionada por el usuario.

RF.24_Eliminar reserva seleccionada por el usuario.

RF.25_Insertar datos del movimiento de una reserva: Permitir insertar los datos del movimiento de una reserva, estos son: recursos iniciales, extracción, pérdida de extracción, dilución por extracción, incremento o decremento, reclasificación, recálculo, recursos finales, recursos en pilares, recursos abandonados, dilución esperada, pérdidas esperadas, reservas finales y parámetros de calidad.

RF.26_Modificar datos del movimiento de una reserva seleccionada por el usuario.

RF.27_Eliminar datos del movimiento de una reserva seleccionada por el usuario.

RF.28_Registrar parámetros de calidad a una materia prima: Permitir asignar a una materia prima los parámetros de calidad y unidad de medida correspondientes en cada caso.

RF.29_Modificar los parámetros de calidad de una materia prima seleccionada por el usuario.

RF.30_Eliminar los parámetros de calidad de una materia prima seleccionada por el usuario.

RF.31_Devolver una reserva a un depósito.

RF.32_Asignar Ley de corte a una materia prima: Permitir insertar a un yacimiento y materia prima determinados, el valor de una ley de corte.

RF.33_Mostrar el total de los recursos y reservas en un intervalo de tiempo: Permitir mostrar el total de recursos y reservas en un intervalo de tiempo determinado por el usuario. El total puede ser mostrado teniendo en cuenta los siguientes filtros de búsqueda: provincia, materia prima, uso de la materia prima, concesionario y la combinación de estos.

RF.34_Generar balance anual de los recursos y reservas de minerales sólidos: Permitir generar el balance general de los recursos y reservas de minerales sólidos agrupado por las siguientes clasificaciones de minerales: metálicos, no metálicos y fangos medicinales. Por cada una de las clasificaciones, el balance puede agruparse por las siguientes categorías: materia prima, empresa, provincia y la combinación de estas.

RF.35_Mostrar lista de los depósitos de minerales sólidos: Mostrar el listado de los depósitos de minerales sólidos registrados en el sistema.

RF.36_Mostrar datos de un depósito seleccionado por el usuario.

RF.37_Buscar depósito por diferentes criterios: Permitir realizar la búsqueda de un depósito teniendo en cuenta los siguientes criterios de búsqueda: nombre, provincia, municipio y materia prima.

RF.38_Exportar a formatos .pdf y .doc: Permitir generar documentos en formatos .pdf y .doc.

3.2.2 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales especifican propiedades del sistema, como restricciones del entorno o de la implementación, rendimiento, dependencias de la plataforma, facilidad de mantenimiento, extensibilidad y fiabilidad (JACOBSON, y otros, 2000). A continuación se muestran los requisitos no funcionales que debe cumplir el sistema a desarrollar:

Requisitos de usabilidad

- El sistema debe poder ser usado por cualquier persona que tenga conocimientos básicos de computación.
- La información deberá estar disponible en todo momento, limitada solamente por las restricciones de acuerdo a las políticas de seguridad definidas.

Requisitos de fiabilidad

- El sistema debe estar disponible todo el tiempo para sus usuarios, descontando el tiempo que se encuentre en mantenimiento y la ocurrencia de alguna falla externa.

Requisitos de confiabilidad

- El sistema puede pasar inactivo 4 horas, pasado este tiempo redirecciona al usuario a la pantalla de autenticación.
- Luego de que ocurra una excepción, ya sea causada por errores internos o de lógica, el sistema emite un mensaje y no realiza la operación que produjo el error.

Requisitos de eficiencia

- El tiempo de respuesta por transacción de las peticiones realizadas al módulo estará en el rango de 2 a 5 segundos, en dependencia de la cantidad de información a procesar.
- El número de clientes o transacciones que el sistema puede alojar al mismo tiempo es de 50.

Restricciones de diseño

- El producto de software debe diseñarse teniendo en cuenta:
 - La arquitectura Modelo - Vista – Controlador en la lógica y gestión de los datos en la interfaz.
 - Cliente – Servidor como arquitectura de despliegue.
- El lenguaje de programación a utilizar en la implementación de los módulos será PHP, con el framework de desarrollo Symfony2.

Requisitos de interfaz

- El sistema debe tener indicadores que permitan al usuario conocer las acciones que debe realizar, por ejemplo botones con íconos sugerentes y alternativa textual.
- El sistema debe permitir al usuario transitar de una tarea a otra sin necesidad de obligarlo a realizar acciones innecesarias o no deseadas, por ejemplo para llegar de una tarea a otra el usuario no debe dar más de 3 clic.

Requisitos de hardware

PC Servidor:

- Capacidad mínima de RAM de 1 GB, recomendable 2 GB.
- Velocidad de procesamiento del microprocesador 1GHz o superior.
- Capacidad de almacenamiento adecuada, recomendable 30 GB libres (o superior) en disco duro.

PC Cliente:

- RAM de 512 MB, recomendable 1 GB (o superior).
- Velocidad de procesamiento del microprocesador 1GHz o superior.

Requisitos de software

PC Servidor:

- Instalación del servidor web Apache 2.2.22.
- Instalación del servidor de base de datos PostgreSQL 9.1.
- Instalación de PHP 5.3 o superior, con las extensiones php5-pgsql, php5-pdo, php5-pdo-pgsql.

PC Cliente:

- Navegador web de internet con soporte para HTML 5 y CSS 3, Recomendable Firefox 10+ o Google Chrome 14+.

Requisitos legales, de Derecho de autor y otros

- El sistema debe ajustarse y regirse por la Resolución 385 sobre la clasificación de los recursos y reservas de minerales sólidos y el Procedimiento sobre la elaboración del Balance Nacional de Recursos y Reservas de Minerales Sólidos, los cuales norman los procesos que serán automatizados.
- Como producto, se distribuirá amparado bajo las normativas legales establecidas en el registro comercial emitido por las entidades jurídicas de la Universidad de las Ciencias Informáticas.
- El producto debe ser registrado en el Centro Nacional de Derechos de Autor (CENDA).

3.3 Modelo de Casos de Uso del Sistema

Un Modelo de Casos de Uso del Sistema contiene actores, casos de uso y sus relaciones. Este permite que los clientes y desarrolladores lleguen a un acuerdo sobre las condiciones y capacidades que el sistema debe cumplir, al mismo tiempo que sirve como acuerdo entre ambos. El Modelo de Casos de Uso proporciona además la entrada fundamental para el análisis, el diseño y las pruebas (JACOBSON, y otros, 2000).

3.3.1 Descripción de los actores

Los actores del sistema representan todos los usuarios que lo utilizan; estos no necesariamente tienen que ser personas, pueden ser otros sistemas o hardware externo que interactúan con el mismo (JACOBSON, y otros, 2000). A continuación se muestra la descripción de los actores del sistema identificados:

Tabla 4: Actores del Sistema

Actores del sistema	Descripción
Especialista del GB	Es el encargado de realizar la gestión de los datos.

3.3.2 Identificación de los Casos de Uso

“Un caso de uso (CU) especifica una secuencia de acciones, incluyendo variantes, que el sistema puede llevar a cabo, y que producen un resultado observable de valor para un actor concreto” (JACOBSON, y otros, 2000). Estos representan “fragmentos” de funcionalidad diseñados para cumplir los deseos del usuario cuando este utiliza el sistema. A continuación se muestran los casos de uso que hacen referencia a los requisitos funcionales que debe cumplir el sistema a desarrollar:

Tabla 5: Casos de Uso del Sistema

Caso de Uso	Referencia a requisitos
Gestionar Yacimiento	RF: 1, 2, 3, 4, 5
Gestionar Sector	RF: 6, 7, 8, 9
Gestionar Unidad	RF: 10, 11, 12, 13
Gestionar IIGEE	RF: 14, 15, 16, 17, 18
Gestionar Datos Investigación	RF: 19, 20, 21, 22, 23, 24
Gestionar Datos Explotación	RF: 25, 26, 27
Gestionar Parámetros de Calidad	RF: 28, 29, 30
Devolver Reserva	RF: 31
Asignar Ley de Corte	RF: 32

Generar Reporte	RF: 33
Generar BNRRMS	RF: 34
Visualizar Depósito	RF: 35, 37, 37
Exportar a Formatos	RF: 38

3.3.3 Diagrama de casos de uso del sistema (DCUS)

Un diagrama de casos de uso del sistema muestra un conjunto de casos de uso y actores con una asociación entre cada par actor/caso de uso que interactúan (JACOBSON, y otros, 2000). A continuación se muestra el DCUS del módulo Inventario de Minerales Sólidos.

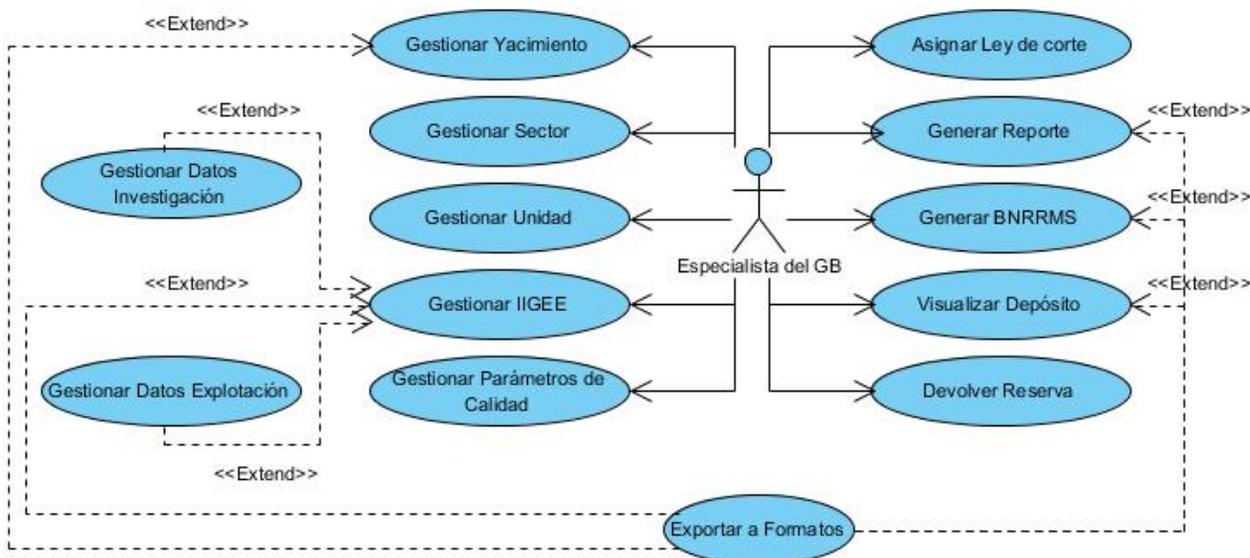


Figura 4: Diagrama de casos de uso del sistema

3.3.4 Descripción textual de casos de uso del sistema

Una descripción textual de la secuencia de acciones de un caso de uso del sistema especifica lo que el sistema hace cuando se lleva a cabo el caso de uso especificado, incluyendo su interacción con los actores (JACOBSON, y otros, 2000). A continuación se muestra la descripción textual del caso de uso del

sistema Generar BNRRMS, la que permitirá una mejor comprensión del mismo. Las descripciones textuales correspondientes a los restantes casos de uso pueden ser consultadas en el Anexo 3.

Tabla 6: Descripción textual del CU Generar BNRRMS

Objetivo	El objetivo de este caso de uso es permitir generar el balance nacional de recursos y reservas de minerales sólidos especificando diversas clasificaciones de minerales, así como categorías dentro de dichas clasificaciones.	
Actores	Especialista del GB	
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista del GB desea generar el BNRRMS teniendo en cuenta las siguientes clasificaciones de minerales: metálicos, no metálicos y fangos medicinales. Por cada una de las clasificaciones, el balance puede agruparse por las siguientes categorías: materia prima, empresa, provincia y la combinación de estas. El sistema genera el BNRRMS y termina el caso de uso.	
Complejidad	Alta	
Prioridad	Crítico	
Precondiciones	El usuario debe estar autenticado y poseer los permisos de administración.	
Postcondiciones	Se genera correctamente el BNRRMS según los criterios especificados para su creación.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Generar BNRRMS		
	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción “Generar BNRRMS” del menú principal.	Muestra una página que contiene un formulario en el que se pueden especificar las diversas clasificaciones a partir de las cuales puede generarse el balance, estas son: metálicos, no metálicos y fangos medicinales. A su vez muestra las categorías en las que pueden ser agrupados los recursos minerales, estas son: <ul style="list-style-type: none"> • Materia Prima.

		<ul style="list-style-type: none"> • Empresa. • Provincia.
2	Especifica los criterios a partir de los cuales desea generar el BNRRMS.	
3	Da clic en el botón "Aceptar"	Genera el BNRRMS teniendo en cuenta la clasificación de mineral, así como las categorías seleccionadas por el usuario.
Flujos Alternos		
Nº Evento 2 Campos vacíos		
1		Muestra un balance general de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla.
Nº Evento 2 Selecciona Exportar a Word o PDF		
1		Se lanza el CU extendido Exportar a Formatos
Relaciones		CU Incluidos
		-
		CU Extendidos
		Exportar a Formatos

3.4 Conclusiones parciales

El modelado del negocio permitió tener una visión general de la organización en torno a la cual se desarrolla la problemática de la presente investigación, posibilitando identificar los procesos que en ella se ejecutan, así como las personas implicadas en dichos procesos. Mediante el empleo de la herramienta Visual Paradigm se construyeron diferentes diagramas, algunos de los cuales dan una visión más comprensible de los procesos del negocio, mientras otros permiten apreciar el comportamiento del sistema ante determinadas situaciones. La correcta y concisa especificación de los requisitos funcionales y no funcionales, contribuye al desarrollo de un sistema que brinde todas las opciones requeridas y que a la vez satisfaga las necesidades de los usuarios finales.

CAPÍTULO 4: CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO INVENTARIO DE MINERALES SÓLIDOS

El propósito primordial de la construcción de un software es desarrollar un producto listo para su operación inicial en el entorno del usuario, el cual debe asegurarse de cumplir los requisitos, además de tener la calidad adecuada para su aplicación. En el presente capítulo se aborda el proceso de construcción de la solución propuesta, en función de diagramas de clases y estándares del diseño, diseño de la base de datos, y modelo de implementación y despliegue. Se finaliza con la ejecución de los diseños de casos de prueba para validar desde el punto de vista funcional la implementación efectuada.

4.1 Análisis y Diseño

Durante el Análisis se analizan, refinan y estructuran los requisitos con el objetivo de conseguir una comprensión y descripción de los mismos que sea fácil de mantener y que ayude a los desarrolladores a estructurar el sistema entero. En el Diseño se modela y encuentra la forma del sistema para que este soporte los requisitos que se le suponen, incluyendo los requisitos no funcionales. El lenguaje que se utiliza en el Análisis se basa en un modelo de objetos conceptual denominado Modelo de Análisis (JACOBSON, y otros, 2000).

El Modelo de Análisis no necesariamente tiene que ser utilizado para describir los resultados del Análisis ya que la manera exacta de ver y de emplear el Análisis puede diferir de un proyecto a otro. Si los requisitos son simples y/o bien conocidos, si es fácil identificar la forma del sistema, o si los desarrolladores cuentan con una comprensión de los requisitos que les permita construir un sistema que los encarne de una manera directa, es posible prescindir del Modelo de Análisis y pasar directamente al Modelo de Diseño (JACOBSON, y otros, 2000).

En la presente investigación, dadas las condiciones descritas con anterioridad, no se realiza el Modelo de Análisis; por lo que a continuación se muestra el desarrollo del Diseño mediante la presentación de los artefactos Modelo de Diseño, Modelo de Datos y Modelo de Despliegue.

4.1.1 Modelo de Diseño

El modelo de diseño se define como “(...) un modelo de objetos que describe la realización física de los casos de uso centrándose en cómo los requisitos funcionales y no funcionales, junto con otras

restricciones relacionadas con el entorno de implementación, tienen impacto en el sistema a considerar” (JACOBSON, y otros, 2000). Este sirve de abstracción de la implementación del sistema, y se utiliza además como una entrada fundamental de las actividades de implementación. El framework que se utiliza en el desarrollo de la propuesta de solución es Symfony en su versión 2.2, por lo que a continuación se describe brevemente su funcionamiento general, así como los patrones de diseño por él implementados.

Descripción general del funcionamiento de Symfony2

Symfony2 hace un uso continuo de los mecanismos orientados a objetos. Las aplicaciones que utilizan este framework no gestionan la información accediendo directamente a la base de datos, sino que crean, modifican y borran información mediante objetos PHP, en vez de crear y ejecutar sentencias SQL. Esto es posible gracias a unas librerías externas llamadas ORM²⁵ (Eguíluz Pérez, 2011), consistentes en una serie de objetos que permiten acceder a los datos y que contienen en su interior cierta lógica de negocio (Potencier, y otros, 2008).

Symfony2 permite el uso del ORM *Doctrine*. La manipulación de la información de *Doctrine* (buscar, crear, modificar y borrar registros en las tablas) se realiza a través de un objeto especial denominado *Entity Manager*, el cual es creado automáticamente por Symfony2. Una de las principales ventajas del *Entity Manager* es que se reduce drásticamente el número de consultas a la base de datos, pues si se solicita alguna información ya pedida con anterioridad, *Doctrine* devuelve instantáneamente el mismo resultado que antes sin tener que realizar una nueva consulta (Eguíluz Pérez, 2011).

Los objetos PHP utilizados para manipular la información de la base de datos se denominan entidades. Generalmente, mediante el empleo de *Doctrine*, cada tabla de la base de datos se representa mediante una entidad; así por ejemplo la tabla Yacimiento se representa mediante la entidad “Yacimiento.php”. Estas clases pueden ser creadas manualmente, aunque Symfony2 incluye comandos para generarlas automáticamente.

²⁵*Object-Relational Mapping* por sus siglas en inglés.

Patrones de diseño que implementa Symfony2

“Un patrón es una pareja de problema/solución con un nombre y que es aplicable a otros contextos, con una sugerencia sobre la manera de usarlo en situaciones nuevas” (Laman, 1999). Los patrones de diseño son el esqueleto de las soluciones a problemas comunes en el desarrollo de software; estos brindan una solución cuya efectividad ha sido probada al resolver problemas similares en situaciones anteriores. Symfony2 implementa algunos de estos patrones, a continuación se muestran los que se evidencian en el desarrollo de la propuesta de solución.

Patrones GRASP²⁶:

Asignar correctamente las responsabilidades es muy importante en el desarrollo de software orientado a objetos, por lo que en la actualidad existen muchos patrones que ofrecen orientación sobre cómo realizar esta tarea. Los patrones GRASP describen los principios fundamentales de la asignación de responsabilidades a objetos, expresados en forma de patrones (Laman, 1999). A continuación se hace referencia a los patrones GRASP que se utilizan en el desarrollo de la propuesta de solución, los cuales son implementados por Symfony2:

- **Experto**: Su utilización se hace evidente pues mediante el empleo del ORM *Doctrine*, Symfony2 crea entidades para manipular la información de la base de datos. Estas entidades contienen la información necesaria de la tabla que representan, al mismo tiempo que cuentan con las funcionalidades necesarias para el trabajo con los datos.
- **Creador**: Su empleo se evidencia mediante el uso del contenedor de servicios de Symfony2, el cual es un objeto PHP que gestiona la creación de instancias de objetos. Para la utilización del mismo, solo es necesario añadir una configuración al archivo `config.yml` del framework, especificándole el nombre del servicio, así como el *namespace* de las clases PHP que se utilizarán en la aplicación. El contenedor que incluye Symfony2 se encarga de procesar esa configuración y preparar todas las dependencias entre las clases.
- **Controlador**: Su empleo se evidencia mediante la utilización de un controlador frontal (`app.php`), es decir, un solo archivo PHP que se encarga de tratar todas las peticiones que llegan a la aplicación. Mediante su uso cada petición se maneja de igual manera, pues el enrutado de diferentes URLs a

²⁶General Responsibility Assignment Software Patterns (Patrones generales de software para asignar responsabilidades.

diferentes partes de la aplicación se realiza internamente, en lugar de URLs individuales ejecutando diferentes archivos PHP.

- **Alta Cohesión:** Su utilización se hace evidente ya que las clases de la aplicación tienen una función bien definida dentro del sistema, por lo que cada una de ellas es responsable de las tareas relacionadas con esta.
- **Bajo Acoplamiento:** Su empleo se manifiesta mediante la inyección de dependencias que provee Symfony2. Esta consiste en pasar a las clases todos los objetos que necesitan ya creados y configurados, logrando de esta manera reducir las dependencias entre las clases de la aplicación.

Patrones GoF²⁷:

Los patrones GoF se descubren a raíz del libro *Design Patterns*, obra pionera en la que se presentan 23 patrones de gran utilidad durante el desarrollo de software orientado a objetos. Son conocidos por este nombre ya que el libro fue escrito por cuatro autores; según el propósito con el que son utilizados se clasifican en tres categorías: creacionales, estructurales y de comportamiento. Algunos de estos patrones son implementados por Symfony2, a continuación se presentan los que se evidencian en el desarrollo de la propuesta de solución:

- **Envoltorio (*Decorator*):** Es un patrón estructural que sirve para diseñar las interconexiones entre los objetos, a la vez que estudia cómo estos se relacionan en tiempos de ejecución. Su utilización se evidencia en el desarrollo de la propuesta de solución debido a la existencia de los archivos `base.html.twig` y `frontend.html.twig`; estos almacenan el código HTML común a todas las páginas de la aplicación, evitando así tener que repetirlo en cada una de ellas.

Diagrama de clases del diseño (DCD)

Un diagrama de clases del diseño describe gráficamente las especificaciones de las clases del software y de las interfaces en una aplicación. Normalmente contiene la siguiente información: (Laman, 1999)

- Clases, asociaciones y atributos.
- Interfaces, con sus operaciones y constantes.

²⁷*Gang of Four* (Pandilla de los Cuatro).

- Métodos.
- Información sobre los tipos de atributos.
- Navegabilidad.
- Dependencias.

A continuación se muestra el DCD correspondiente al caso de uso Generar BNRMS. Los DCD correspondientes a los restantes casos de uso pueden ser consultados en el Anexo 4.

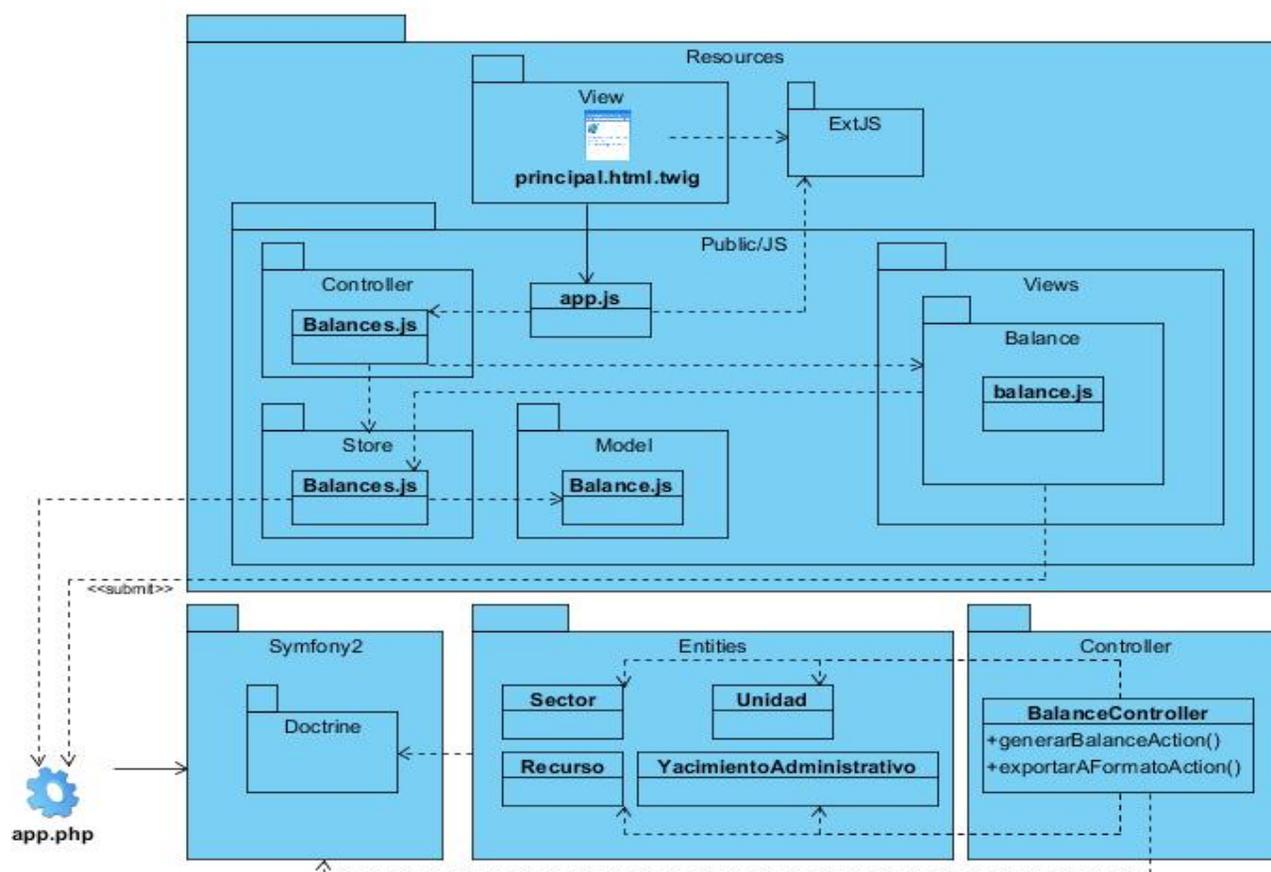


Figura 5: DCD del caso de uso del sistema Generar BNRMS

- Resources: Contiene las clases encargadas de manejar la visualización de la información. El paquete ExtJS que contiene los archivos que se utilizan de la biblioteca de clases ExtJS 4.1.1 y el paquete

Public/JS en el que se encuentran los ficheros .js estructurados siguiendo la arquitectura Modelo-Vista-Controlador propuesta por ExtJS 4.

- Symfony2: Contiene los elementos del núcleo del framework.
- Controller: Contiene el controlador BalanceController.js, el cual posee las acciones encargadas de dar respuesta a la petición de Generar Balance realizada por el usuario.
- Entities: Contiene las clases (entidades) utilizadas para manipular información de la base de datos.

Descripción general de su funcionamiento

Cuando un usuario hace una petición al sistema, esta es recibida por el controlador frontal (app.php), el cual es el único punto de entrada a la aplicación. El procesado de la petición continúa preguntando al sistema de enrutamiento cuál es el controlador que se debe ejecutar para dar respuesta a la solicitud efectuada. Una vez localizado el controlador y la acción que corresponden a la URL solicitada, se ejecuta su código. Si es necesario, el controlador hace uso del modelo para buscar información en la base de datos. A continuación los componentes internos de Symfony identifican la plantilla en la que se insertarán los datos devueltos por el modelo, la cual es posteriormente decorada mediante las plantillas base.html.twig y frontend.html.twig; la primera de ellas contiene los elementos comunes a todas las páginas de la aplicación, mientras que la segunda define la estructura de los contenidos para cada una de sus secciones. La ejecución finaliza devolviendo al usuario la página con la respuesta a la petición efectuada.

4.1.2 Modelo de Datos

Un modelo de datos permite describir la estructura de una base de datos. Este se define como una colección de herramientas conceptuales para describir los datos, las relaciones que existen entre ellos, la semántica asociada a los datos y las restricciones de consistencia (Silberschatz, y otros, 2002). El desarrollo de un modelo de datos permite la obtención de estructuras no redundantes, sin inconsistencias, seguras e íntegras.

Como parte de este modelo a continuación se presenta el diseño de la base de datos del sistema propuesto; a partir del diagrama de clases persistentes y el diagrama entidad-relación generado a partir de este.

Diagrama de clases persistentes

Cuando un proceso acaba, libera la memoria que utilizaba y todo lo que había, en principio, se pierde. Si un objeto debe tener una vida más larga que el proceso que lo crea o, dicho de otra manera, el objeto se crea en un proceso y se utiliza en procesos posteriores, hay que grabarlo en un sistema de almacenamiento permanente; convirtiéndolo así en un objeto persistente. Una clase persistente es aquella que contiene objetos persistentes (Campderrich Falgueras, 2003).

Un diagrama de clases persistentes representa las clases capaces de mantener su valor en el espacio y en el tiempo (Eumed, 2013), este permite modelar la estructura lógica de una base de datos. A continuación se muestra el diagrama de clases persistentes correspondiente al módulo Inventario de Minerales Sólidos, el cual utiliza información perteneciente al modelo lógico de otros módulos del sistema. Las entidades en color gris, verde y amarillo forman parte del modelo lógico de los módulos Nomencladores, Registro Minero y Búsqueda Referativa respectivamente.

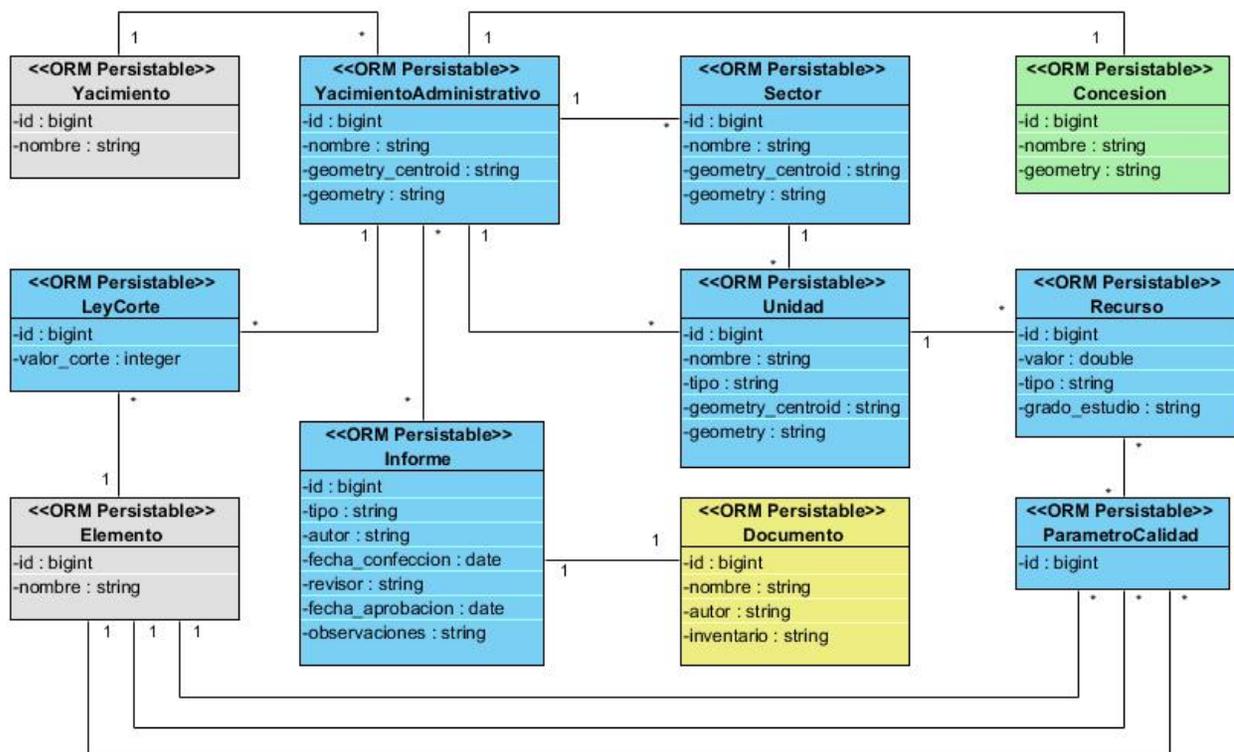


Figura 6: Diagrama de clases persistentes

Diagrama Entidad-Relación (DER)

Un objeto de datos es una representación de cualquier composición de información compuesta que deba comprender el software. Entiéndase composición de información como todo aquello que tiene un número de propiedades o atributos diferentes (Pressman, 2002).

Un diagrama entidad-relación tiene como objetivo representar mediante una notación gráfica los objetos de datos y sus relaciones. Este define todos los datos que se introducen, se almacenan, se transforman y se producen dentro de una aplicación (Pressman, 2002). A continuación se muestra la estructura física de la base de datos del sistema propuesto, a partir del diagrama entidad-relación correspondiente.

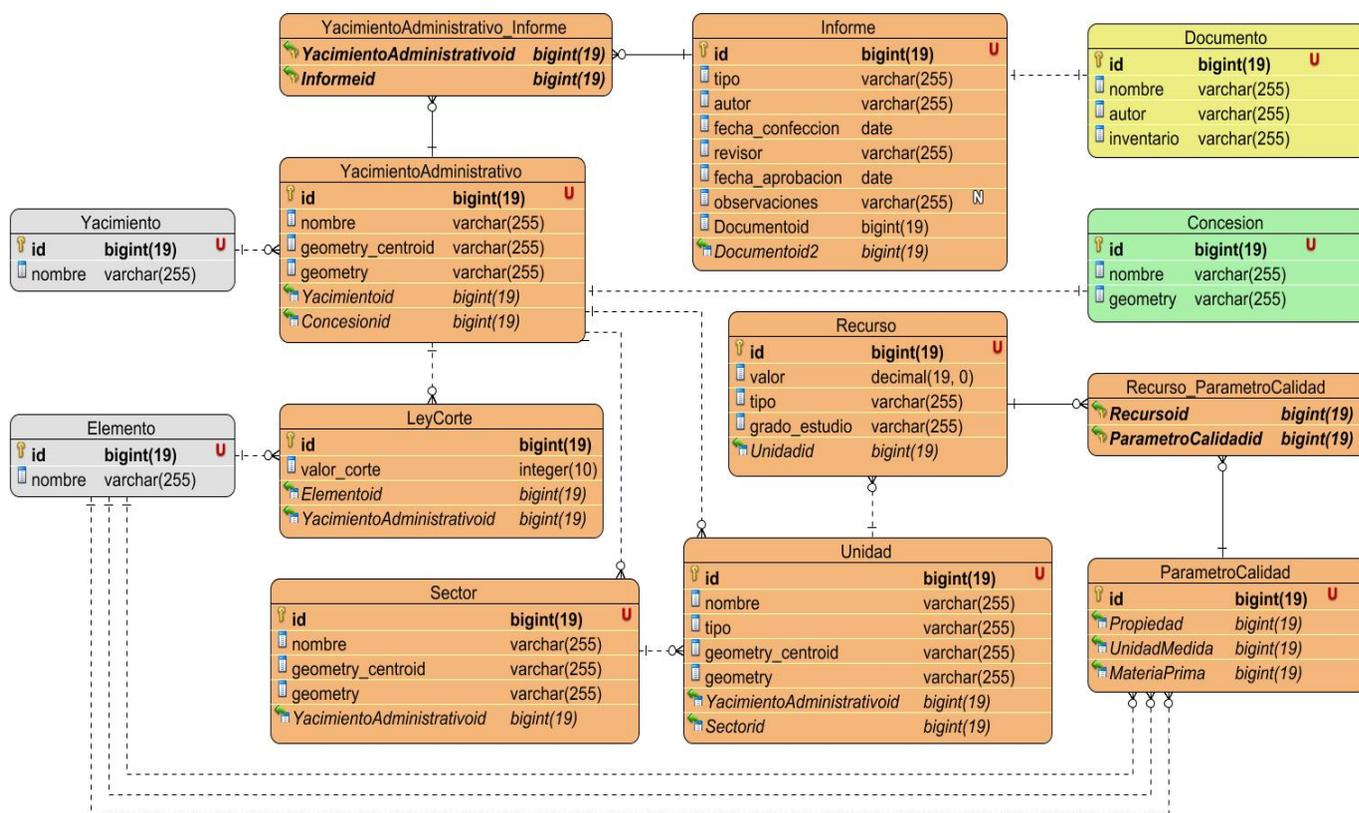


Figura 7: Diagrama Entidad-Relación

4.1.3 Modelo de Despliegue

El Modelo de Despliegue se define como “(...) un modelo de objetos que describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos del cómputo” (JACOBSON, y otros, 2000). El modelo de despliegue se utiliza como entrada fundamental en las actividades de diseño e implementación debido a la gran influencia que tiene para el diseño de un sistema la distribución física del mismo. A continuación se muestra el modelo de despliegue del sistema propuesto.

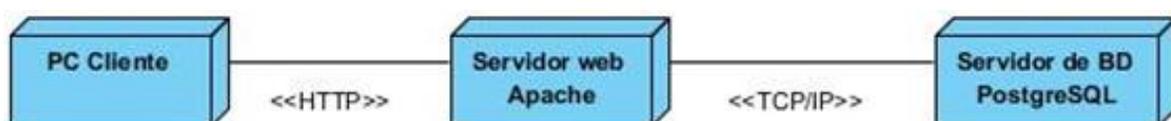


Figura 8: Diagrama de despliegue

4.2 Implementación

En la implementación se toman los resultados del diseño y se implementa el sistema en términos de componentes, es decir, ficheros de código fuente, *scripts*, ficheros de código binario, ejecutables y similares. Esta fase tiene como propósitos fundamentales planificar las iteraciones del sistema necesarias en cada iteración, distribuir el sistema asignando componentes ejecutables a nodos en el diagrama de despliegue, implementar las clases y subsistemas encontrados durante el diseño, así como integrar los componentes en uno o varios ejecutables (JACOBSON, y otros, 2000). La implementación del sistema se denota mediante el modelo de implementación.

4.2.1 Modelo de Implementación

El modelo de implementación describe cómo los elementos del modelo de diseño se implementan en términos de componentes. A su vez describe las dependencias y la forma de organización de dichos componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados (JACOBSON, y otros, 2000).

Diagrama de componentes

Un componente es “una parte modular, desplegable y reemplazable de un sistema que encapsula implementación y expone un conjunto de interfaces” (Pressman, 2005). Un diagrama de componentes muestra la organización, relaciones y dependencias entre los componentes de un sistema. A continuación se presenta el diagrama de componentes correspondiente al caso de uso del sistema Generar BNRRMS. Los diagramas de componentes correspondientes a los restantes casos de uso pueden ser consultados en el Anexo 5.

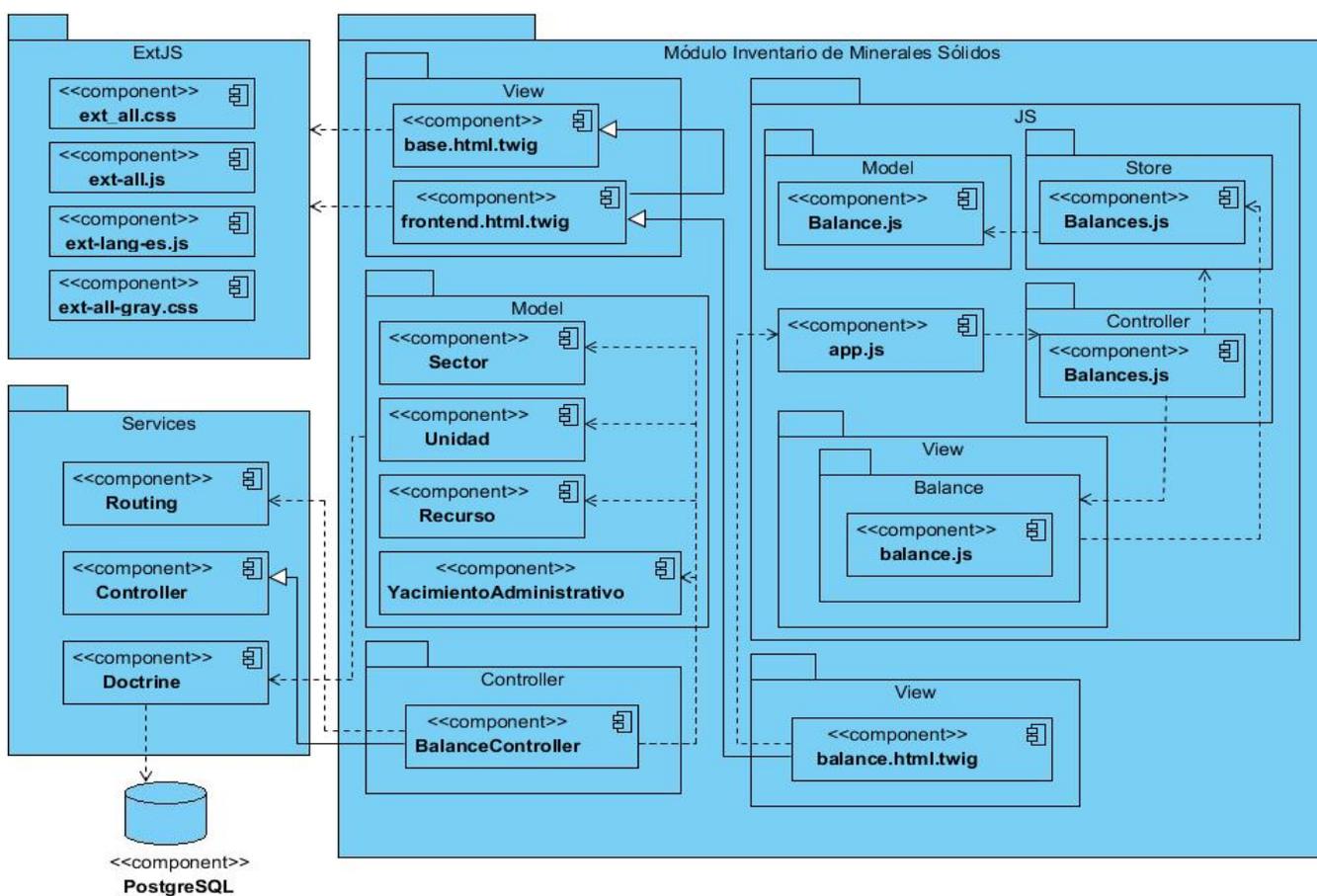


Figura 9: Diagrama de componentes del caso de uso Generar BNRRMS

4.3 Prueba

Las pruebas son un elemento crítico para la garantía de la calidad del software y representan una revisión final de las especificaciones, del diseño y de la codificación (Pressman, 2002). El flujo de trabajo de Prueba tiene como objetivos planificar las pruebas necesarias en cada iteración, diseñar e implementar las pruebas creando los casos de prueba que especifiquen qué probar, así como realizar las diferentes pruebas y manejar sus resultados sistemáticamente (JACOBSON, y otros, 2000). Para la realización de pruebas al módulo Inventario de Minerales Sólidos, y de este modo encontrar y corregir la mayor cantidad de errores, se escogió el método de prueba de Caja Negra.

4.3.1 Prueba de caja negra

Las pruebas de caja negra se centran en los requisitos funcionales del software. Estas se emplean cuando se conoce la función específica para la que se diseñó el producto; se aplican a la interfaz del software intentando demostrar que cada función es plenamente operacional, mientras se buscan los errores de cada función (Pressman, 2005). Dentro de las técnicas que emplea este método, en la presente investigación se utiliza la de Partición Equivalente, la que divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos a partir de las cuales pueden derivarse casos de prueba (Pressman, 2005). Un caso de prueba especifica una forma de probar el sistema, incluyendo la entrada o resultado con la que se ha de probar y las condiciones bajo las que ha de probarse (JACOBSON, y otros, 2000).

A continuación se muestra el diseño de casos de prueba (DCP) correspondiente al CU Generar BNRRMS. Los DCP pertenecientes a los restantes CU pueden ser consultados en el Anexo 6.

Diseño de casos de prueba del CU Generar BNRRMS

1. Descripción general

El caso de uso se inicia cuando el especialista del GB desea generar el BNRRMS teniendo en cuenta las siguientes clasificaciones de minerales: metálicos, no metálicos y fangos medicinales. Por cada una de las clasificaciones, el balance puede agruparse por las siguientes categorías: materia prima, empresa, provincia y la combinación de estas. El sistema genera el BNRRMS y termina el caso de uso.

2. Condiciones de ejecución

El usuario debe estar autenticado y poseer los permisos de administración.

3. Secciones a probar en el CU Generar BNRRMS

Tabla 7: Secciones a probar en el CU Generar BNRRMS

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC 1: "Generar Balance"	EC 1.1: El usuario selecciona correctamente los datos en los campos.	El usuario especifica los criterios para la elaboración del balance. El sistema genera el BNRRMS teniendo en cuenta la clasificación de mineral, así como las categorías seleccionadas por el usuario.	<ul style="list-style-type: none"> • Clic en "Inventario de Minerales Sólidos". • Clic en "Generar BNRRMS". • Llenar datos en los campos. • Clic en el botón "Aceptar".
	EC 1.2: El usuario deja campos vacíos.	El sistema muestra un balance general de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla.	<ul style="list-style-type: none"> • Clic en "Inventario de Minerales Sólidos". • Clic en "Generar BNRRMS". • Clic en el botón "Aceptar".
	EC 1.3: Generar documento Word.	El sistema genera un documento Word a partir de los datos del BNRRMS.	<ul style="list-style-type: none"> • Clic en "Inventario de Minerales Sólidos". • Clic en "Generar BNRRMS". • Word.
	EC 1.4: Generar documento PDF.	El sistema genera un documento PDF a partir de los datos del BNRRMS.	<ul style="list-style-type: none"> • Clic en "Inventario de Minerales Sólidos". • Clic en "Generar BNRRMS". • PDF.

4. Descripción de la variable

Tabla 8: Descripción de las variables del CU Generar BNRMS

No.	Nombre del Campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1	Clasificación	Lista desplegable	No	Se debe seleccionar la clasificación de los recursos minerales que se tendrán en cuenta para generar el balance.
2	Materia prima	Lista desplegable	Si	Permite agrupar por esta materia prima los recursos minerales que se tendrán en cuenta para la elaboración del balance.
3	Empresa	Lista desplegable	Si	Permite agrupar por esta empresa los recursos minerales que se tendrán en cuenta para la elaboración del balance.
4	Provincia	Lista desplegable	Si	Permite agrupar por esta provincia los recursos minerales que se tendrán en cuenta para la elaboración del balance.

5. Matriz de datos

Tabla 9: Matriz de datos del CU Generar BNRMS

Id. del escenario	Escenario	Clasificación	Materia prima	Empresa	Provincia	Respuesta del sistema	Resultado de la prueba
EC 1.1	El usuario selecciona correctamente los datos en los campos.	V / (Metálicos)	V / (Vacío)	V / (Empresa Geominera Oriente)	V / (Granma)	El sistema genera el BNRMS, agrupando los recursos de minerales sólidos teniendo en cuenta las especificaciones realizadas por el	
		V / (No metálicos)	V / (Arena)	V / (Vacío)	V / (Pinar del Río)		

		V/ (Fangos medicin ales)	V/ (Vacío)	V/ (Empre sa Cromo Moa)	V/ (Vacío)	usuario.	
EC 1.2	El usuario deja campos vacíos.	V/ (Vacío)	V/ (Vacío)	V/ (Vacío)	V/ (Holgúin)	El sistema muestra un balance general de los recursos y reservas de minerales sólidos de la isla.	
		V/ (Vacío)	V/ (Vacío)	V/ (Empresa Cromo Moa)	V/ (Vacío)		
		V/ (Vacío)	V/ (Arena)	V/ (Vacío)	V/ (Vacío)		
EC 1.3	Generar documento Word.	NA	NA	NA	NA	El sistema genera un documento Word a partir del BNRRMS.	
EC 1.4	Generar documento PDF.	NA	NA	NA	NA	El sistema genera un documento PDF a partir del BNRRMS.	

4.3.2 Resultado de las pruebas

Con el objetivo de identificar si la aplicación satisface de manera parcial o satisfactoriamente las funcionalidades implementadas, se realizó una primera iteración de pruebas en la que fueron aplicados los diseños de casos de prueba realizados. En esta primera iteración se identificaron una serie de no conformidades, a las cuales se les dio solución. Luego se procedió a una segunda iteración de pruebas, en la que se obtuvieron resultados satisfactorios por lo que no fue necesaria la realización de una nueva iteración. La gráfica que se presenta a continuación muestra los resultados obtenidos en ambas iteraciones, en la cual es posible apreciar el número de no conformidades identificadas por cada caso de uso del sistema.

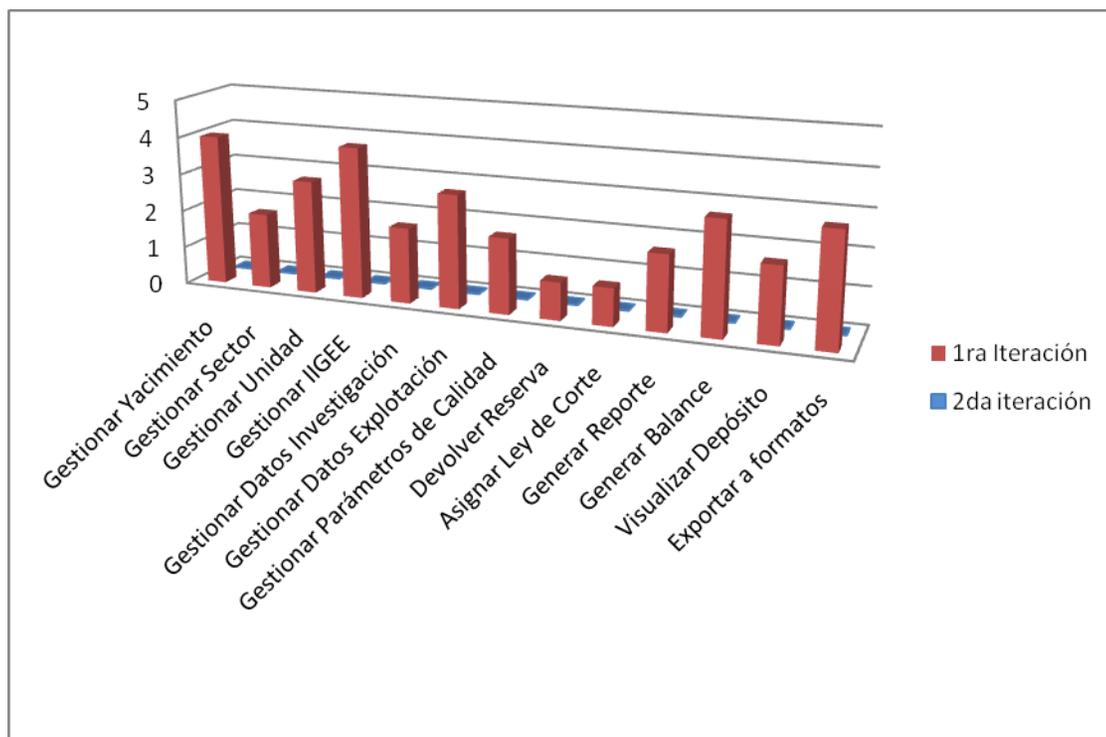


Figura 10: Resultados de las iteraciones de las pruebas

4.4 Conclusiones Parciales

Durante el desarrollo del presente capítulo se obtuvieron los artefactos correspondientes a los flujos de trabajo Diseño, Implementación y Prueba, los cuales sirven como material de consulta del sistema desarrollado. La propuesta de solución fue implementada haciendo uso de patrones de diseño lo que contribuye a una mayor organización, así como la obtención de un sistema más adaptable a los cambios. Mediante la aplicación de pruebas al sistema se comprobó que este satisface las funcionalidades requeridas.

CONCLUSIONES

Una vez culminado el proceso de desarrollo de la presente investigación, se arribó a una serie de conclusiones las cuales son expuestas a continuación:

- El estudio de los sistemas encargados del manejo de datos geológicos existentes en el ámbito nacional e internacional, arrojó como resultados que ninguno de ellos es viable para satisfacer las necesidades de gestión de la información en el grupo de balance de la ONRM.
- La propuesta de solución fue desarrollada haciendo uso de herramientas y tecnologías libres, lo cual tributa a preservar las políticas de soberanía tecnológica llevadas a cabo actualmente en el país, garantizando así evitar los gastos en cuanto al pago de licencias de software.
- La documentación generada durante el proceso de desarrollo de la aplicación, constituye un soporte para orientar a nuevos desarrolladores en el caso de efectuarse futuras versiones del módulo.
- La realización de pruebas al sistema contribuyó a elevar la calidad del mismo, ya que permitió identificar una serie de errores que fueron corregidos y de esta forma se logró una mayor satisfacción con respecto a las necesidades de los usuarios finales.
- La propuesta de solución permitirá centralizar los datos referentes a los recursos y reservas de minerales sólidos de la República de Cuba, aportando mayor organización en la información con que se trabaja en la ONRM.
- El sistema desarrollado contribuirá a agilizar los procesos de gestión de la información referente a los recursos y reservas de minerales sólidos en el grupo de balance de la ONRM. Asimismo, contribuirá a reducir el esfuerzo de los especialistas que laboran en este departamento.

RECOMENDACIONES

Una vez concluido el proceso de desarrollo, la autora del presente trabajo recomienda:

- Incorporar la funcionalidad Generar Notificación al sistema, la cual debe notificar al usuario cuando haya ocurrido un cierre de mina o devolución de área minera reservada.
- Incorporar al sistema la funcionalidad Importar Archivo de Datos, la cual debe permitir al usuario importar un IIGEE en formato XML y adicionar los datos que este contenga a la base de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍAS

Aguilera M, Carmen P. 2011. *Sistema de información para el registro y control de los procesos de gestión de higiene ocupacional.* Venezuela : s.n., 2011. Tesis de Pregrado.

Albacete. 1995. 10, 1995, Revista de la Facultad de Educación de Albacete, págs. 195-208. ISSN 0214-4824.

Bahit, Eugenia. 2011. *Programación Orientada a Objetos y Modelo-Vista-Controlador en PHP.* s.l. : Autoedición, 2011.

Barreiro, Aurora y Roche, Liliana. 2000. *Diccionario de Términos Ambientales.* La Habana : Publicaciones Acuario, 2000. ISBN: 959-7071-16-9.

Barrios, Judith. 2011. Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] 2011. [Citado el: 14 de febrero de 2013.] http://eva.uci.cu/file.php/161/Documentos/Materiales_basicos/Materiales_basicos_de_la_Unidad_2/Otros_materiales/2_Obtencion_de_Requisitos/ModeladoNegocios._Requisitos_de_Software.pdf.

Betancourt, Robert. 2010. Buenas Tareas. [En línea] marzo de 2010. [Citado el: 5 de noviembre de 2012.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Que-Es-Un-Ide-De-Programacion/163537.html>.

Campderrich Falgueras, Benet. 2003. *Ingeniería de Software.* Barcelona : Editorial UOC, 2003. ISBN: 84-8318-997-6.

Cariqueo, Nelson, y otros. 2011. Tecnologías de la Información en la Minería. [En línea] 2011. [Citado el: 14 de noviembre de 2012.] <http://ticenlamineria.wordpress.com/2011/05/22/incorporacion-de-tic-en-la-mineria/>.

Cerezal Mezquita, Dr. Julio y Fiallo Rodríguez, Dr. Jorge. 2005. *Cómo investigar en pedagogía.* La Habana, Cuba : s.n., 2005.

Charland, Andre. 2005. Developer. [En línea] diciembre de 2005. [Citado el: 5 de noviembre de 2012.] <http://www.developer.com/design/article.php/3567706/Top-Ten-Reasons-AJAX-is-Here-to-Stay.htm>.

Cibernetia. 2011. Cibernetia. [En línea] 2011. [Citado el: 6 de noviembre de 2012.] http://www.cibernetia.com/manuales/instalacion_servidor_web/1_conceptos_basicos.php.

Clemente Carrilero, Tomás. 2011. 32, s.l. : Cefalea, 2011. ISSN: 1578-326x.

Correa Lozano, Pablo Ramiro. 2010. *Análisis comparativo de los frameworks Adobe Flex, Java Rich Faces y ExtJS para el desarrollo de Aplicaciones Enriquecidas en Internet (RIA).* Quito : s.n., 2010.

D. Paz, Cesar. 2011. FullQuímica. Todo sobre química orgánica e inorgánica. [En línea] 2011. [Citado el: 15 de octubre de 2012.] <http://www.fullquimica.com/2011/10/los-minerales.html>.

Referencias Bibliográficas y Bibliografías

Denzer, Patricio. 2002. *PostgreSQL*. 2002.

Domínguez Rodríguez, Karel Manuel y Téllez Sánchez, Lino. 2011. núm. 3, Holguín, Cuba : s.n., 2011, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Vol. vol. XVII.

Eguíluz Pérez, Javier. 2011. *Desarrollo web ágil con Symfony2*. 2011.

—. **2008.** *Introducción a AJAX*. 2008.

—. **2009.** *Introducción a CSS*. 2009.

—. **2008.** *Introducción a JavaScript*. 2008.

Eumed. 2013. [En línea] 2013. [Citado el: 28 de marzo de 2013.] <http://www.eumed.net/>.

Ferrer, Jorge, García, Víctor y García, Rodrigo. 1998. *Curso Completo de HTML*. 1998. Curso.

Flanagan, David. 2006. *JavaScript - The Definitive Guide*. 5th Edition. 2006.

Gallino, Lic. Luis Alejandro, y otros. 2002. *Aspectos referidos al dimensionamiento técnico-económico de proyectos mineros de inversión*. Buenos Aires : s.n., 2002.

García Vera, Yadira. 2008. *Resolución N° 385/08 - Normas para la clasificación de los recursos y reservas de minerales sólidos*. 2008.

Garlan, David y Shaw, Mary. 1994. *An Introduction to Software Architecture*. 1994.

Génova Fuster, Gonzalo, Fuentes Torres, José Miguel y Valiente Blázquez, María Cruz. 2006. *Evaluación comparativa de herramientas CASE para UML desde el punto de vista notacional*. 2006.

Gibert Ginestà, Marc y Pérez Mora, Oscar. 2009. *Bases de datos en PostgreSQL*. 2009.

Gil, Fidel, Albrigo, Javier y Do Rosario, Javier. 2005. *SISTEMAS DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS SGBD / DBMS*. Valencia : s.n., 2005.

González López, Pascual, González López, Ana Amelia y Gallud Lázaro, Jorge Antonio. 2011. *Herramientas CASE. ¿Cómo incorporarlas con éxito en nuestra organización?* 2011.

Hernández Orallo, Enrique. 2002. *El Lenguaje Unificado de Modelado*. 2002.

Hurtado de Barrera, Jacqueline. 2010. *Metodología de la Investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia*. Caracas : Ediciones Quirón, 2010. ISBN: 978-980-6306-66-0.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1999. *Herramientas CASE*. 1999.

Referencias Bibliográficas y Bibliografías

- JACOBSON, Ivar, BOOCH, Grady y RUMBAUGH, James. 2000.** *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. [ed.] Andrés Otero. Madrid : Addison Wesley, 2000. ISBN: 84-7829-036-2.
- Kabir, Mohammed J. 2003.** *La biblia del servidor Apache*. [ed.] Grupo Anaya Comercial. 2003.
- Laman, Craig. 1999.** *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. [trad.] Luz Maria Henández Rodriguez. México : PRENTICE HALL, 1999. ISBN: 970-17-0261-1.
- Márquez Avendaño, Berta Mariel y Zulaica Rugarcía, José Manuel. 2004.** *Implementación de un reconocedor de voz gratuito a al sistema de ayuda de invidentes Dos-Vox en español*. 2004. Tesis.
- Martínez, Alejandro y Martínez, Raúl. 2011.** *Guía a Rational Unified Process*. 2011.
- Mendoza Vázquez, Ing. Ivan Andrés. 2011.** *Definición de un Framework para aplicaciones Web con navegación sensible a concerns*. Argentina : s.n., 2011. Tesis de maestría.
- Mifsud Talón, Elvira. 2010.** *Buenas Prácticas TIC*. s.l. : Generalitat Valenciana, 2010.
- Ministerio de Minas y Energía. 2003.** *Glosario Técnico Minero*. Bogotá, Colombia : s.n., 2003.
- ONRM. 2008.** Oficina Nacional de Recursos Minerales. [En línea] 2008. [Citado el: 4 de octubre de 2012.] <http://www.onrm.minbas.cu/>.
- Parlamento Cubano. 2003.** Gaceta Oficial de la República de Cuba. [En línea] 2003. [Citado el: 4 de octubre de 2012.] http://www.parlamentocubano.cu/index.php?option=com_content&view=article&id=289:ley-no-76-ley-de-minas&catid=46:leyes&Itemid=79.
- PostgreSQL. 2010.** Portal en español sobre PostgreSQL. [En línea] 2 de octubre de 2010. [Citado el: 7 de noviembre de 2012.] http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql.
- Potencier, Fabien y Zaninotto, François. 2008.** *Symfony la guía definitiva*. 2008.
- Pressman, Roger S. 2005.** *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. 6ta Edición. s.l. : Editorial McGraw-Hill, 2005. ISBN: 9701054733.
- . **2002.** *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. 5ta Edición. s.l. : Editorial McGraw-Hill , 2002. ISBN: 8448132149.
- RAE. 2012.** Real Academia de la Lengua Española. [En línea] 2012. [Citado el: 15 de octubre de 2012.] <http://rae.es/rae.html>.
- Restrepo Rivas, Luis Guillermo. 1999.** *Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Empresa*. Colombia : s.n., 1999.

Referencias Bibliográficas y Bibliografías

- Reynoso, Carlos Billy. 2004.** *Introducción a la Arquitectura de Software*. Buenos Aires : s.n., 2004.
- Reynoso, Carlos Billy y Kicillof, Nicolás. 2004.** *Estilos y Patrones en la Estrategia de Arquitectura de Microsoft*. 2004.
- RUMBAUGH, James, JACOBSON, Ivar y BOOCH, Grady. 1999.** *The Unified Modeling Language Reference Manual*. s.l. : Addison Wesley, 1999. ISBN 0-201-30998-X.
- Sæther Bakken, Stig, y otros. 2002.** *Manual de PHP*. 2002. Manual.
- Sánchez Rosas, Juan Eladio. 2008.** Desarrollo en web. [En línea] 2008. [Citado el: 6 de noviembre de 2012.] <http://blogs.antartec.com/desarrolloweb/tag/extjs/>.
- Scribd. 2011.** Biblioteca Scribd. [En línea] 11 de agosto de 2011. [Citado el: 3 de noviembre de 2012.] <http://es.scribd.com/doc/72090996/Introduccion-a-los-lenguajes-de-programacion>.
- Sebastián, Juan. 2010.** Seguridad de la información, Software y Tecnología. [En línea] 2010. [Citado el: 18 de octubre de 2012.] <http://www.comusoft.com/modelo-vista-controlador-definicion-y-caracteristicas>.
- Silberschatz, Abraham, F. Korth, Henry y Sudarshan, S. 2002.** *Fundamentos de Bases de Datos*. [ed.] Concepción Fernández y Susana Santos. Madrid : McGraw-Hill Inc, 2002. ISBN: 0-07-228363-7.
- Somerville, Ian. 2005.** *Ingeniería de software*. Séptima edición. Madrid : Pearson Addison Wesley, 2005. ISBN: 84-7829-074-5.
- UBUNTU. 2006.** GUÍA DOCUMENTADA PARA UBUNTU. [En línea] 2006. [Citado el: 3 de noviembre de 2012.] <http://www.guia-ubuntu.org/>.
- Valdés Mesa, Mercedes M. 2002.** *Indicadores de sustentabilidad en la minería*. La Habana : s.n., 2002.
- Virrueta Méndez, Alejandra. 2010.** *Metodologías de desarrollo de software*. 2010.
- Visual Paradigm. 1999.** Página Oficial. [En línea] 1999. [Citado el: 3 de noviembre de 2012.] <http://www.visual-paradigm.com/>.
- Zayas, Dr. Cs. Carlos Alvarez de. 1995.** *Metodología de la Investigación Científica*. Santiago de Cuba : s.n., 1995.