

Sistema de integración de información generada en los
libros de campo y el sistema integrado electrónico con
BMS para el programa de fríjol dentro del Centro
Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
(Pasantía)

Andrea Mora Ospina
andrea.mora@correounivalle.edu.co

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Ingeniería de Sistemas
Tuluá, 2016

Sistema de integración de información generada en los
libros de campo y el sistema integrado electrónico con
BMS para el programa de frijol dentro del Centro
Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
(Pasantía)

Andrea Mora Ospina
Código 1153686
andrea.mora@correounivalle.edu.co

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero de Sistemas

Director
Jhoan Manuel Muñoz Serrano, Ing
jhoan.munoz@correounivalle.edu.co

Co-Director
Carolina Garcia Ayala, Ing
c.garcia-ciat@cgiar.org

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Ingeniería de Sistemas
Tuluá, 2016

Nota de aceptación

Firma del Jurado 1

Firma del Jurado 2

Tuluá, Octubre 2016

Dedicatoria

Este trabajo esta dedicado a mi padre Reynaldo Mora(QEPD) porque cuando estuvo en vida siempre me dio su apoyo incondicional y queria lo mejor para mi, y se que se siente muy orgulloso de este logro tan importante.

A mis sobrinos para que vean en mi un ejemplo a seguir.

Por último, a mi familia porque fueron el pilar de apoyo y compañía durante todo este periodo de estudio.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por brindarme la oportunidad de entrar a la universidad, y por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente cada día.

A mi madre y demás familiares que me brindaron su apoyo incondicional para la culminación de una de las etapas mas importantes en mi vida.

A la familia Llano Gallego por que hicieron que mi estadia en Tuluá fuera inolvidable y que me sintiera como un miembro mas de su familia y brindarme su apoyo en todo momento.

A la comunidad CIAT por permitir hacer realidad este proyecto y brindarme sus conocimientos.

A mi director, por ofrecerme sus conocimientos y colaborarme en todo el desarrollo de este trabajo de grado.

A la comunidad Universitaria del Valle sede Tuluá, por ofrecerme sus conocimientos y contribuir a mi formación profesional y personal.

Índice general

Resumen	III
Abstract	IV
1. Introducción	1
1.1. Descripción general	1
1.2. Planteamiento y Formulación del Problema	1
1.3. Justificación del Problema	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Alcance	3
1.6. Estructura del Documento	4
2. Marco Referencial	5
2.1. Glosario	5
2.2. Marco Conceptual	6
2.3. Marco Teórico	8
2.4. Antecedentes	9
3. Desarrollo del Proyecto	10
3.1. Fase de Investigación	10
3.2. Fase de Desarrollo del Proyecto	13
3.2.1. Ejecución del Proyecto	14
3.3. Descripción de la aplicación	21
4. Conclusiones y Trabajos Futuros	25
4.1. Conclusiones	25
4.2. Trabajos Futuros	26
Referencias Bibliográficas	27
Anexo A	29

Índice de figuras

2.1. Arquitectura de Hibernate.	7
2.2. Componentes de una base de datos.	8
2.3. Ciclo de BMS [17].	9
3.1. Mapping of elements of the Logical Data Model to the CHADO ND schema [19].	11
3.2. The Ontology Data Model [19].	12
3.3. Propuesta basada en el uso de las API's.	15
3.4. Propuesta	16
3.5. Diagrama de Navegación del Sistema BMSFrijol	16
3.6. Modelo Relacional del Sistema BMSFrijol	17
3.7. Diagrama de Arquitectura del Sistema BMSFrijol	18
3.8. Screenshot - Pruebas Unitarias con JUNIT	20
3.9. Screenshot - Login	21
3.10. Screenshot - Inicio	22
3.11. Screenshot - Trials Upload to Oracle and BMS	22
3.12. Screenshot - Field book couldn't upload	23
3.13. Screenshot - Add Oracle's Trials to BMS	23
3.14. Screenshot - Upload Measurement	24
3.15. Screenshot - Users Management	24

Resumen

El programa de frijol del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) tiene como objetivo desarrollar variedades de frijol mejoradas a nivel nutricional y productivo, para ello se realiza una serie de siembras y cruces entre variedades, con el fin de evaluar el rendimiento y la susceptibilidad a diferentes enfermedades en distintas zonas. Actualmente la información que este proceso genera no está siendo almacenada porque no se cuenta con un sistema que apoye esta tarea.

A partir de esto nace la oportunidad de realizar este trabajo de grado, con el propósito de desarrollar una herramienta que ayude a la sistematización del proceso de carga de los libros de campo y los datos arrojados por un sistema integrado. La herramienta de software es el resultado de 3 procesos fundamentales para su construcción: el primero está enfocado a la investigación con el fin de dar la mejor solución al problema planteado, el segundo al desarrollo de la herramienta de software aplicando los conocimientos obtenidos durante la carrera y el último la validación de la herramienta.

El primer enfoque fue comprender la forma en que se estructuraban los libros de campo, y buscar la manera de que estos se pudieran almacenar de forma centralizada.

En el segundo objetivo se definieron los requerimientos, se diseñó el sistema y posteriormente se procedió a hacer la implementación bajo la metodología desarrollada por el CIAT.

Por último en el tercer enfoque se realizaron diferentes tipos de pruebas para comprobar que la herramienta funciona correctamente y cumple los requerimientos planteados por el usuario.

Como resultado se logró construir una herramienta WEB que puede leer, procesar y organizar información de manera más rápida y sistematizada. Además una herramienta que debido a su diseño, permite que a futuro se puedan adicionar nuevas funcionalidades.

Abstract

The bean program in CIAT (International Center for Tropical Agriculture) has as objective to develop new improved bean varieties with higher nutritional and yield levels, greater tolerance to diseases and to factors such as drought and high temperatures; for which the scientists make an improvement process where crosses between different varieties are made and evaluation of these is done in different locations with different climatic, soil and environment conditions.

Currently the information generated by this process is not being stored in a database because it does not have a system to support this task.

From this comes the opportunity to do this work degree and so to develop a tool that help in the process of systematizing of loading the field books and the data produced by an integrated system.

The software tool is the result of three fundamental processes for its construction: the first is focused on research in order to give the best solution to the problem, the second process is focused to the development of the software tool, applying the knowledge gained during the career and the last process in the validation of the tool.

The first approach was to understand how the field-books were structured, and look for ways of how could be stored them centrally. In the second objective the requirements were defined, the system was designed and the implementation the tool was done under the methodology developed by CIAT.

Finally in the third approach different types of tests were performed to verify that the tool works correctly and meets the requirements done by the users.

As a result it was possible to build a web tool that can read, process and organize information faster and systematic way. Also this tool due to its design allows add new features in the future.

Capítulo 1

Introducción

1.1. Descripción general

El CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) es un centro de investigación agrícola que forma parte del consorcio CGIAR, cuya misión es reducir el hambre, la pobreza y mejorar la nutrición humana, con ayuda entre otras, del mejoramiento y adaptación de materiales siempre respetando y direccionado con una agricultura eco-eficiente.

El CIAT tiene una responsabilidad mundial del mejoramiento de cultivos alimenticios de primera necesidad: la yuca, arroz y el frijol, al igual que los forrajes tropicales para la ganadería [1].

El Grupo de Datos, Información y Conocimiento del CIAT, tiene entre sus funciones facilitar los procesos internos del área de investigación, la preservación de la información, la divulgación de esta con la comunidad, entre otras. Teniendo en cuenta lo anterior, este grupo acompaña a las diferentes áreas de investigación en la búsqueda de alternativas a desafíos en sus procesos internos, las cuales pueden implicar el uso de diferentes tecnologías. Uno de los proyectos para los próximos años es la implementación y utilización de una herramienta de mejoramiento genético BMS (Breeding Management System), desarrollada por el consorcio y que busca la estandarización, organización y centralización de los resultados de investigación facilitando las tareas diarias de los mejoradores.

En este orden de ideas, en la rama de investigación que trabaja en el frijol, necesitan utilizar esta herramienta (BMS) para llevar a cabo su proceso de manera más eficiente, además mantener actualizada su información y facilitar la consulta de datos del área en general.

Para ello han definido que deben identificar y desarrollar mecanismos que faciliten la entrada de la información histórica generada por el Centro, a la Base de Datos de BMS (eso incluye aproximadamente 2000 ensayos experimentales realizados desde los años 80) y por otra parte generar un aplicativo que permita entrada de datos directamente del sistema integrado electrónico (pesas, determinación de humedad, entre otros) a la Base de Datos de BMS.

1.2. Planteamiento y Formulación del Problema

El programa de frijol del CIAT, tiene un área de mejoramiento genético, cuyo principal propósito es producir variedades mejoradas de frijol que sean resistentes a múltiples enfermedades, tolerantes a condiciones climáticas extremas (sequía, altas temperaturas) y tengan altos

rendimientos.

Las líneas mejoradas se evalúan en distintas localidades tanto nacionales como internacionales, donde cada lugar tiene diferentes condiciones ambientales y agronómicas. Además, se verifica que las líneas cumplan con estándares de calidad y con los propósitos de la investigación, para que las variedades obtenidas sean liberadas en los países donantes. Estas investigaciones están enfocadas principalmente para Centro-América y África.

Toda la información que se genera del proceso de mejoramiento, desde el cruzamiento, los avances de líneas hasta la codificación de las mismas, está almacenada en hojas de cálculo y se le conoce como libros de campo. Se tienen varios tipos de libro: cruzamiento, avance de generaciones, ensayos de rendimiento y evaluación de enfermedades, en donde el volumen de información generado es alto, debido a que se manejan distintas localidades y varias siembras en el año.

Hasta el año 2012 estos libros tenían múltiples formatos, cada investigador utilizaba su propia nomenclatura, creaba sus propias abreviaturas para los nombres de las variables que se evalúan, manejaba sus propias escalas, sus propios métodos y en muchos casos no había metadato alguno por lo cual entender esos libros es muy complejo. Debido a esto se vio la necesidad de crear una ontología para estandarizar todos los aspectos mencionados anteriormente con el fin de crear una estructura de base de datos unificada que almacene toda la información tanto del CIAT como de sus socios en África y América.

A partir del 2012, se adoptó esta ontología en CIAT y ha sido bien acogida entre sus socios del extranjero quienes ya la usan.

La información antes mencionada, debe ser actualizada y centralizada, con el fin de que los mejoradores puedan consultar los avances de las líneas a través del tiempo, y observar como se ha comportado en otras localidades y en diferentes condiciones climáticas.

Existe un sistema integrado electrónico (contador de semillas, determinador de humedad, balanza de pesaje, cámara fotográfica) que ayuda en el almacenamiento de diferentes datos-parámetros necesarios en el cálculo de rendimientos para los ensayos. Es necesario que esta información arrojada por el sistema se pueda transferir en tiempo real a BMS, con el fin de mantener los libros actualizados.

Teniendo en cuenta el contexto descrito anteriormente, es necesario crear una aplicación que permita depurar, organizar y migrar la información generada a las Bases de Datos de BMS, siguiendo la ontología.

¿A través de qué mecanismos se puede lograr integrar la información generada de los libros de campo, en equipos de medición y/o el sistema integrado electrónico con BMS?

1.3. Justificación del Problema

Conociendo las necesidades del programa de frijol, el Grupo de Datos, Información y Conocimiento, pretende apoyar el proceso investigativo del área de mejoramiento en las actividades investigativas y colaborativas que involucren otros centros alrededor del mundo, utilizando como medio la herramienta BMS.

Con el fin de proveer una solución computacional efectiva, se hace necesario el desarrollo de una herramienta computacional que ayude a gestionar toda la información generada como resultado de las actividades de investigación en el CIAT, incluyendo el almacenamiento de la información en el BMS hasta las consultas que hace el personal, no sólo de CIAT, sino de otros centros de investigación.

Con el desarrollo del sistema de gestión se pretende mejorar el proceso de almacenamiento de los datos obtenidos de las actividades de investigación, puesto que actualmente, el personal de mejoramiento almacena estos datos en hojas de cálculo en sus equipos de cómputo personales, generando información de manera dispersa, haciendo más difícil la consulta de información y generando reproceso en las actividades. Por ejemplo, el proceso de análisis y recolección de datos de un mismo tema podría realizarse de forma redundante sin que sus investigadores puedan darse cuenta.

Finalmente, la ejecución de este proyecto pretende afianzar los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera como son: las etapas del desarrollo de software, diseño y construcción de aplicaciones, así como a enfrentar nuevos retos y el aprendizaje de nuevas herramientas. Dado que, este proyecto se llevará a cabo con un grupo de desarrollo, esto permitirá tener una retroalimentación de los conocimientos ya obtenidos, y lograr nuevas experiencias a través de otras investigaciones realizadas por diferentes centros.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una aplicación que permita la integración de la información recolectada en los libros de campo a través del proceso de mejoramiento de frijol y el sistema integrado electrónico con BMS.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el modelo de bases de datos en el que se basa BMS.
- Generar un modelo de base de datos que permita almacenar la información de los libros de campo.
- Desarrollar un módulo que permita comunicar la base de datos con la aplicación BMS.
- Desarrollar un módulo que permita enlazar la información que genera el sistema integrado electrónico con BMS.

1.5. Alcance

Este proyecto se ha estructurado tomando como punto de partida la necesidad de los mejoradores de usar las herramientas que vienen integradas con BMS para todo su proceso, además permitirá tener centralizada y actualizada toda la información de los datos que se producen con el proceso de mejoramiento.

Analizar el modelo de la base de datos de BMS, permitirá conocer la forma cómo se organiza la información de los ensayos en dicha aplicación con el fin de conservar la misma estructura de

los libros de campo que han sido recolectados a través del tiempo.

Generar un modelo de base de datos proporciona la estructura necesaria para centralizar y almacenar la información generada a partir de los libros de campo.

El módulo de comunicación entre bases de datos, será desarrollado con el fin de agilizar el paso de los datos a BMS, para que posteriormente ésta pueda ser utilizada en los procesos diarios.

El módulo de enlazamiento va a permitir que los cálculos de los rendimientos sean actualizados directamente en la base de datos de BMS y en los libros de campos correspondientes.

Para la implementación de dichos módulos, se realizarán las fases de desarrollo: análisis, diseño, implementación y pruebas, todo esto siguiendo la metodología de desarrollo definida por el CIAT.

Dentro de la fase de pruebas se tiene contemplado realizar el desarrollo de pruebas unitarias las cuales por sus características permiten dar cumplimiento a los estándares adoptados por el CIAT dentro de su metodología de desarrollo, éstas son ejecutadas por el desarrollador quien debe ir probando que lo desarrollado cumpla con los requerimientos estipulados. Adicionalmente se consideró la realización de los siguientes tipos de pruebas, que ayudan a mejorar la calidad del producto de software desarrollado, éstas son ejecutadas por personas especializadas para esto, sin embargo estas pruebas no estarán incluidas en el alcance de este proyecto:

Pruebas del sistema: Estas se encuentran enfocadas tanto en los requisitos funcionales como los no funcionales tomando como punto de partida el producto integrado y probado en un ambiente muy similar al de producción, permitiendo así verificar como fluyen los procesos desarrollados desde su inicio hasta el final.

Pruebas de aceptación: Son pruebas funcionales sobre el sistema completo, estas se aplicaron desde el punto de vista del cliente, el cual brindo su colaboración para realizarlas ya que el principal objetivo de estas es comprobar que se satisfacen los requisitos establecidos.

Una vez concluida esta fase de pruebas se realizara la entrega de los módulos desarrollados los cuales permitirán automatizar la actualización de la información almacenada en las bases de datos, además será de gran ayuda en el proceso a la hora de realizar los cálculos de rendimientos y otras variables necesarias en los ensayos debido a que se encuentran automatizados permitiendo apoyar así la toma de decisiones a través de análisis estadísticos y consultas especializadas.

Por último, esta aplicación no solo se desarrolla pensando en la utilidad para el programa de fríjol en CIAT, sino también con el ánimo de capturar el interés de otros programas que están en el consorcio y así puedan obtener los mismos beneficios.

1.6. Estructura del Documento

Este documento está compuesto por cuatro capítulos, en el primer capítulo se define el planteamiento del problema, objetivos, justificación y alcance del proyecto. En el segundo capítulo, se define el marco teórico y los antecedentes. En el tercer capítulo, encontramos el desarrollo del proyecto, en este se especifican todas las etapas del desarrollo de software teniendo en cuenta la metodología definida. Finalmente, en el capítulo cuatro se encuentran las conclusiones y los trabajos futuros.

Capítulo 2

Marco Referencial

2.1. Glosario

- **Codificación:** Identificación única que se da a los materiales desarrollados por el mejorador.
- **Cruzamiento:** Es el proceso mediante el cual se hibridan los diferentes materiales de frijol con el fin de obtener características específicas deseadas.
- **Hibridación:** Proceso de generación de una molécula, célula u organismo combinado con material genético procedente de organismos diferentes.[2] En otras palabras es traspasar las características de un germoplasma o otro con el fin de mejorar de producir una nueva variedad
- **Ensayos:** Pruebas de campo o invernadero que permiten medir el progreso de los materiales mejorados.
- **Fenotipaje:** En el proceso de caracterización externa que se le hace a una planta de frijol (por ejemplo: el color de flor)
- **Genotipaje:** Es el conjunto de procesos encaminados a conseguir determinar la información genética de un organismo, de forma que pueda ser identificado y diferenciado.[3]
- **Germoplasma:** Es el elemento de los recursos genéticos que maneja la variabilidad genética entre y dentro de la especie, con fines de utilización para la investigación en general, especialmente para el mejoramiento genético.[4]
- **Libro de campo:** Es una tabla en la que se almacenan las diferentes características de las plantas que se van a evaluar en determinado periodo.
- **Mejorador:** Persona que hace cruzamientos entre plantas de frijol y evaluaciones de estas, con el fin de obtener plantas con un objetivo específico.
- **Metadata:** Es un conjunto de datos que explican el significado de las variables de los libros de campo.
- **Módulo:** En programación, un módulo es un software que agrupa un conjunto de subprogramas y estructuras de datos.[5]
- **Ontología:** Estandarización de la nomenclatura utilizada en la codificación de las variables propuestas para las evaluaciones de los materiales mejorados

- **Pedigrí:** Es un documento que analiza las relaciones genealógicas de una planta en el contexto de determinar cómo una cierta característica o fenotipo se hereda y manifiesta.[6]
Para el programa de fríjol se utiliza para determinar el árbol genealógico o las cruza que se hayan realizado a las semillas de fríjol.
- **Trait:** Se considera como atributo o rasgo medible que los investigadores utilizan para evaluar los ensayos.
- **Viveros:** Son grupos de materiales seleccionados por sus diferentes respuestas bióticas y abióticas con el fin de sembrarlos y evaluarlos en diferentes localidades y/o países.
- **GMOD:** Es un conjunto de herramientas de software de código abierto para visualizar, anotar, administrar y almacenar datos biológicos.[7]
- **CHADO:** Es un esquema de base de datos que tiene como objetivo respresentar todos los datos de la biología de una forma generica.[8]
- **CGIARAuthenticate:** Es una libreria desarrollada por el programa de tecnología e informática del CIAT, que sirve para que los trabajadores puedan acceder a las aplicaciones que se desarrollan, mediante su correo corporativo.
- **POI:** Es una librería desarrollada por Apache Software Foundation que proporciona una serie de clases para JAVA que permiten leer y escribir archivos en formatos de Microsoft Office, como Word, PowerPoint y Excel.[9]
- **Singleton:** Es un patrón de diseño, que garantiza que una clase sólo tenga una instancia, además proporciona un punto de acceso global a ésta. [10]

2.2. Marco Conceptual

Las teconologias utilizadas para el desarrollo de esta aplicacion WEB fueron las siguientes:

MyEclipse Java Enterprise: Es una plataforma de desarrollo integrado utilizado para desarrollar y ejecutar aplicaciones en lenguaje java, este brinda facilidades de uso además integra entre sus componentes el Apache Tomcat que se utiliza para el despliegue de aplicaciones y permite ver las funcionalidades que se van desarrollando en tiempo real.[11]

Hibernate: Es una herramienta para entornos Java que facilita mapear una representación de datos desde un modelo de objeto a un modelo de datos relacionales con un esquema basado en SQL.

Hibernate no sólomente se ocupa del mapeo desde las clases Java a las tablas de las bases de datos (y desde los tipos de datos de Java a los tipos de datos de SQL), sino que también facilita la consulta y recuperación de datos. Esto puede reducir de manera importante el tiempo de desarrollo que se tomaría con el manejo de datos de forma manual en SQL y JDBC.[12]

Cabe alclarar que si se quieren realizar consultas más específicas, se deben generar por medio del lenguaje HQL que es propio de este framework.

La figura 2.1 brinda una perspectiva a alto nivel de la arquitectura de Hibernate:

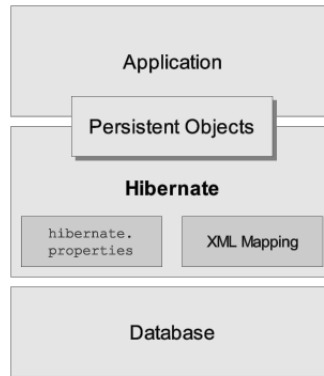


Figura 2.1: Arquitectura de Hibernate.
Tomado de [12].

JSF(JavaServer Faces): Es un framework para aplicaciones java que facilita el proceso de las peticiones HTTP, este incluye componentes que permiten la representación de interfaces de usuario y a su vez administrar estos componentes, validando su estado, entradas y manejando sus eventos.[13]

ICEFaces: Es un framework para desarrollo de software de código abierto que se extiende JavaServer Faces (JSF) mediante el empleo de Ajax. Se utiliza para construir aplicaciones WEB robustas en lenguaje java.[14]

Además, permite que la interacción entre la vista y el controlador sea mucho más fácil.

BOOTSTRAP: Es un framework de código abierto más utilizado para el diseño de sitios y aplicaciones WEB, que provee una serie de plantillas y estilos, los cuales se pueden utilizar en diferentes componentes HTML, permitiendo que estos se adapten fácilmente a cualquier tipo de pantalla, logrando uniformidad en las interfaces de usuario.[15]

BASE DE DATOS: Fondo común de información almacenada en un servidor o una computadora para que cualquier persona o programa autorizado pueda acceder a ella, independientemente de su procedencia y del uso que haga.[16]

En otras palabras una base de datos es una colección de datos organizados que se pueden gestionar con el fin de compartir la información con otras personas o simplemente guardar registros importantes que se puedan consultar para posibles investigaciones.

Para acceder a estos registros se deben tener en cuenta dos conceptos importantes el sistema gestor de base de datos y los métodos de acceso:

- **Sistema gestor de base de datos:** Es un software con procedimientos que permite gestionar los datos almacenados en las bases de datos, es decir poder almacenar, modificar o eliminar los datos. Entre estos sistemas encontramos Oracle y MySQL.
- **Métodos de Acceso:** Son un tipo de instrucciones escritas en un lenguaje que permiten que un usuario pueda acceder a los datos a través del sistema gestor de base de datos.

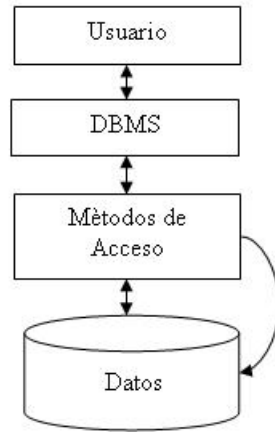


Figura 2.2: Componentes de una base de datos.

2.3. Marco Teórico

BREEDING MANAGEMENT SYSTEM (BMS): Es un software que contiene una serie de módulos interconectados, diseñado específicamente para ayudar a los mejoradores a gestionar sus actividades del día a día a través de todas las fases de sus programas de mejoramiento. Desde el fenotipaje sencillo hasta genotipaje complejo, este software ofrece todas las herramientas que se necesitan para llevar a cabo el mejoramiento moderno en un paquete muy accesible y fácil de entender[17]. Esta herramienta fue desarrollada por Integrated Breeding Platform (por sus siglas en inglés “IBP”) pretende ayudar a los investigadores del mundo en su proceso de mejoramiento a través de los siguientes módulos:

- **Módulo de Mejoramiento.** Herramienta que permite manejar todas las tareas diarias del mejorador en el ciclo de mejoramiento. Estas son manejo de listas de germoplasma, generación de cruzamientos, manejo de viveros, manejo de ensayos, mapas de campo, entre otras actividades.
- **Módulo de manejo de información.** En este módulo se maneja la información del pedigrí, caracterización fenotípica y evaluación de germoplasma. Además se puede importar germoplasma, manejar información de datos genotípicos, buscar estudios, manejo de la ontología.
- **Módulo de análisis estadístico.** Los mejoradores manejan gran cantidad de datos que se deben analizar para tomar decisiones rápidas. Este módulo (Breeding View) es una interfaz de usuario gráfica para el análisis estadístico que describe el fenotipaje y genotipaje de los diferentes ensayos. Se pueden hacer resúmenes estadísticos, ajustes de medias de todos los traits (rasgos medibles usados en mejoramiento como Rendimiento, Enfermedades, entre otros) y comparaciones de genotipos en múltiples ambientes a través de modelos mixtos
- **Módulo de mejoramiento asistido por marcadores.** Este módulo permite manejar la información molecular a través del GDMS (Genotypic Data Management System) e integrarla a los datos fenotípicos. Además tiene herramientas de diseño de mejoramiento molecular.

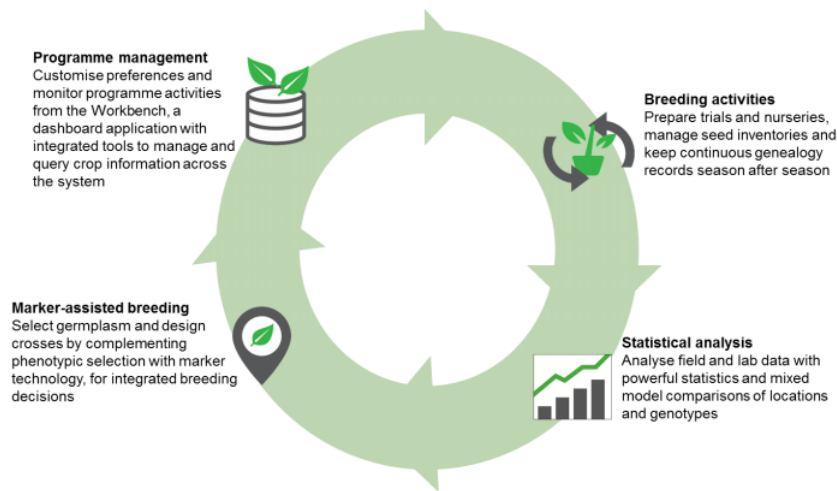


Figura 2.3: Ciclo de BMS [17].

2.4. Antecedentes

Actualmente no se cuenta con una aplicación que permita pasar toda la información generada a BMS porque en la nueva versión el diseño de la base de datos ha cambiado notablemente por lo que toda esta información no ha podido ser compartida.

Antiguamente, para compartir la información, se utilizaba una herramienta llamada ICIS-International Crop Information System (mediados de los 90), la cual manejaba una base de datos en ACCESS. Esta versión sólo permitía a los investigadores llevar el proceso de mejoramiento, y almacenarlo en una base de datos local, luego de este proceso se necesitaba una persona que se encargará de revisar los datos y posteriormente cargarlos a la base de datos central a la que se podía acceder en cualquier parte del mundo. En esa época se logró migrar información represada de muchos años de cruzamientos y líneas avanzadas (aproximadamente 50000 datos de cruzamientos y 20000 de líneas); y aproximadamente 1400 estudios. Dicha migración se realizó utilizando scripts de PLSQL, los cuales dejaron de usarse porque no se ajustan a los modelos actuales de las versiones de BMS.

Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el proyecto se tomó la decisión de dividir el desarrollo en 2 fases: La primera estuvo basada en la investigación y apropiación de conocimientos, conceptos sobre BMS que permitieran comprender la aplicación que era necesario para la problemática. La segunda fase consistió en el desarrollo de los módulos definidos en los objetivos teniendo en cuenta la metodología propuesta.

3.1. Fase de Investigación

Teniendo en cuenta que los conocimientos que se tenían sobre el aplicativo BMS eran pocos se decidió realizar esta etapa con el fin de conocer los procesos que se llevan a cabo en BMS para el almacenamiento, estandarización y preservación de los libros de campo.

A medida que se fue avanzando en esta fase, se encontraron algunos inconvenientes, principalmente la poca documentación que existe sobre el aplicativo BMS, ya que la única fuente de información que se tenía era la página web.

Al acceder a la página web, se encuentran las definiciones de cada módulo y la argumentación del porqué utilizar BMS como uno de los programas para la gestión de cultivos, esta información fue descrita anteriormente en el marco teórico. Por otro lado también se identificaron los manuales de usuario, siendo estos de gran ayuda al facilitar el conocimiento de las funcionalidades de la aplicación y permitir un buen manejo de la misma. Para apoyar lo anterior se procedió a realizar la instalación del aplicativo BMS, con el fin de interactuar y aplicar los conocimientos obtenidos.

Cabe resaltar que en el CIAT este aplicativo se encuentra instalado en un ambiente de producción y no era conveniente alterar la información allí almacenada, por ende, se realizó la solicitud de la instalación del aplicativo en un ambiente de pruebas pero por motivos de presupuesto y de tiempo esta labor no fue posible dejando como última opción que dicha instalación se realizará de manera local en la máquina que fue asignada para el desarrollo.

Aunque realizar este proceso de investigación permitió un mejor conocimiento de la aplicación no fue suficiente para empezar con el desarrollo de los módulos, porque antes era necesario estudiar el modelo general de la base de datos y conocer la forma en que la información era almacenada en cada una de las tablas, debido a esto se vio la necesidad de realizar una serie de reuniones con personal que contaba con experiencia en el manejo de información sobre el modelo relacional del aplicativo BMS, dando como resultado la obtención de documentación clasificada

de manejo interno la cual fue proporcionada por IBP(Integrated Breeding Platform), quienes son los encargados de administrar el aplicativo BMS.

Dicha documentación fue de suma importancia porque su análisis permitió hacer énfasis y conocer de manera detallada cada una de las tablas que intervienen en el proceso de almacenado de los diferentes estudios, logrando así, obtener mayor claridad en la estructura del modelo de datos que era necesario usar dentro de los módulos a desarrollar.

Es así como se identifica que el modelo de datos BMS está basado en estructuras definidas por CHADO el cual hace parte de la colección de aplicaciones de código abierto definidas por GMOD que permite la estructuración de modelos ontológicos, y facilita la visualización, anotación, gestión y almacenamiento de datos [18].

CHADO, es capaz de representar muchas de las clases generales de los datos encontrados con frecuencia en la biología moderna, tales como fenotipos, genotipos, ontologías y publicaciones. Ha sido diseñado para manejar representaciones complejas de conocimiento biológico y debe ser considerado como uno de los esquemas relacionales más sofisticados disponibles en la actualidad en la biología molecular [17]. A continuación se presenta una abstracción del modelo que maneja CHADO y que se utiliza en BMS.

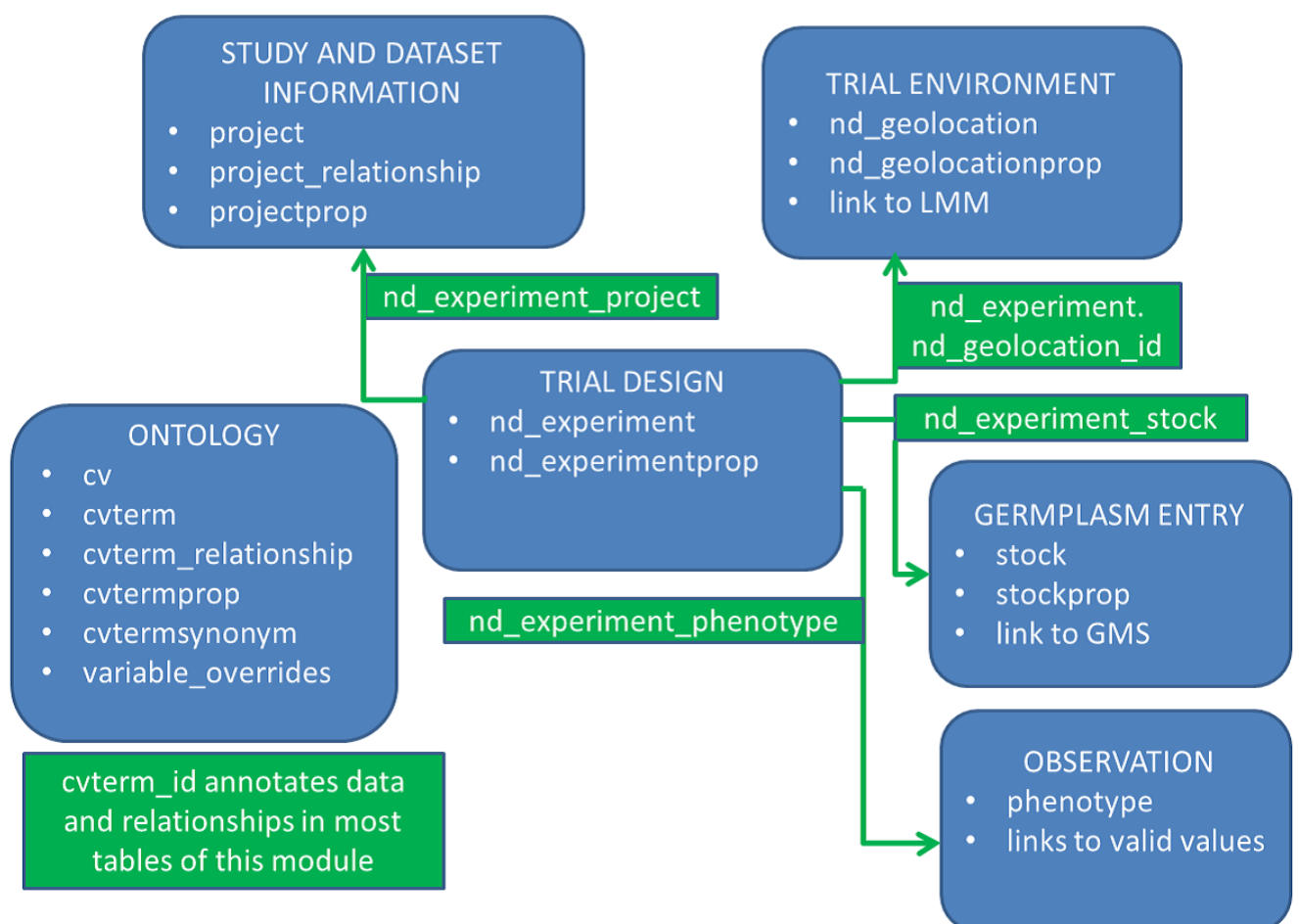


Figura 3.1: Mapping of elements of the Logical Data Model to the CHADO ND schema [19].

Este modelo nos da una idea de cómo organizar la información a la hora de almacenar un libro de campo en la base de datos de BMS, como se puede apreciar en la Figura 3.1, las tablas de este modelo están agrupadas en seis categorías que se describen a continuación:

- **STUDY AND DASASET INFORMATION:** Aquí se almacena toda la información referente al proyecto, por ejemplo: el nombre, el creador del estudio, la fecha de siembra de los materiales, los traits que van a ser evaluados en este libro de campo, entre otras información relevante al proyecto.
- **TRIAL ENVIROMENT:** Se guarda la información referente a la localidad donde fue sembrado el estudio y las propiedades del suelo si son necesarias.
- **GERPLASM ENTRY:** Su tarea es almacenar el germoplasma o materiales que van a ser evaluados en el libro de campo o estudio.
- **OBSERVATION:** éste tiene como tarea almacenar las medidas de los traits que se evalúan para cada uno de los materiales.
- **TRIAL DESIGN:** Este define el diseño del estudio, como se van a ubicar los materiales en el campo, es decir, cada conjunto de datos o material de un estudio tiene al menos una unidad de observación (osea un registro nd_experiement con su respectiva propiedad).
- **ONTOLOGY:** En esta categoría están todas las variables que pueden ser usadas en todo el esquema de base de datos, es decir se almacenan las escalas, medidas, propiedades y sinónimos, y otros términos importantes para BMS, la figura 3.2 muestra un ejemplo:

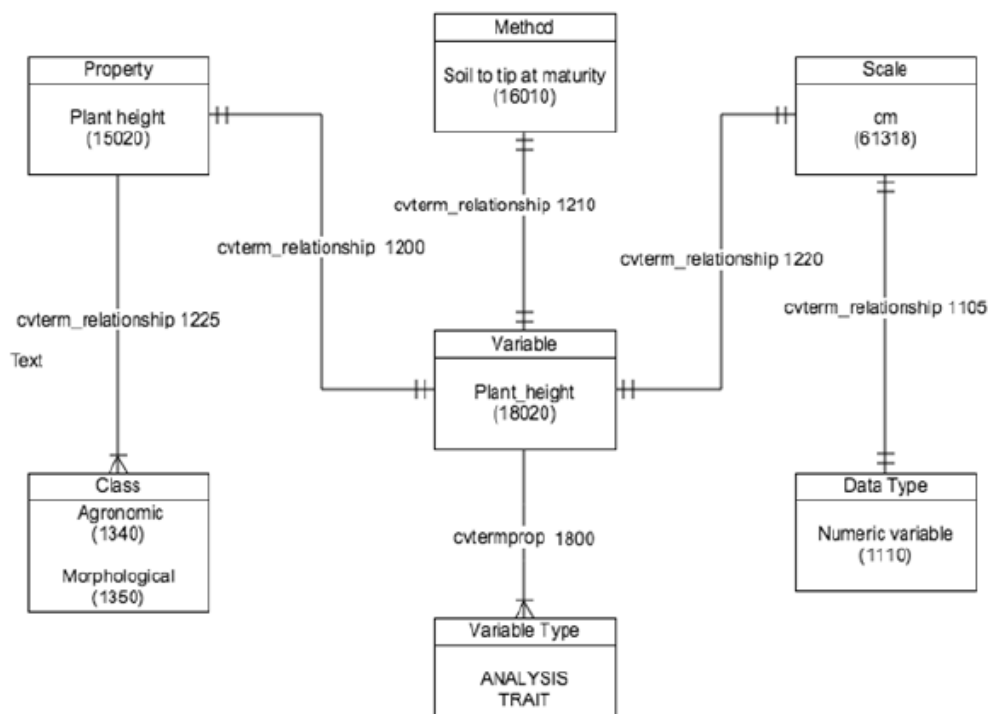


Figura 3.2: The Ontology Data Model [19].

También es importante aclarar que las tablas marcadas con color verde son las encargadas de hacer la relación entre la información que se almacena en cada categoría.

Al mismo tiempo, durante esta fase de investigación se estudió la posibilidad de utilizar una serie de API's REST ofrecidas por BMS, estas facilitaban enormemente la consulta, actualización e inserción de la información asociada a los estudios a través de formatos Json, permitiendo una mayor facilidad a la hora de generar e interpretar los procesos de almacenado tanto para la máquina como para el usuario.

Así pues, se procedió a analizar, comprender e interactuar el funcionamiento de las API's, lo cual fue una tarea compleja porque no se tenía suficiente documentación que ayudará a este proceso.

Cabe resaltar que la fase de investigación fue de gran ayuda para profundizar y conocer en un grado mayor la herramienta BMS, en la cual se basó el desarrollo del proyecto, dando la posibilidad de tener diversas opciones a la hora de plantear el diseño para la construcción de los módulos propuestos.

3.2. Fase de Desarrollo del Proyecto

En esta fase el objetivo fue desarrollar el proyecto siguiendo la metodología de trabajo adoptada por el CIAT, la cual consta de 4 fases:

Fase 1: Inicio y Planificación. Durante esta fase se reúnen todos los implicados en el proyecto y se realiza la planificación del mismo, determinando así los objetivos y entregables además de gestionar todos los recursos necesarios para ejecutar el proyecto, dando así, como resultado un documento con el plan del proyecto.

Fase 2: Elaboración y Construcción. En esta fase es donde se centran la mayor parte de los esfuerzos debido a que en esta se involucra todo el proceso de desarrollo de software, pasando así por cada una de las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto de software, como son el análisis, diseño, ejecución, pruebas, contando en cada una de ellas con la documentación y estándares definidos por el CIAT.

Fase 3: Implantación. Esta fase comprende lo que es la instalación del aplicativo que se obtuvo como resultado de la ejecución de la fase anterior, basándose en 2 actividades:

Actividad 1: Comprende el montaje del aplicativo en un entorno de pruebas con la finalidad de que los usuarios finales puedan conocer, interactuar y ser capacitados, además de que dicho entorno brinda la posibilidad de encontrar dificultades y errores.

Actividad 2: Después de que se corrigen los errores encontrados en el ambiente de pruebas y de que los usuarios tengan la posibilidad de acercarse al aplicativo e interactuar con él, se procede a empaquetar la aplicación en un archivo .WAR luego se coordina con el personal de Tecnología e información para el proceso instalación en un ambiente de producción, basado en las normativas definidas por el CIAT a la hora de realizar dicho procedimiento, entre las cuales encontramos la definición de políticas de seguridad y de Back Ups. Finalmente, se coordina la ejecución de otro conjunto de pruebas para verificar que todo funcione de manera correcta en el ambiente final.

Fase 4: Cierre. En esta fase se realiza el cierre del proyecto, se evalúa su ejecución y se determina las lecciones aprendidas para los siguientes proyectos.

3.2.1. Ejecución del Proyecto

3.2.1.1. Análisis

Durante la etapa de análisis dentro del proceso de desarrollo de software se buscan identificar las necesidades del usuario, siguiendo esta línea de ideas se puede indicar que es una de las etapas más importantes ya que permite identificar y dimensionar el alcance del proyecto. Teniendo en cuenta lo anterior, esta etapa se realizó basándose en las políticas definidas por el CIAT para el desarrollo de sus proyectos, dando inicio con la especificación de los requerimientos a partir de una serie de reuniones con los usuarios finales, donde se captura la información suministrada por ellos y se transforma en un documento formal en el cual se detallan tanto los requerimientos funcionales, donde se describen las interacciones entre el sistema y su ambiente independientemente de su implementación, como los requerimientos no funcionales, donde se especifican criterios de funcionamiento en lugar de sus comportamientos específicos. (Ver anexo 1: Documento de requerimientos).

Dicho documento cuenta con la siguiente estructura que permite la administración, clasificación y priorización de los mismos: Número del requerimiento, columna con la cual se identifica el requerimiento, descripción del requerimiento, columna donde se redacta el requerimiento como tal.

3.2.1.2. Diseño

La etapa de diseño permite realizar la modelación de los elementos necesarios para construir los módulos a desarrollar en el proyecto, esta etapa se hace con el fin de tener una abstracción general donde se describen los componentes o módulos que formarán el software a ser producido.

Durante esta etapa se identificó la necesidad de almacenar la información de los estudios de los investigadores del programa de frijol que posee el CIAT en dos sistemas de gestión de bases de datos relacionales diferentes, siendo una de ellas MySQL [20], la cual es considerada como una de las bases de datos open source más populares del mundo, dicha base de datos es necesaria debido a que el aplicativo BMS se basa en este gestor para guardar la información la cual será de gran ayuda para los investigadores en su día a día ya que les permitirá realizar diferentes análisis.

El otro sistema gestor de base de datos necesario es Oracle debido a que el CIAT como política tiene definido almacenar la información de los diversos estudios e investigaciones que se llevan a cabo por los diferentes programas, con la finalidad de lograr un mejor registro y control de dicha información obteniendo de esta manera una memoria institucional.

Resultados Fase de Diseño para el Módulo de Carga de Libros de Campo

Basándose en la necesidad identificada para el almacenamiento de la información y una vez culminada la etapa de análisis, se plantearon dos propuestas para dar solución a la problemática.

La primera propuesta se basó en el uso de las APIs REST que fueron identificadas en el proceso de investigación las cuales facilitaban en gran medida la consulta, actualización e

inserción de la información asociada a los estudios en el aplicativo BMS.

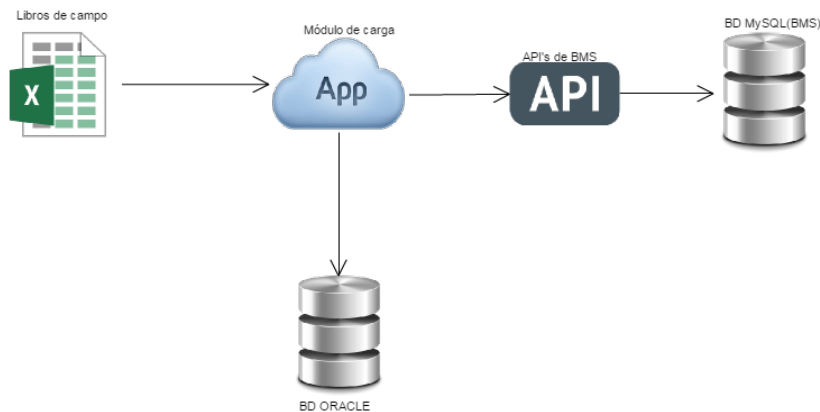


Figura 3.3: Propuesta basada en el uso de las API's.

Dentro de esta propuesta, los módulos desarrollados para la importación de los libros de campo con los estudios de frijol se conectaría a un gestor de bases de datos Oracle y al mismo tiempo las API's servirían como puente de comunicación entre dichos módulos desarrollados y la base de datos MySQL a través de servicios web, todo bajo una arquitectura REST ya que permitía ciertos beneficios entre los cuales se destacan un bajo consumo de recursos y su fácil integración con otras aplicaciones.

Pero durante la investigación e interacción con dichas API's se identificó un error en la función REST encargada de la inserción y actualización de un ensayo. Cabe aclarar que las API's no fueron desarrolladas por IBP que es la empresa encargada del soporte, por lo cual se hizo necesario contactar uno de los desarrolladores para tratar de corregir el inconveniente identificado, y solicitar más documentación, pero no se obtuvo una respuesta positiva debido a que éste no contaba con tiempo disponible para estas fechas. De igual forma, se notó que para consumir estas API's era necesario indicar muchos parámetros que no eran fáciles de obtener al momento de utilizar estos servicios.

Debido a que no se contaba con el tiempo para solucionar los problemas anteriormente descritos ni la disponibilidad necesaria por parte de los terceros involucrados, finalmente se optó por descartar esta propuesta.

La segunda propuesta se basó en desarrollar el módulo para la importación de los libros de campo a través de dos componentes principales, el primero se centró en la gestión de la carga de la información que contenían los libros de campos en una base de datos Oracle, para después proceder a realizar una transformación de la información almacenada con la finalidad de guardar dichos datos en el modelo determinado por BMS para la preservación de los estudios dentro del gestor de base de datos MySQL. Es bueno mencionar que esta propuesta se planteó sin intervención de las API's.

Estas propuestas fueron analizadas y discutidas con personas que cuentan con experiencia en el desarrollo de aplicaciones determinando que se debía implementar la segunda para el desarrollo del proyecto debido a que aunque la primera propuesta era más eficiente se encontraron algunos inconvenientes que ocasionaban la extensión del cronograma establecido y otros problemas ya

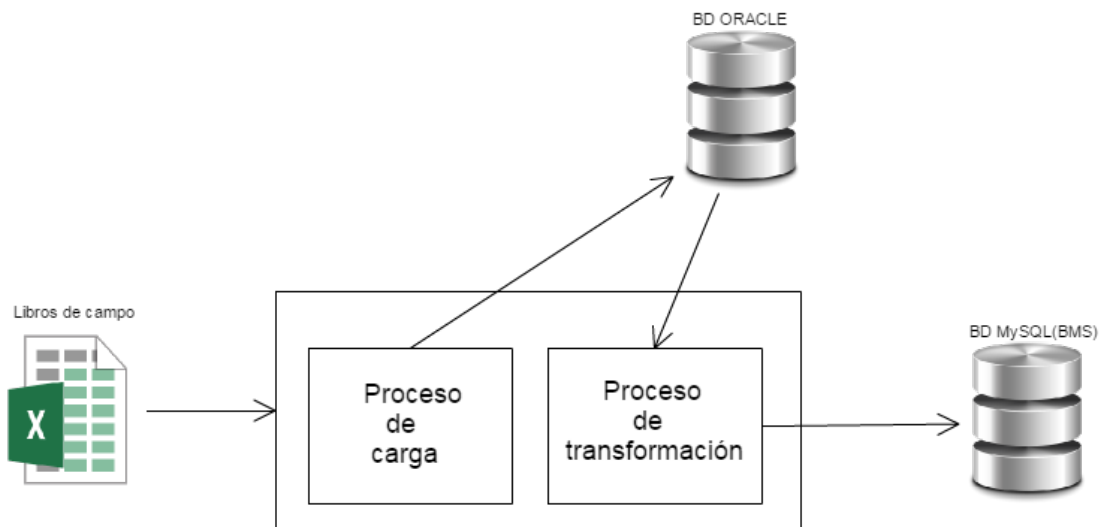


Figura 3.4: Propuesta

mencionados.

Diseño de Diagramas UML

Con la finalidad de complementar el modelado se hizo necesario la realización de algunos diagramas UML con la finalidad de especificar, detallar y documentar los componentes de los módulos propuestos los cuales serán descritos a continuación:

Diagrama de navegación

Consiste en describir dinámicamente el orden y tipo de pantallas que se va produciendo durante la ejecución de la aplicación [21]. Este se efectuó con el propósito de mostrar de manera gráfica la forma en como el usuario puede interactuar con todas las pantallas del aplicativo.

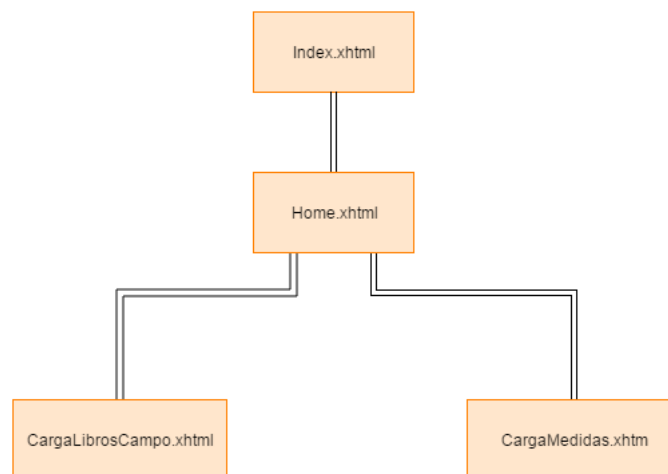


Figura 3.5: Diagrama de Navegación del Sistema BMSFrijol

Diagrama Entidad-Relación

Describe los principales componentes de la base de datos: entidades, atributos y relaciones [22]. Se realizó con la finalidad de conocer cómo se va almacenar la información y cual va hacer la interacción de las diferentes entidades, es decir representa la base de datos conceptual como es vista por el usuario final.

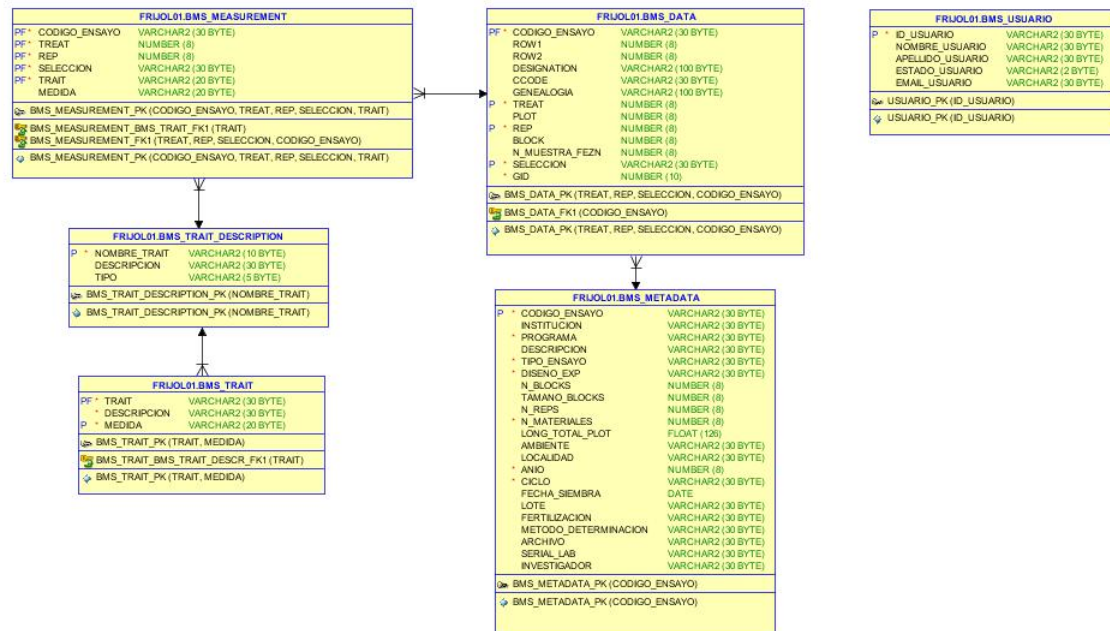


Figura 3.6: Modelo Relacional del Sistema BMSFrijol

Diagrama de la Arquitectura

El propósito de este diagrama es mostrar una visión simplificada de la relaciones de control entre los módulos y los patrones de diseño utilizados para el desarrollo de los mismos.

Esta aplicación está implementada usando el patrón de arquitectura MVC (modelo-vista-controlador), ya que éste es un patrón que brinda facilidad de mantenimiento y reutilización de código. Pero se hizo una subdivisión de la capa modelo en 3 subcapas: Lógica, Persistencia, Datos, esto con el fin de tener una mejor accesibilidad a las bases de datos.

La capa de presentación o vista, es la encargada de recoger la información tras la interacción del usuario y enviarla a la siguiente capa, a su vez también es la encargada de recibir la información de respuesta y presentársela al usuario.

La capa de controlador se encarga de recibir la información tras la interacción del usuario, para posteriormente interactuar con el modelo a través del core y devolver una respuesta a la capa de presentación.

Por último está el modelo que es el encargado de almacenar y consultar los datos en la base de datos, esto se hace a través de hibernate.

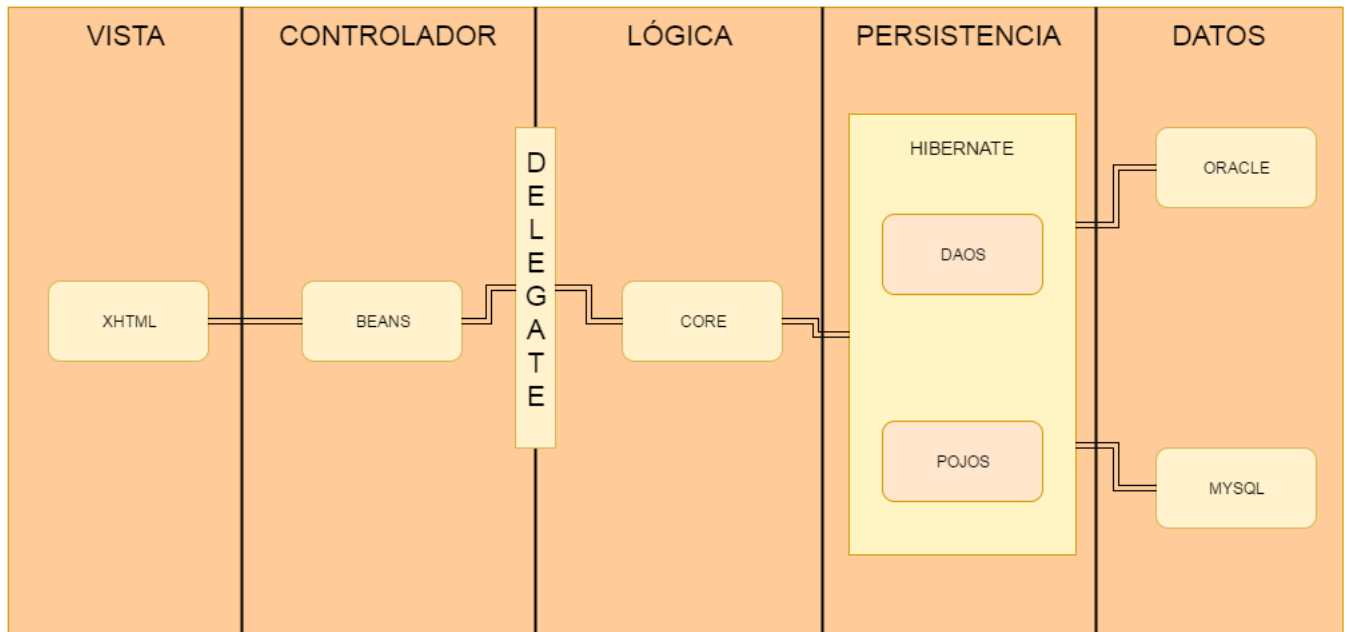


Figura 3.7: Diagrama de Arquitectura del Sistema BMSFrijol

3.2.1.3. Implementación

Como primera instancia se definió un documento estándar en Excel, cuyo propósito fuera estandarizar y facilitar la carga de los libros de campo, dado que estos no contaban con un formato estándar lo que impedía su procesamiento y carga. Este documento fue socializado con todas las personas encargadas de la carga de archivos para el programa de frijol los cuales estuvieron de acuerdo en acogerse al mismo, a este documento se le nombró template. Una vez definido esto, se empezó con la etapa de codificación, donde primero se realizó un sistema de logueo con la ayuda de la librería llamada CGIARAuthenticate. Esta permite que los usuarios puedan iniciar sesión dentro del aplicativo a través del directorio activo, es decir que puedan entrar con el mismo usuario y contraseña especificados en su correo Outlook.

Posteriormente se continuó con la codificación del módulo de carga, en el cual se empezó por realizar el mapeo de las dos bases de datos con la ayuda de hibernate para luego continuar con el proceso de lectura y carga del template, la lectura se hizo con la ayuda de la librería POI [9], esta librería facilita la interpretación de diferentes tipos de documento entre los cuales se encuentra el formato Excel, que es el tipo de archivo definido para la elaboración de los libros de campo. Al mismo tiempo que se realiza la lectura del archivo, se verifica que éste no contenga errores de digitación o de inconsistencia en los datos.

Una vez verificada tanto la información como el formato del archivo se procesa y almacena la información en la base de datos de Oracle con la ayuda de la herramienta hibernate ya que este permitió que la conexión entre el sistema y la base de datos fuera más fácil y rápida.

Cuando los procesos descritos anteriormente estaban listos, se procedió a codificar la conversión y almacenamiento de la información dentro de la base de datos MySQL, el proceso de conversión de los datos consistió en ajustar la información correspondiente al modelo mencionado anteriormente del aplicativo BMS, para así poder crear el estudio correspondiente al libro de campo.

Durante todo el proceso de almacenamiento en las bases de datos fue indispensable asegurar la persistencia de los datos, esto se logró aplicando el patrón de diseño singleton el cual garantiza que una clase solo se pueda instanciar una vez mientras que la aplicación se encuentra en ejecución, teniendo así un punto de acceso global.

De esta manera, al terminar la codificación del módulo de carga de libros de campo, se continuó con el desarrollo del módulo de carga de descriptores, en el cual administra la información obtenida a través de un sistema integrado, que se usa para capturar 3 tipos de variables presentes en los materiales de frijol como son: la humedad en las semillas y la cantidad de semillas utilizadas. Para la toma de estas medidas se establece como referencia el peso de 100 semillas.

Dichas variables son utilizadas para realizar el cálculo de los rendimientos de cada uno de los materiales del frijol. Inicialmente se planteó pasar estas variables directamente al aplicativo BMS donde se realizarían los cálculos correspondientes y se almacenarían en su respectivo libro de campo, pero esto no se pudo lograr debido a que las personas encargadas del mejoramiento del frijol crearon un código único dentro del libro de campo con el fin de identificar cada una de las plantas según su año, programa, ciclo y surco donde fue sembrada.

Teniendo en cuenta lo anterior, el aplicativo BMS no realiza la distinción de un material según el lugar donde este se encuentra sembrado, sin embargo para BMS existe un identificador único para cada material, este identificador se designa con el nombre de GID. Por este motivo no se pudo crear una relación directa entre la información capturada por el sistema integrado y el aplicativo BMS ocasionando que se hiciera necesaria la intervención humana, con el fin de crear un GID para cada código único.

Actualmente el sistema integrado guarda la información de las variables en un documento Excel el cual por medio de una macro se encarga de buscar dentro de los libros de campo a través del código único para posteriormente actualizar la información de las variables asociadas a este material.

A partir de este proceso se planteó como solución que una vez obtenido el libro de campo se capture la información correspondiente al código del ensayo, el identificador del material y el surco, los cuales sumados a las variables procedentes del sistema integrado permitirán realizar la búsqueda dentro del aplicativo BMS del libro de campo y así hacer la actualización de su información.

Cabe señalar que para este módulo se utilizó la función de lectura desarrollada para el módulo de carga de archivos esto permitió agilizar el proceso de implementación.

3.2.1.4. Pruebas

Esta es una de las fases más importantes para el desarrollo de un producto ya que en esta se determina si los requerimientos propuestos por el cliente fueron cumplidos a cabalidad. Para cumplir con esta etapa, se decidió utilizar pruebas unitarias.

Estas pruebas fueron realizadas a medida que se realizaba el proceso de implementación con el fin de asegurar que cada uno de una de las funcionalidades se ejecutara correctamente, fueron

ejecutadas con la ayuda de la herramienta JUnit [23].

En la Figura 3.8 se puede observar algunas de las pruebas.

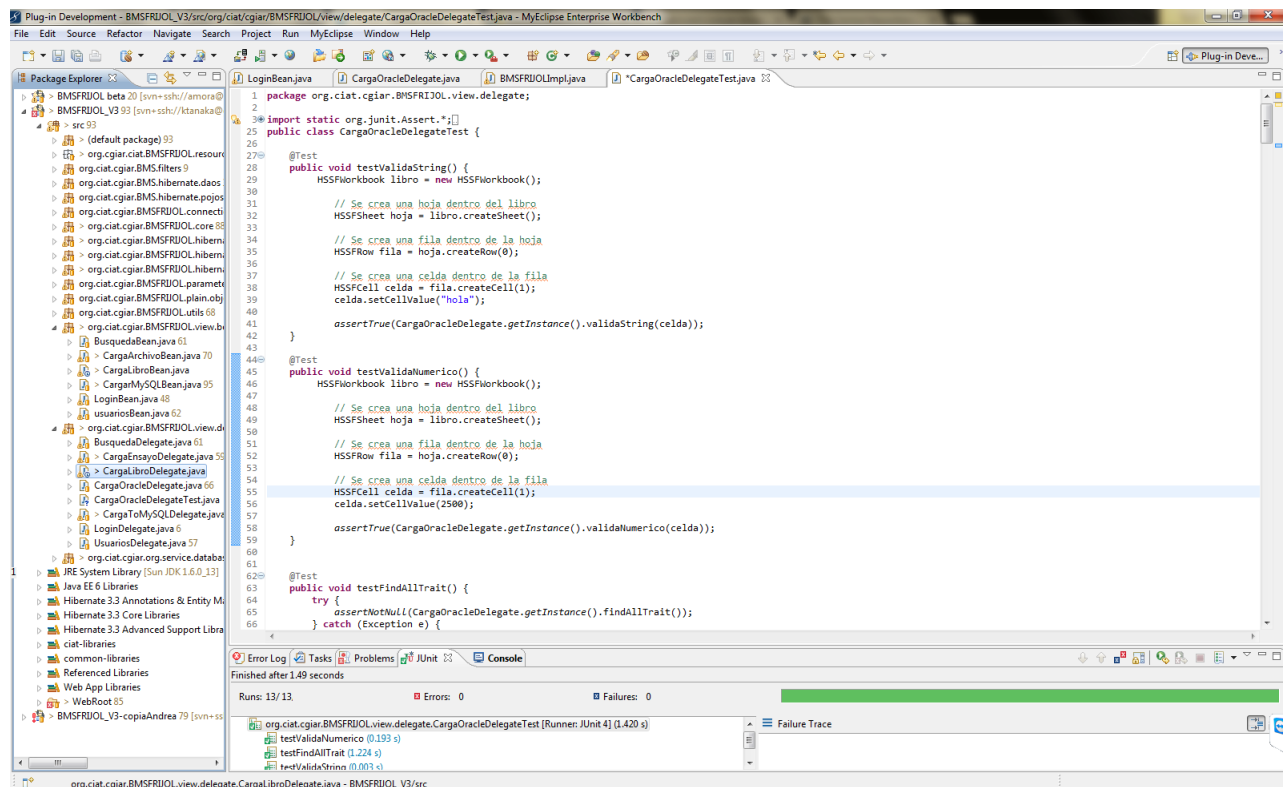


Figura 3.8: Screenshot - Pruebas Unitarias con JUNIT

3.2.1.5. Implantación

La implantación o despliegue del sistema se realiza siguiendo los parámetros establecidos en las guías para el despliegue de aplicaciones del CIAT. A continuación, se describen las características de las máquinas:

Maquina de Pruebas

- Servidor: PowerEdge 2900
- SO: Red Hat Enterprise Linux Server release 6.8
- Tomcat: 6.0.24
- Java: 1.6.0_115
- Procesador: Intel Xeon E5440 @ 2.83GHz
- RAM: 32Gb
- Disco: 146Gb (RAID1)

Máquina de producción:

- Servidor: PowerEdge M610
- SO: Red Hat Enterprise Linux Server release 6.8
- Tomcat: 6.0.24
- Java: 1.6.0_115
- Procesador: Intel Xeon E5620 @ 2.40GHz
- RAM: 32Gb
- Disco: 146Gb (RAID1)

3.3. Descripción de la aplicación

Al terminar la etapa de desarrollo se obtiene una aplicación web que se alimentará de los datos que sean cargados por parte de los investigadores y asistentes del programa de frijol, ésta permite al usuario cargar muchos libros de campo al mismo tiempo.

El primer acercamiento que tiene el usuario es con la interfaz de Login que se puede observar en la figura 3.9 muestra, la cual está constituida por el logo del CIAT, el nombre de la aplicación y los campos para iniciar sesión.

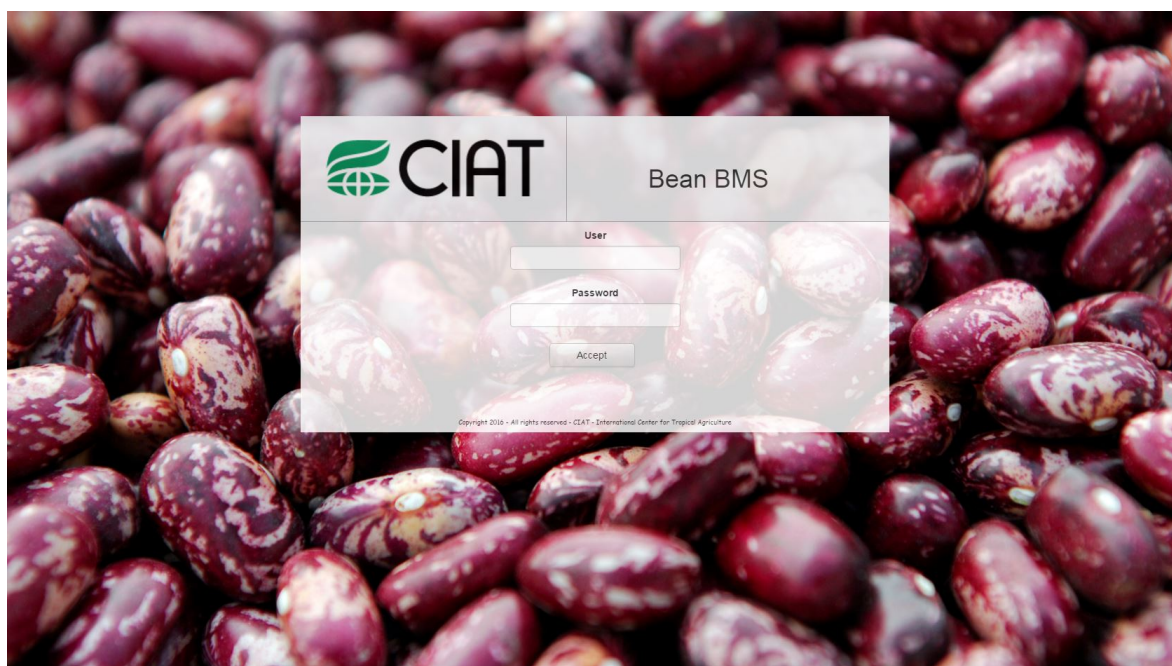


Figura 3.9: Screenshot - Login

Una vez autenticado, el usuario podrá visualizar la página de Inicio, ésta contiene la barra de navegación con los menús de cada módulo. Ésta facilita el acceso a todos los modulos de la aplicación y contiene la opción de cerrar sesión. Dentro del Inicio, también se encuentran las actividades que se pueden realizar en cada módulo y una pequeña descripción de las mismas. Esta interfaz se puede visualizar en la figura 3.10.

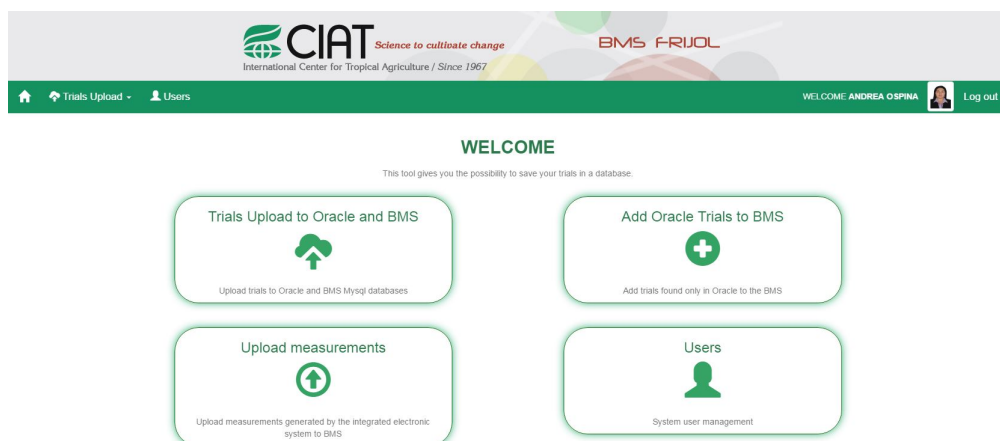


Figura 3.10: Screenshot - Inicio

En la figura 3.11 se muestra la interfaz de la pagina Trials Upload to Oracle and BMS en la cual los usuarios encontraran las siguientes opciones:

- Botón choose File: Éste le permite a el usuario seleccionar el libro que desea cargar.
- Botón upload: Éste boton se encarga de cargar el libro de campo escogido por el usuario.
- Chechk List: Éste brinda al usuario la posibilidad de escoger si desea subirlo a Oracle y a BMS al mismo tiempo o almacenarlo en Oracle solamente.
- Botón Download: Éste permite descargar la plantilla que se debe usar para la carga de los libros, esto con el fin de mantener un estándar.

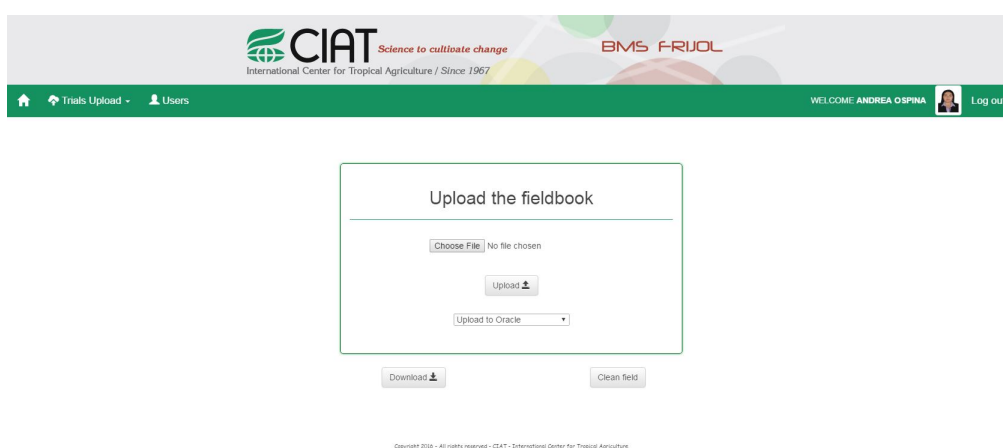


Figura 3.11: Screenshot - Trials Upload to Oracle and BMS

Por otra parte, dentro de esta misma sección cuando un libro de campo no se cargue satisfactoriamente el sistema le muestra al usuario de una manera detallada los errores que encuentra en el momento de leer el archivo, y le brinda la posibilidad de limpiar los campos y subirlo nuevamente si así lo desea esto se ve representado en la figura 3.12.

Codigo	Valor	Causa
MCPRUEBA-096		THIS TRIAL CODE IS ALREADY REGISTERED

Exportar Archivo

Figura 3.12: Screenshot - Field book couldn't upload

La segunda sección Add Oracle's Trials to BMS permite al usuario visualizar los archivos que fueron cargados en sus momento solo a Oracle y le brinda la posibilidad de registrarlos en BMS si así lo desea.

Trial code	Trial description	Trial type
MCPRUEBA-095	Rendimiento	ensayo líneas avanzadas 2008
MCPRUEBA-096	Rendimiento	ensayo líneas avanzadas 2008

Figura 3.13: Screenshot - Add Oracle's Trials to BMS

La figura 3.14 muestra la tercera sección del Inicio, Upload Measurement permite a los

usuarios adicionar las medidas que se obtienen del sistema integrado electrónico a los libros de campo o ensayos que se encuentran almacenados en BMS. Es una vista muy parecida a la que se tiene para cargar los libros de campo pero su proceso interno es diferente.

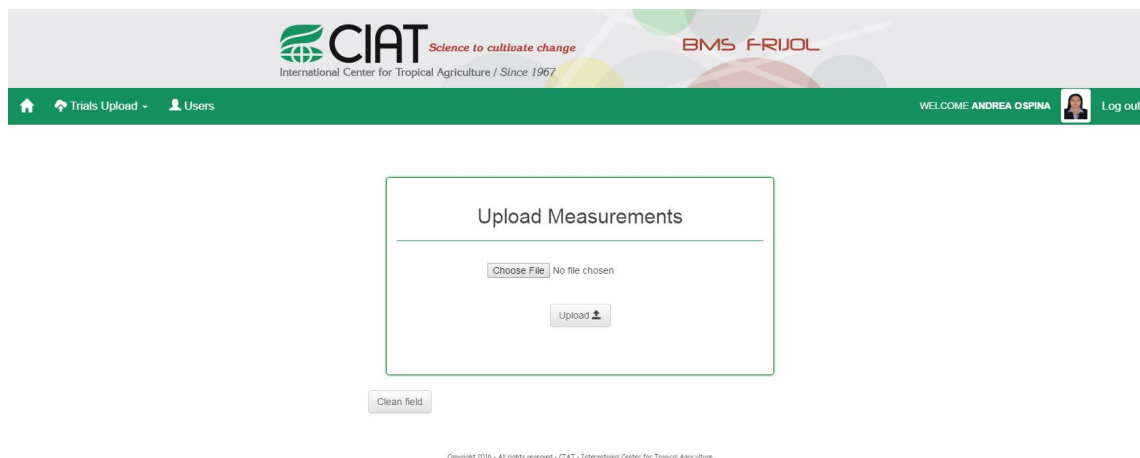


Figura 3.14: Screenshot - Upload Measurement

Por ultimo en la figura 3.15, se muestra la sección Users que aunque no estaba en el alcance era importante para los usuarios finales, ésta permite hacer las funciones básicas de agregar, consultar y eliminar un usuario, con el fin de dar acceso a las diferentes personas del programa de frijol para que todos puedan contribuir al enriquecimiento de esta base de datos y a su vez sus libros sean almacenados de forma segura.

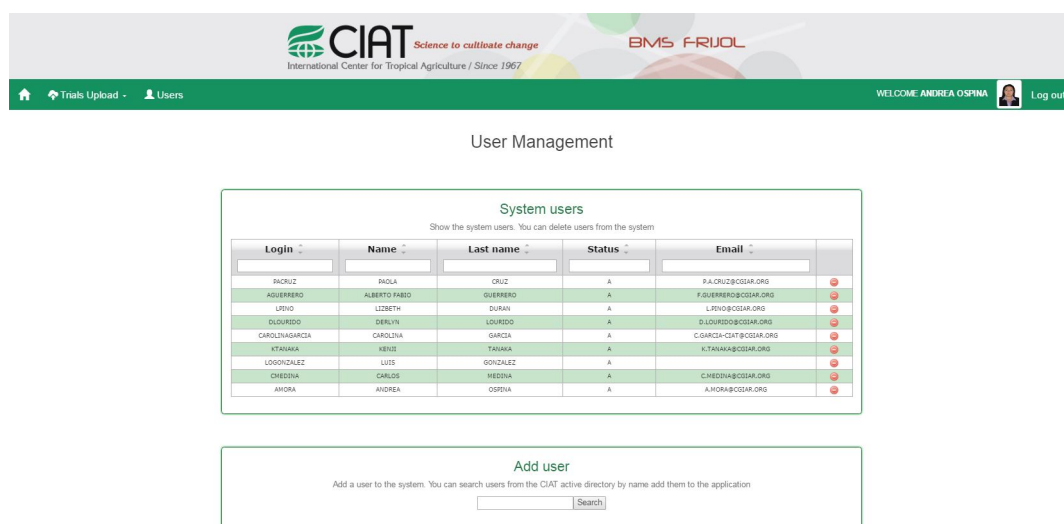


Figura 3.15: Screenshot - Users Management

Capítulo 4

Conclusiones y Trabajos Futuros

4.1. Conclusiones

A continuación se describen las conclusiones las cuales están basadas desde dos aspectos, el primero es el proceso de desarrollo que se llevó a cabo durante esta pasantía y el segundo el proceso de aprendizaje.

El desarrollo de esta aplicación web permitirá a los investigadores de frijol, almacenar sus libros de campo tanto en una base de datos como en el programa BMS, el cual trae muchos beneficios no solo para los científicos del CIAT si no para diferentes personas que se enfocan en la agricultura, debido a que dicho aplicativo permite ver los avances que se generan en las líneas de frijol, además brinda la posibilidad de determinar cómo se han alterado las características de un genotipo dependiendo las condiciones climáticas y otros factores.

Contar con una herramienta que permitiera la automatización del proceso de almacenado de los libros de campo logrará ahorrar esfuerzos y tiempo, los cuales podrán ser dedicados a generar un mejor análisis teniendo en cuenta que con el aplicativo la información se encontrará centralizada, proporcionando de esta manera un fácil acceso.

La aplicación desarrollada cumple con los estándares de calidad establecidos por el CIAT los cuales se lograron aplicando la metodología de desarrollo adoptada por esta organización para sus proyectos, permitiendo así estructurar de manera adecuada el proyecto y abarcar cada una de las fases del desarrollo de software.

El uso de las TIC juega un papel importante para el desarrollo de la sociedad y cobra aún más importancia cuando estas se complementan con otras áreas para crear soluciones, en este caso se puede observar cómo las TIC se complementan con el área de la agricultura para generar herramientas de ayuda que permiten buscar la mejora en los cultivos ante las diversas dificultades climáticas que los agrónomos deben afrontar.

Por último, se puede concluir que desarrollar este proyecto en una organización como el CIAT permitió tener un acercamiento a lo que es una realidad laboral y aprender el uso de tecnologías desconocidas que enriquecieron el proceso de formación, igualmente se alcanzaron nuevos conocimientos en un área tan importante como la agronomía, además de entender todo el proceso que se lleva a cabo en la mejora de líneas de frijol.

4.2. Trabajos Futuros

Una forma de expandir la aplicación desarrollada es realizar la integración con otras ontologías pertenecientes a otros cultivos como lo son yuca, arroz, entre otros, con la finalidad de que se puedan cargar los libros de campo de estos cultivos, brindando a los investigadores los mismos beneficios que se obtuvieron en el programa de frijol.

Complementar la aplicación con funcionalidades nuevas que permitan realizar una adecuada gestión de búsquedas logrando así una aplicación más integra y robusta.

Finalmente, también implementar un mecanismo que apoye la forma en como se están registrando actualmente los datos que se obtienen del sistema integrado electrónico a BMS, de manera que se pueda realizar el paso directo de la información sin depender de excel, agregando eficiencia y confiabilidad a la información.

Referencias Bibliográficas

- [1] Página oficial de CIAT, [Online]. Generalidades. Obtenido de: <https://ciat.cgiar.org/es/nosotros>
- [2] Glosario de jardinería, flores, plantas, botánica y medio ambiente, [Online]. Obtenido de: <http://www.infojardin.net/glosario/heterogamo/hibridacion.htm>
- [3] Medmol.es. (Enero del 2014). Términos de glosario: Genotipado, [Online]. Obtenido de: <http://medmol.es/glosario/genotipado>
- [4] Dra. Clara Goedert. (Mayo/Junio del 2002), Germoplasma conceptos, [Online] http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed63/artigocapa63_esp.html
- [5] Leandro Alegsa. (Mayo del 2010). Definición de módulo (programación), [Online]. Obtenido de: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/modulo.php#sthash.BbC1Tuzy.dpuf>
- [6] Wikipedia.org. Pedigrí, [Online]. Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pedigr%C3%AD>
- [7] Documentación de GMOD. (2013), Generic Model Organism Database, [online]. Obtenido de: https://en.wikipedia.org/wiki/Generic_Model_Organism_Database
- [8] Documentación de CHADO. (2014), Introduction to Chado. [Online]. Obtenido de: http://gmod.org/wiki/Introduction_to_Chado
- [9] Andrew C. Oliver, Glen Stampoulzis, Avik Sengupta. Apache POI - the Java API for Microsoft Document, [Online]. Obtenido de: <https://poi.apache.org/>
- [10] James Cooper. (2000). Java Design Patterns: A Tutorial, [Online]. Obtenido de: <https://books.google.ln/books?idSrJRu8T69FcC&printsecfrontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [11] Genuitec, [Online]. Obtenido de: <https://www.genuitec.com/products/myeclipse/>
- [12] Gavin King, Christian Bauer, Max Rydahl Andersen, Emmanuel Bernard, y Steve Ebersole. (Septiembre 15 del 2010), Documentación de referencia de Hibernate. [Online]. Obtenido de: https://docs.jboss.org/hibernate/orm/3.5/reference/esES/html_single/
- [13] Página oficial de JSF, [Online]. JavaServer Faces Technology. Obtenido de: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/javaserverfaces-139869.html>
- [14] Página oficial de ICEfaces. ICEfaces Overview, [Online]. Obtenido de: <http://www.icesoft.org/java/projects/ICEfaces/overview.jsf>
- [15] Página oficial de Bootstrap. Getting started, [Online]. Obtenido de: <https://v4-alpha.getbootstrap.com/gettingstarted/introduction/>

- [16] SILVIA ACID CARRILLO, NICOLAS MARIN RUIZ. (2009). Introducción a las bases de datos: el modelo relacional [Online]. Obtenido de: <https://books.google.com.co/books?id2-HwGwc57c0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [17] integratedbreeding.net. (2015). Introduction, [Online]. <https://www.integratedbreeding.net/15/breeding-management-system>
- [18] Documentación de GMOD. (2013), What is a GMOD?. [Online]. Obtenido de: <http://gmod.org/wiki/Overview#Introduction>
- [19] Documento interno IBP. Phenotyping Data Management System for IBDB V3
- [20] DB-Engines Ranking, (2016). [Online]. Obtenido de: <http://db-engines.com/en/ranking>
- [21] Fernando Alonso Amo, Loïc Martínez Normand, Francisco Javier Segovia Pérez. (2005), Introducción a la ingeniería del software. [Online]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=rXU-WS4UatYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- [22] Steven Morris, Carlos Coronel. (2012), Bases de Datos, Diseño, Implementacion y Administracion. [Online]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=KlNC0Gc_RREC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- [23] Página oficial de JUnit, [Online]. Project Documentation. Obtenido de: <http://junit.org/junit4/index.html>

Anexo A

Requerimientos Funcionales	
Numero	Descripción
RF1	El sistema deberá garantizar que solo accedan los usuarios registrados y activos.
RF2	El sistema debe mostrar un mensaje en caso de que las credenciales de acceso no sean válidas.
RF3	El sistema debe permitir al usuario finalizar su sesión en la aplicación o debe cerrarla automáticamente después de un periodo de inactividad.
RF4	El sistema debe permitir al usuario descargar un formato Excel que sirve de base para crear los libros de campo.
RF5	El sistema debe permitir al usuario cargar los libros de campos a la base de datos de Oracle.
RF6	El sistema debe permitir cargar y procesar los ensayos a la base de datos MySQL de BMS en caso de no presentarse ningún error en la carga de ensayos a Oracle.
RF7	El sistema debe validar que estén llenos todos los campos obligatorios en el template.
RF8	El sistema debe validar que el código de ensayo no exista en ninguna de las bases de datos.
RF9	El sistema debe validar que cada Trait exista en la base de datos.
RF10	El sistema debe validar que las medidas de los Traits leídas del template correspondan a los rangos validos definidos.
RF11	El sistema debe mantener el mismo orden con el que fue cargado el libro de campos en el ensayo correspondiente en BMS
RF12	El sistema debe permitir al usuario guardar una o más variables medidas por el sistema integrado electrónico para su correspondiente material y libro de campo en la base de datos MySQL de BMS.
RF13	El sistema deberá informar al usuario si ocurre un error en el archivo de carga, o si los datos que se ingresaron no corresponden.

Requerimientos No Funcionales	
Numero	Descripción
RNF1	Para el desarrollo del sistema será utilizado como estándar la tecnología J2EE para el desarrollo de aplicaciones Web en java con metodología Faces
RNF2	El sistema debe funcionar sobre un ambiente web, donde las interfaces tienen que estar implementadas para Internet Explorer v6.0 o mayor o para Firefox 2.0 o mayor.
RNF3	El sistema debe utilizar la base de datos de Oracle propia de la aplicación para la gestión de la información y usuarios, y la base de datos MySQL de BMS.
RNF4	El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente
RNF5	El sistema debe cargar en el menú principal y mostrar en todo momento el nombre de usuario que inicio una sesión.