



**Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”
CUJAE
Facultad de Ingeniería Informática
Filial Universitaria Diez de Octubre**

**“SISTEMA INFORMÁTICO PARA PLANIFICAR EL
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS DE
PRODUCCIÓN EN EL CENTRO DE INMUNOLOGÍA
MOLECULAR”**

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autor: Lianna Martínez Pi

Tutor: Ing. Juan Ignacio Morales Pestana

Centro: Centro de Inmunología Molecular

**La Habana, Cuba
Junio 2019**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Centro de Inmunología Molecular y a la Facultad de Ingeniería informática de la Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echavarría" (CUJAE), para que hagan el uso que estimen conveniente con este trabajo.

Para que así conste firmo la presente a los 6 días del mes de junio de 2019.



Lianna Martínez Pi

Autor



Ing. Juan Ignacio Morales Pestana

Tutor

OPINIÓN DEL USUARIO DEL TRABAJO DE DIPLOMA

El trabajo de Diploma, titulado "Mantcim: Sistema informático para la gestión del Mantenimiento Preventivo de los equipos de Producción en el Centro de Inmunología Molecular" fue realizado en nuestra entidad Centro de Inmunología Molecular. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado le satisface:


- ☒ Totalmente
- ☐ Parcialmente en un ____%

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a esta entidad los siguientes beneficios:

- Agilizará el proceso de la planificación del mantenimiento preventivo de los equipos de Producción.
- Centralización de toda la información referente a la planificación y ejecución de las intervenciones preventivas de los equipos.
- Se logrará un rápido acceso a toda la información almacenada.
- Los usuarios del sistema podrán realizar búsquedas a través de los reportes estadísticos que brindará la aplicación.
- Supone una vía de interacción constante con las Áreas Productivas.
- Disminuirá la carga de trabajo del personal involucrado.

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a \$10914 CUP.

Y para que así conste, se firma la presente a los 5 días del mes de Junio del año 2019.



Ramses Menéndez Lescano
Director de Ingeniería



OPINIÓN DEL TUTOR

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por estar siempre a mi lado, apoyándome, malcriándome pero también guiándome para que cada día fuera una mejor persona

A mis abuelos que siempre han sido, son y serán los mejores abuelos del mundo, sé que van estar muy contentos y orgullosos de mí cuando al fin pueda enseñarles mi título.

Al “Love de mi Life”, por tantos consejos, tantos regaños y tanto apoyo que me has dado en todos estos años de carrera, pero sobre todo en esta última etapa...este título también es tuyo....

A mi tía que desde lejos siempre ha estado muy pendiente y loca porque me acabara de graduar!!!!

A mis compañeras de la oficina, pero en especial a Indira, por su ayuda y porque es mi amiga y ya está...

A mis compañeros de la escuela, pero en especial “al piquete”, por tantos buenos momentos compartidos, por esos almuerzos que no queríamos que se acabaran y porque sé que una de las cosas que más voy a extrañar va a ser pasar tiempo con ustedes.

A mi tutor que, aunque poco tiempo tuvimos para trabajar, me ha ayudado inmensamente (ojalá me lo hubieran asignado mucho antes), muchas gracias profe!!!!

Al profesor Juan Luis, por su ayuda y sus consejos.

A cada persona que aportó su granito de arena para que este sueño hoy fuera una realidad.....A todos y cada uno de ustedes....Muchas gracias!!!!

Yo.

DEDICATORIA

Con todo mi corazón, a mis padres, mis abuelos y mi Tito.

Resumen

El Centro de Inmunología Molecular (CIM) tiene como misión obtener y producir nuevos biofármacos destinados al tratamiento del cáncer y otras enfermedades crónicas, no transmisibles, e introducirlos en la salud pública cubana [1]. Dicho centro se encuentra estructurado por varias direcciones entre las que se encuentra la dirección de Ingeniería encargada de la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo de los equipos de Producción.

Para llevar a cabo la gestión de esta actividad se utiliza el sistema informático de mantenimiento SGESTMAN donde se generan (una a una) las órdenes de trabajo y un libro Excel donde se planifica y se realizan los cambios siempre que una intervención no se pueda realizar. Cabe mencionar que cada vez que se realiza algún cambio en el ciclo de mantenimiento de un equipo determinado, puede ocurrir que actividades importantes como mantenimientos medianos y mantenimientos generales se solapen, por lo que hay que tener sumo cuidado al realizar esta acción.

El presente trabajo propone implementar un sistema informático que permita gestionar el mantenimiento preventivo de los equipos, donde se evidencie una mayor interacción entre las plantas productivas y el área de Ingeniería. La aplicación debe ser capaz de llevar un estado actualizado de la actividad y del régimen de trabajo de cada equipo, facilitando luego el trabajo de los especialistas cuando deban realizar un mantenimiento preventivo, pues conocerán cuando el equipo esté siendo usado por Producción. Toda la información referente a la actividad preventiva se procesará mediante la aplicación, la cual también realizará cambios en las planificaciones y se podrán consultar informes referentes al mantenimiento preventivo.

Palabras claves

Centro de Inmunología Molecular, ciclos de mantenimiento preventivo, plan de mantenimiento preventivo, Procedimiento Normalizado de Operación (PNO).

Abstract

The Center for Molecular Immunology (CIM) has as its mission to obtain and produce new biopharmaceuticals for the treatment of cancer and other chronic, non-communicable diseases, and to introduce them to Cuban public health. This center is structured by several directions, among which is the Engineering Directorate responsible for the planning and execution of the preventive maintenance of the Production teams.

To carry out the management of this activity, the SGESTMAN maintenance system is used, where work orders are generated (one by one) and an Excel book where changes are planned and made whenever an intervention can not be carried out. It should be mentioned that every time a change is made in the maintenance cycle of a specific equipment, it can happen that important activities such as medium maintenance and general maintenance overlap, so we must be very careful when performing this action.

The present work proposes to implement a computer system that allows to manage the preventive maintenance of the equipment, where a greater interaction between the productive plants and the Engineering area is evidenced. The application must be able to keep an updated status of the activity and the working regime of each team, facilitating then the work of the specialists when they must perform a preventive maintenance, as they will know when the equipment is being used by Production. All the information regarding the preventive activity will be processed by the application, which will also make changes in the plans and you can consult reports regarding preventive maintenance.

Keywords

Molecular Immunology Center, Normalized Operation Procedure (PNO), preventive maintenance cycles, preventive maintenance plan.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1 Fundamentos teóricos	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos estratégicos de la organización	6
1.3 Historia y evolución del mantenimiento	7
1.4 Flujo actual de los procesos	8
1.5 Análisis crítico de la ejecución de los procesos	9
1.6 Procesos objetos de automatización	10
1.7 Sistemas automatizados existentes vinculados al campo de acción	11
1.8 Tendencias y tecnologías actuales	13
1.8.1 UML	13
1.8.2 Aplicación <i>Web</i>	14
1.8.3 Metodologías de Desarrollo	14
1.8.4 Herramientas CASE	16
1.8.5 Lenguaje de programación	17
1.8.6 Marco de trabajo (<i>Framework</i>)	18
1.8.7 Gestores de Bases de Datos	19
1.9 Análisis crítico de las fuentes y bibliografías utilizadas	20
1.10 Conclusiones parciales	21
Capítulo 2 Modelo del negocio	22
2.1 Introducción	22
2.2 Modelo del negocio actual	22
2.3 Reglas del negocio a considerar	24
2.4 Actores del negocio	25
2.5 Diagrama del caso de uso del negocio	26
2.6 Trabajadores del negocio	26
2.6.1 Caso de uso: "Solicitar mantenimiento preventivo a un equipo nuevo"	28
2.6.2 Caso de uso: "Planificar mantenimiento preventivo"	29
2.6.3 Caso de uso: "Solicitar mantenimiento preventivo anual"	30
2.6.4 Caso de uso: "Ejecutar plan de mantenimiento"	31
2.6.5 Caso de uso: "Solicitar piezas de repuesto"	32
2.7 Descripción de las entidades del negocio	33
2.8 Modelo de objetos	34
2.9 Conclusiones parciales	34
Capítulo 3 Requisitos	35
3.1 Introducción	35
3.2 Actores del sistema a informatizar	35
3.3 Jerarquía de Actores	36
3.4 Definición de los requisitos funcionales	36

3.5 Paquetes y sus relaciones	38
3.6 Diagramas de casos de uso del sistema a informatizar	39
3.7 Descripción de casos de uso del sistema a informatizar	41
3.7.1 Descripción del caso de uso: Autenticar usuario	41
3.7.2 Descripción del caso de uso: Cambiar contraseñas	42
3.7.3 Descripción del caso de uso: Añadir usuarios	42
3.7.4 Descripción del caso de uso: Modificar usuarios	42
3.7.5 Descripción del caso de uso: Supervisar las trazas.....	42
3.7.6 Descripción del caso de uso: Salvar la base de datos	43
3.7.7 Descripción del caso de uso: Gestionar Tipos de Equipos.....	43
3.7.8 Descripción del caso de uso: Gestionar Mantenimientos Requeridos.....	43
3.7.9 Descripción del caso de uso: Asociar piezas a mantenimientos	43
3.7.10 Descripción del caso de uso: Gestionar equipos	44
3.7.11 Descripción del caso de uso: Generar los PNO.....	44
3.7.12 Descripción del caso de uso: Gestionar Planes de Áreas	44
3.7.13 Realizar cambios en planes de mantenimientos.....	44
3.7.14 Descripción del caso de uso: Generar OT	45
3.7.15 Descripción del caso de uso: Asignar OT a especialistas	45
3.7.16 Descripción del caso de uso: Notificaciones de OT	45
3.7.17 Descripción del caso de uso: Reportar piezas utilizadas en el mantenimiento	46
3.7.18 Descripción del caso de uso: Cerrar OT	46
3.7.19 Registrar el cumplimiento del mantenimiento	46
3.7.20 Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual	46
3.7.21 Cancelar OT	47
3.7.22 Actualizar piezas de repuesto	47
3.7.23 Visualizar reportes asociados a los equipos	47
3.7.24 Visualizar reportes asociados a los mantenimientos	48
3.7.25 Gestionar Nomencladores.....	48
3.8 Definición de los requisitos no funcionales del sistema	48
3.9 Conclusiones parciales	49
Capítulo 4 Descripción de la solución propuesta	50
4.1 Introducción	50
4.2 Diagrama de clases de diseño	50
4.3 Diseño de la Base de Datos	54
4.4 Principio de Diseño.....	55
4.4.1 Diagrama de Estructuración en Capas basado en Responsabilidad.....	55
4.4.2 Patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador	57
4.4.3 Interfaz de usuario.....	58
4.4.4 Formato de salida de los reportes.....	59
4.5 Tratamiento de Errores	60

4.6 Diagrama de despliegue	61
4.7 Mecanismo de Acceso a Datos.....	62
4.9 Conclusiones parciales	63
Capítulo 5 Validación y factibilidad de la solución propuesta	64
5.1 Introducción	64
5.2 Tipos de pruebas ejecutadas y justificación de la selección.....	64
5.3 Diseño de los casos de prueba	65
5.4 Resultados de las pruebas	69
5.4 Beneficios tangibles e intangibles	70
5.5 Conclusiones parciales	71
Conclusiones Generales	72
Recomendaciones.....	73
Referencias bibliográficas	74
Glosario de siglas y términos	76

Índice de Tablas

Tabla 1-1 Comparativa de las Metodologías de Desarrollo	15
Tabla 1-2 Comparativa de las Herramientas CASE	16
Tabla 1-3 Comparativa de los Lenguajes de Programación	17
Tabla 2-1 Descripción de los actores del negocio	25
Tabla 2-2 Descripción de trabajadores del negocio	26
Tabla 2-3 Descripción de las entidades del negocio	33
Tabla 3-1 Descripción de los actores del sistema a informatizar	35
Tabla 3-2 Descripción del caso de uso: Autenticar usuario	41
Tabla 3-3 Descripción del caso de uso: Cambiar contraseñas	42
Tabla 3-4 Descripción del caso de uso: Añadir usuarios	42
Tabla 3-5 Descripción del caso de uso: Modificar usuarios	42
Tabla 3-6 Descripción del caso de uso: Supervisar las trazas	42
Tabla 3-7 Descripción del caso de uso: Salvar la base de datos	43
Tabla 3-8 Descripción del caso de uso: Gestionar Tipos de Equipos	43
Tabla 3-9 Descripción del caso de uso: Gestionar Mantenimientos Requeridos	43
Tabla 3-10 Descripción del caso de uso: Asociar piezas a mantenimientos	43
Tabla 3-11 Descripción del caso de uso: Gestionar equipos	44
Tabla 3-12 Descripción del caso de uso: Generar los PNO	44
Tabla 3-13 Descripción del caso de uso: Gestionar Planes de Áreas	44
Tabla 3-14 Descripción del caso de uso: Realizar cambios en planes de mantenimientos	44
Tabla 3-15 Descripción del caso de uso: Generar OT	45
Tabla 3-16 Descripción del caso de uso: Asignar OT a especialistas	45
Tabla 3-17 Descripción del caso de uso: Notificaciones de OT	45
Tabla 3-18 Descripción del caso de uso: Reportar piezas utilizadas en el mantenimiento	46
Tabla 3-19 Descripción del caso de uso: Cerrar OT	46
Tabla 3-20 Descripción del caso de uso: Registrar el cumplimiento del mantenimiento	46
Tabla 3-21 Descripción del caso de uso: Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual	46
Tabla 3-22 Descripción del caso de uso: Cancelar OT	47
Tabla 3-23 Descripción del caso de uso: Actualizar piezas de repuesto	47
Tabla 3-24 Descripción del caso de uso: Visualizar reportes asociados a los equipos	47
Tabla 3-25 Descripción del caso de uso: Visualizar reportes asociados a los mantenimientos	48
Tabla 3-26 Descripción del caso de uso: Gestionar Nomencladores	48
Tabla 5-1 Escenario de prueba: Adicionar Área	66
Tabla 5-2 Tabla Descripción de la variable: Escenario de Prueba- Adicionar Área	66
Tabla 5-3 Tabla Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Adicionar Área	66
Tabla 5-4 Escenario de prueba 2: Adicionar Tipo de Equipo	67
Tabla 5-5 Descripción de la variable: Escenario de Prueba- Adicionar Tipo de Equipo	67

Tabla 5-6 Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Adicionar Tipo de Equipo.....	67
Tabla 5-7 Escenario de prueba 3: Insertar equipo.....	68
Tabla 5-8 Descripción de las variables: Escenario de Prueba- Insertar equipo	69
Tabla 5-9 Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Insertar equipo	69
Tabla 5-10 Valor monetario del software	70

Índice de Figuras

Fig. 1-1 Documento por el cual se planifica el mantenimiento preventivo anual en el Centro de Inmunología Molecular	10
Fig. 2-1 Diagrama de Casos de Uso del Negocio.....	26
Fig. 2-2 Diagrama de actividades: “Solicitar mantenimiento preventivo a un equipo nuevo”	28
Fig. 2-3 Diagrama de actividades “Planificar mantenimiento preventivo”	29
Fig. 2-4 Diagrama de actividades: “Solicitar mantenimiento preventivo anual”	30
Fig. 2-5 Diagrama de actividades “Ejecutar plan de mantenimiento”	31
Fig. 2-6 Diagrama de actividades “Solicitar piezas de repuesto”.....	32
Fig. 2-7 Modelo de objetos.....	34
Fig. 3-1Jerarquía de Actores.....	36
Fig. 3-2 Diagrama de Paquetes y sus relaciones	38
Fig. 3-3 Diagrama del Caso de Uso del paquete Seguridad	39
Fig. 3-4 Diagrama del Caso de Uso del Paquete Gestión General	40
Fig. 3-5 Diagrama del Caso de Uso del Paquete Gestión del Proceso	40
Fig. 3-6 Diagrama del Caso de Uso del Paquete de reportes	41
Fig. 4-1 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Reportes	50
Fig. 4-2 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Seguridad	51
Fig. 4-3 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Gestión del Proceso	52
Fig. 4-4 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Gestión General	53
Fig. 4-5 Diagrama físico de la Base de Datos.....	54
Fig. 4-6 Diagrama Lógico de la Base de Datos	55
Fig. 4-7Diagrama de estructuración en capas	56
Fig. 4-8 Funcionamiento del patrón MVC (Modelo- Vista- Controlador).....	57
Fig. 4-9 Pantalla de autenticación de usuario	59
Fig. 4-10 Formato de salida de reportes	60
Fig. 4-11 Tratamiento de Errores	61
Fig. 4-12 Diagrama de Despliegue.....	62

Introducción

Antecedentes

El Centro de Inmunología Molecular (CIM) es una institución biotecnológica cubana de ciclo cerrado (investigación-desarrollo, producción, comercialización), que, a partir del cultivo de células superiores, orienta su investigación básica, desarrollo y fabricación de productos al tratamiento del cáncer y otras enfermedades autoinmunes. Actualmente se subordina a la Organización Superior de Dirección Empresarial (OSDE) BIOCUBAFARMA [2].

Este centro se encuentra estructurado por varias direcciones y estas, a su vez, divididas por tres plantas productivas: EPOVAC, ANTYTER e INIM donde se encuentran los equipos que son atendidos por la dirección de Ingeniería la cual se encuentra dividida por tres departamentos que les brindan servicios a estas tres plantas.

Cada año se confecciona el plan anual de mantenimiento preventivo, donde a cada equipo se le planifican las intervenciones mecánicas y automáticas que debe recibir durante todo un año. Estas intervenciones se clasifican en Revisión, Mantenimiento Mediano y Mantenimiento General y cada una de ellas tiene establecida la cantidad de horas que se le debe dedicar a cada actividad. Todo esto está reflejado en los PNO que son documentos confeccionados por los especialistas responsables de cada equipo. Estos PNO se redactan a partir del manual que ofrece el fabricante, donde el especialista, de acuerdo a su experiencia y ritmo de trabajo que tiene cada equipo, confecciona ciclos de mantenimientos preventivos, establece las duraciones de cada intervención y las piezas de repuesto que se deberían cambiar en cada una de ellas. Cabe mencionar que cada tipo de equipo presenta un PNO y de acuerdo a la planta a la que pertenezca, y a su nivel de explotación, pueden variar en cuanto a los ciclos de mantenimientos.

Para confeccionar el Plan anual se utiliza un libro Excel donde se tienen en cuenta las intervenciones que el equipo recibió el año anterior (en caso de que no sea nuevo), se deben consultar los PNO de cada equipo para establecer los ciclos de mantenimiento y consultar la planificación de Producción, pero, al no

existir un marco de trabajo (aplicación) en común con la dirección de Producción, lo antes mencionado en la mayoría de las ocasiones no se cumple correctamente, lo que trae consigo que muchas veces las intervenciones preventivas no se puedan ejecutar debido a que coincide con la demanda productiva de ese momento.

Situación problemática

En la actualidad, para planificar las intervenciones preventivas que deben recibir los equipos durante todo el año, no se tiene en cuenta las necesidades de cada área en cuanto a su plan productivo, lo que provoca que las intervenciones planificadas muchas veces coincidan con actividades productivas. Esto trae consigo que esos mantenimientos no se puedan ejecutar. Cabe mencionar que cuando un equipo no recibe las acciones preventivas planificadas se produce un incremento en los fallos del mismo y por consiguiente una disminución del tiempo medio entre fallos¹. Situación que en numerosas ocasiones provoca grandes daños económicos a la entidad pues al no tener funcionando determinados equipos que son imprescindibles para la producción, no se puede cumplir con el plan productivo y muchas veces los servicios que se requieren, deben ser contratados por terceros.

Para generar las órdenes de trabajo se utiliza el programa SGESTMAN. Este cuenta con un módulo de preventivo que no se puede utilizar debido a la estructura organizativa que presenta la dirección de Ingeniería, pues el sistema no permite establecer diferentes ciclos de mantenimiento para equipos de un mismo tipo. Lo que trae consigo que los gestores de la oficina técnica para planificar los mantenimientos preventivos deban trabajar en paralelo con una hoja de cálculo Excel y los documentos de los PNO. Por tanto, no se pueden consultar los informes requeridos del estado de la actividad en general, la información no se encuentra centralizada y no se puede garantizar su seguridad y validez.

¹ Tiempo medio entre fallos: Es el tiempo promedio entre fallas para un sistema reparable con una tasa constante de fallas. Mientras más alto sea, más confiable será el producto.

Problema

¿Cómo planificar el mantenimiento preventivo de los equipos de Producción en el Centro de Inmunología Molecular?

Objeto de estudio

El objeto de estudio constará de dos escenarios, el primero el escenario del cliente/ usuario donde se analizarán todos los manuales, procedimientos y normas, así como también los sistemas nacionales e internacionales relacionados con la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones productivas. El segundo escenario es el de la informática donde se realizará un estudio de las tecnologías actuales para el desarrollo de aplicaciones web.

Campo de acción

Igualmente constará de dos escenarios, en el del cliente/ usuario se enmarcarán los procesos relacionados con la gestión de la información referente a la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo utilizada por los trabajadores de la dirección de Ingeniería del Centro de Inmunología Molecular. En el escenario de la informática se define el estudio de herramientas CASE, sistemas gestores de Bases de Datos, Lenguajes de Programación y Marcos de Trabajo (*Framework*).

Objetivo General

Desarrollar un sistema informático que permita planificar adecuadamente el mantenimiento preventivo de los equipos de Producción en el Centro de Inmunología Molecular.

Objetivos específicos

1. Analizar los procesos del negocio relacionados con la gestión y planificación del mantenimiento preventivo.

Tareas

- ✓ Recopilar toda la documentación vinculada a los procedimientos asociados con el mantenimiento preventivo.
- ✓ Entrevistar a los especialistas y técnicos de la dirección de Ingeniería que intervienen en el proceso de gestión y ejecución del

mantenimiento preventivo y conocer las principales actividades que se desarrollan en este.

- ✓ Seleccionar la información de mayor importancia para el desarrollo de este trabajo.
- ✓ Seleccionar las herramientas y tecnologías apropiadas para el desarrollo de la aplicación.

2. Modelar la aplicación utilizando el Lenguaje de Modelado Unificado y el Proceso Unificado de Desarrollo de Software.

Tareas

- ✓ Identificar los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación.
- ✓ Identificar las reglas del negocio a considerar.
- ✓ Diseñar los diagramas de casos de uso del negocio y del sistema.
- ✓ Realizar los diagramas de actividades para una mejor comprensión del funcionamiento de los procesos objetos a informatización.

3. Diseñar e implementar el sistema informático en el Centro de Inmunología Molecular.

Tareas

- ✓ Identificar los procesos que serán informatizados con la aplicación.
- ✓ Crear un prototipo de interfaz de usuario amigable que permita una fácil interacción con el sistema.
- ✓ Diseñar la base de datos capaz de almacenar de manera persistente toda la información necesaria para garantizar el manejo de todos los conceptos involucrados.
- ✓ Implementar los paquetes y subsistema requeridos para dar solución óptima a los problemas planteados.
- ✓ Implementar los mecanismos de seguridad para garantizar el acceso a la información correspondiente de cada uno de los roles diseñados.
- ✓ Implementar los mecanismos de gestión de la información que permitan dar solución a los requisitos funcionales planteados por la entidad.
- ✓ Diseñar y programar los reportes.

4. Probar las funcionalidades del sistema.

Tareas

- ✓ Diseñar los casos de uso de pruebas (Pruebas de caja negra).
- ✓ Determinar y eliminar los posibles errores de la aplicación.
- ✓ Análisis y conclusión de los resultados obtenidos.

Métodos investigativos utilizados

Empíricos:

- ✓ Entrevista: Con las entrevistas realizadas se analizó el flujo de los procesos actuales permitiendo identificar los principales requerimientos de los usuarios.
- ✓ Observación: Permitió analizar a fondo todo el flujo de los procesos que se desarrollan en la Dirección de Ingeniería llegándose a identificar cuáles son las causas y condiciones de la entidad objeto de estudio.

Valor Práctico

El presente trabajo aportará un sistema que permitirá un mejor procesamiento de la información en cuanto a organización, centralización y obtención de los resultados. El sistema reducirá el trabajo manual y los errores que esto trae consigo. Se podrán generar reportes asociados a la gestión del mantenimiento de manera rápida. Permitirá una vía de interacción con la Dirección de Producción para tener en cuenta sus planes productivos y planificar entonces todas las intervenciones preventivas de forma tal que no coincidan con las actividades productivas.

Capítulo 1 Fundamentos teóricos

1.1 Introducción

A lo largo de este capítulo, se describen los fundamentos teóricos de la investigación. Se exponen las características de la entidad y se realiza un análisis crítico de los procesos actuales, para así identificar las principales causas que provocan la situación problemática, evaluándose la necesidad de realización del proyecto. Además, se presenta un estudio sobre los sistemas existentes vinculados al campo de acción y de las herramientas y tecnologías actuales a emplear.

1.2 Objetivos estratégicos de la organización

Desde los años 80, en Cuba, se han desarrollado políticas efectivas y sostenidas para avanzar en el campo de la biotecnología con énfasis en el área de la salud (producción de medicamentos, vacunas, compuestos monoclonales, entre otros). Este proceso estuvo orientado a satisfacer necesidades del sistema de salud y generar productos de alto valor agregado que puedan competir en la economía globalizada [3].

El Centro de Inmunología Molecular tiene como misión: “Obtener y producir nuevos biofármacos destinados al tratamiento del cáncer y otras enfermedades crónicas no transmisibles e introducirlos en la salud pública cubana” y así mismo tiene como visión: “Ser la empresa de América Latina y el Caribe con mayor impacto en la supervivencia del cáncer y otras enfermedades crónicas no transmisibles y con alta responsabilidad empresarial respecto a la economía del país y sus grupos de interés” [4].

Objetivos estratégicos

1. Cumplir con los indicadores directivos del Plan de la Economía y Producción planificados para el año natural 2019.
2. Lograr el registro de productos biológicos de alto estándar.
3. Implementar estrategia de ensayos clínicos dentro y fuera de Cuba que permita satisfacer las demandas sanitarias de los destinos comerciales.
4. Lograr resultados satisfactorios en las inspecciones externas programadas.

5. Perfeccionar subsistemas de Gestión y Dirección Empresarial reconocidos en el D-281 de 2007.
6. Continuar el desarrollo de negocios centrados en la constitución de empresas mixtas que tributen a la necesaria expansión de los productos del CIM redundando en beneficios económicos ciertos para el país [5].

1.3 Historia y evolución del mantenimiento

La historia del mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones. Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción. Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos y a raíz de las nuevas formas de organización del trabajo, la función de mantenimiento adquiere especialización y autonomía propia, es entonces cuando aparece la administración, dirección y control de los sistemas mecánicos y eléctricos mediante programas de mantenimiento preventivo como una necesidad ante la exigencia de disponibilidad que manifestaba la industria de proceso continuo [6].

¿Qué es Mantenimiento Preventivo?

Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes [7].

Pasos para un efectivo mantenimiento preventivo

1.- Seleccionar las metas y objetivos para determinar exactamente qué es lo que se quiere obtener del programa.

Ejemplo:

- ✓ Incrementar la disponibilidad de los equipos en un 60%.
- ✓ Reducir las fallas en un 70%.
- ✓ Mejorar la utilización de la M. O. (Mano de obra) en un 30%.

2.- Establecer los requerimientos para el mantenimiento preventivo para determinar cuál es la maquinaria y equipo más crítico en la planta. Para ello es esencial acudir a los clientes (producción, cabezas de departamento, etc). El programa de mantenimiento preventivo debe ser un "sistema activo", donde participen todos los departamentos.

3.- Establecer los pasos del mantenimiento preventivo comenzando por la consulta de los equipos a incluir que deben estar en el listado de equipos. Determinar una tabla de criterios (frecuencias de mantenimiento preventivo) que indique al sistema con qué frecuencia debe de generar las órdenes de trabajo y por último planificar el uso de materiales a utilizar y enlazarlos al programa de Mantenimiento Preventivo (MP) [7].

1.4 Flujo actual de los procesos

En el Centro de Inmunología Molecular, el mantenimiento de los equipos productivos queda a cargo de la dirección de Ingeniería que es la encargada de planificar las intervenciones y ejecutarlas.

Para la gestión de la información relativa a dicha actividad se utiliza el sistema de mantenimiento Sgestman y se trabaja en paralelo con un documento Excel, donde se planifica y se hacen reajustes al plan de mantenimiento preventivo anual que deben recibir los equipos productivos.

Cuando se planifica el mantenimiento anual de un equipo, en el caso que sea nuevo, se introducen todos los datos (Marca, Modelo, ubicación) en el sistema Sgestman y se confecciona el Procedimiento Normalizado de Operación (PNO) donde se refleja una pequeña descripción de la funcionalidad del equipo y se establecen los ciclos de mantenimiento preventivo, la duración de cada intervención, así como las piezas de repuesto que se deberían cambiar en cada intervención (Estos ciclos de mantenimiento pueden variar según la planta a la que pertenezca cada equipo y su régimen de trabajo, por eso existen equipos de un mismo tipo con ciclos de mantenimiento diferentes). Cabe mencionar que estos PNO incluyen las intervenciones tanto automáticas como mecánicas y que una vez confeccionados son enviados al departamento de Control de la Calidad para su aprobación. En el caso en que el equipo no es nuevo, se revisan las intervenciones que el equipo recibió el año anterior y los ciclos de

mantenimientos establecidos por PNO y a partir de esto se confecciona el plan. Una vez terminado este proceso el plan anual se imprime y es firmado por cada una de las personas involucradas con el proceso (Director de Ingeniería, Director de cada planta) y luego es archivado por el departamento de Control de la Calidad.

Cada mes el gestor de la Oficina Técnica recibe por parte del Director de Ingeniería la lista de las órdenes que debe generar para dar cumplimiento a las intervenciones planificadas para cada equipo. Una vez confeccionadas las órdenes de trabajo, son entregadas a cada especialista para que las ejecute. En el caso de que, debido a cuestiones de producción o rotura del equipo, no se pueda ejecutar un mantenimiento preventivo, el especialista debe entregar esa orden en la Oficina Técnica para posponer dicha intervención y reajustar el ciclo de mantenimiento del equipo. En el caso de que se pueda ejecutar el mantenimiento, una vez finalizado, el especialista entrega la orden de trabajo en la Oficina Técnica para que pase al estado de cerrada en el sistema y posteriormente archivada.

1.5 Análisis crítico de la ejecución de los procesos

Actualmente el sistema que se utiliza Sgestman no es flexible a la hora de establecer diferentes ciclos de mantenimientos para equipos de un mismo tipo, lo que imposibilita utilizar el módulo de mantenimiento preventivo y las órdenes de trabajo no se pueden generar automáticamente.

Cuando se confecciona el plan anual de mantenimiento no se tienen en cuenta los planes productivos, trayendo como consecuencia que muchas veces estas intervenciones preventivas deban ser canceladas pues coinciden con actividades productivas. Cuando esto ocurre, hay que modificar todo el ciclo de mantenimiento y al no contar con un sistema centralizado que lleve el control de las planificaciones, muchas veces se incurren en errores humanos, por tanto, no se puede garantizar la seguridad y validez de la información.

Además, no se lleva el control de las piezas de repuesto que se deberían cambiar en cada mantenimiento, por tanto, no se cumple con lo establecido en los PNO.

Plan de Mantenimiento Preventivo 2019 [solo lectura] - Excel (Error de activación de productos)

ARCHIVO

INICIO

INSERTAR

DISÑO DE PÁGINA

FÓRMULAS

DATOS

REVISAR

VISTA

Calibri

10

A

A

General

Formato condicional

Dar formato como tabla

Estilos de celda

Insertar

Eliminar

Formato

Ordenar y filtrar

Buscar y seleccionar

Modificar

Portapapeles

H1

Lianna martinez

	B	D	F	G	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	
1					EPOVAC																								
2					Cumplimiento Real del Mantenimiento Preventivo 2019																								
3	Nombre del Equipo	Código	PNO Automática	Fecha aprobado	PNO Mecánica	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	noviembre	Diciembre												
4						Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.	Aut.	Mec.
5																													
6																													
7	Autoclave DELAMA	ACDELA05	E PNO-0076	27/09/2015	E PNO-0076		RE	RE						RE	RE														
8			E LCH-0196	27/09/2015	E LCH-0194																								
9																													
10	Autoclave	ACDELA06	E PNO-0076	27/09/2015	E PNO-0076		RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	
11			E LCH-0196	27/09/2015	E LCH-0194																								
12																													
13	Autoclave	ACDELA07	E PNO-0076	27/09/2015	E PNO-0076								RE	RE															
14			G3 LCH-0072	27/09/2015	E LCH-0194																								
15																													
16	Autoclave	ACOLSA02	E PNO-0076	27/09/2015	E PNO-0076																								
17			E LCH-0190	27/09/2015	E LCH-0189					RE	RE																		
18																													
19	Autoclave	AC21RB03	E PNO-0076	27/09/2015	E PNO-0076																								
20			E LCH-0193	27/09/2015	E LCH-0192																								
21																													
22	Agitador Mecánico	AGRW4702			E PNO-0089 V00	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	RE	MG	
23					ELCH-0206 V00																								
24																													
25	Balanza Analítica	BA20S01	G3 PNO-0084 V02	15/01/2018									RE																
26			G3 LCH-0098 V02	15/01/2018																									
27																													
28	Balanza Analítica	BAPREC01	G3 PNO-0084 V02	15/01/2018																									
29			G3 LCH-0098 V02	15/01/2018																									
30																													
31	Balanza	BTSAPT33	G3 PNO-0084 V02	15/01/2018									RE																

plan2019ordenado

LISTO

PROMEDIO: 42763.34809

RECUTENO: 657

SUMA: 28009993

70 %

Fig. 1-1 Documento por el cual se planifica el mantenimiento preventivo anual en el Centro de Inmunología Molecular

1.6 Procesos objetos de automatización

Los procesos objetos de la informatización son los siguientes:

- ✓ Gestión de la información referente a los PNO para que el sistema pueda generarlos automáticamente.
- ✓ Gestión de la información referente a los planes productivos de las áreas para que no interfieran con la ejecución del mantenimiento preventivo de los equipos
- ✓ Gestión de la planificación del mantenimiento preventivo de cada equipo.

1.7 Sistemas automatizados existentes vinculados al campo de acción

Como resultado de la búsqueda de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo se exponen aquellos que tienen un fin similar al campo de acción:

Internacionales

RENOVEFREE (Versión DEMO) es un *software* que busca la sencillez de manejo, es muy intuitivo y fácil de manejar, lo que representa una gran ventaja respecto a cualquier otro *software* de mantenimiento [8].

Ventajas:

- ✓ Gestión de activos, con su árbol jerárquico.
- ✓ Gestión de personal, usuarios de la aplicación y privilegios de acceso.
- ✓ Gestión del mantenimiento programado.
- ✓ Gestión de órdenes de trabajo (OT)
- ✓ Gestión de compras, repuestos y almacenes.

Desventajas:

- ✓ No es posible realizar copias de seguridad.
- ✓ No es posible la conexión en red.
- ✓ No existe actualización para esta versión
- ✓ No permite gestionar varias plantas simultáneamente

RENOVEFREE (Versión PRO) la versión profesional incluye todas las características de la versión básica, más una serie de funcionalidades adicionales que resultan de utilidad cuando se pretende hacer un uso profesional del programa, para una instalación real y compleja [8].

Ventajas:

- ✓ Funciona en red (intranet) en arquitectura cliente-servidor.
- ✓ Permite imprimir las órdenes de trabajo.
- ✓ Incluye la generación automática de informes y el cálculo de indicadores.
- ✓ Incluye la gestión de repuestos, almacenes, proveedores y compras.

Desventajas:

- ✓ Tiene un costo inicial de 1950 € sin incluir impuestos.
- ✓ El costo de las actualizaciones es de 495 € por año.
- ✓ Solo permite hasta 5 usuarios conectados simultáneamente.

- ✓ No permite gestionar varias plantas simultáneamente.

Nacionales

SGestMan es una tecnología integral de gestión de mantenimiento aplicable a cualquier sector de la economía con prestaciones que abarcan el control y la organización de la actividad de mantenimiento. Diseñado para reducir costos de mantenimiento, a partir de una correcta estrategia de mantenimiento preventivo planificado. Cuenta con 11 módulos de trabajo, los cuales recogen y procesan toda la información que se utiliza en la empresa, por este concepto [10].

Ventajas:

- ✓ Gestión de órdenes de servicios.
- ✓ Permite reducir índices de fallas y averías.
- ✓ Permite el trabajo en red.
- ✓ Gestión del patrimonio de la empresa.

Desventajas:

- ✓ No permite la configuración personalizada del módulo de mantenimiento preventivo.
- ✓ No tiene implementado las funcionalidades para generar automáticamente los códigos de los equipos.

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, Facultad de Ingeniería Informática, Filial Ciencias Técnicas “10 de Octubre”:

- ✓ Javier Aramís Coro Morales, febrero, 2015. “GMI: Sistema informático para la Gestión de Mantenimiento Integral de equipos industriales”. Se basa en el desarrollo de una aplicación de escritorio que sea utilizada por un número reducido de personas y tiene como propósito gestionar los mantenimientos [11].

Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, Facultad de Ingeniería Informática, Filial Ciencias Técnicas “10 de Octubre”:

- ✓ Enrique Santiago Moreno Mouriz, febrero, 2018. “SIGMEM: Sistema de gestión de mantenimiento de equipos de electromedicina para el laboratorio del Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y

Microbiología de Guanabacoa (CMHEM GBCOA). Se basa en el desarrollo de una aplicación *Web* que gestiona tanto los mantenimientos correctivos como los planificados, además gestiona todos los equipos asociados al sistema y los reportes correspondientes que se deriven del desarrollo de las actividades [12].

Luego de haber analizado las herramientas actuales existentes en el mercado, se puede resumir que, aunque existen varias herramientas disponibles, no son totalmente configurables a las necesidades del centro, sin dejar de mencionar, en el caso de los internacionales, el alto costo de adquisición y mantenimiento que presentan y según las perspectivas de Cuba se hace necesario la reducción y eliminación de la contratación de *softwares* extranjeros.

En el caso de las herramientas nacionales, el SGestman, a pesar de ser un potente sistema gestor de mantenimiento, no se adapta a una de las necesidades principales que se presenta en el Centro de Inmunología Molecular, como es, planificar de forma automática el mantenimiento preventivo teniendo en cuenta la planificación de producción y en el caso de los Trabajos de Diploma tampoco se adaptan a las necesidades planteadas.

1.8 Tendencias y tecnologías actuales

1.8.1 UML

El UML (Lenguaje de Modelado Unificado) es una técnica de modelado de objetos y como tal supone una abstracción de un sistema para llegar a construirlo en términos concretos. El modelado no es más que la construcción de un modelo a partir de una especificación.

Recomienda utilizar los procesos que otras metodologías tienen definidos. Una parte del UML detalla, entonces, una abstracción con significado de un lenguaje para expresar otros modelos (es decir, otras abstracciones de un sistema, o conjunto de unidades conectadas que se organizan para conseguir un propósito. De esta forma simplemente se dice que UML, además, define un lenguaje con el que se puede abstraer cualquier tipo de modelo) [13].

1.8.2 Aplicación Web

Por las características que debe presentar el sistema a implementar en el Centro de Inmunología Molecular se decide utilizar una plataforma Web debido a la alta portabilidad y disponibilidad que brindan. No se requiere realizar actualizaciones en los clientes, no existen problemas de incompatibilidad entre versiones porque todos trabajan con la misma, no se obliga a usar un determinado sistema operativo y, además, se tiene perspectiva de extender la aplicación a plataformas móviles debido a la infraestructura de la empresa para que los trabajadores puedan consultar y trabajar con el sistema desde sus teléfonos celulares.

1.8.3 Metodologías de Desarrollo

Lograr la construcción de un sistema informático eficiente, que cumpla con los requerimientos planteados, es una tarea realmente intensa y sobre todo difícil de cumplir. Las metodologías para el desarrollo del *software* brindan un proceso disciplinado sobre el desarrollo de *software* con el fin de hacerlo más predecible y eficiente.[14]

RUP

Es un proceso para el desarrollo de *software*, impulsado por casos de uso, centrado en la arquitectura e iterativo e incremental. Reconoce la importancia de la comunicación con el cliente y los métodos directos para describir su punto de vista. Hace énfasis en la importancia de la arquitectura del *software* y ayuda a que el arquitecto se centre en las metas correctas [16].

Extreme Programming (XP)

XP es la metodología ágil más conocida. Fue desarrollada por Kent Beck buscando guiar equipos de desarrollo de *software* pequeños o medianos, entre dos y diez desarrolladores, en ambientes de requerimientos imprecisos o cambiantes. XP tiene como base cinco valores: Simplicidad, Comunicación, Retroalimentación, Respeto y Coraje [17].

Scrum

La metodología Scrum para el desarrollo ágil de *software* es un marco de trabajo diseñado para lograr la colaboración eficaz de equipos en proyectos, que emplea

un conjunto de reglas y artefactos y define roles que generan la estructura necesaria para su correcto funcionamiento [17].

Tabla 1-1 Comparativa de las Metodologías de Desarrollo

Aspectos	RUP	XP	Scrum
Características	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pretende implementar las mejores prácticas en Ingeniería de Software. ✓ Desarrollo iterativo. ✓ Administración de requisitos. ✓ Modelado visual del software. ✓ Verificación de la calidad del software. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollo iterativo e incremental. ✓ Programación en parejas. ✓ Propiedad del código compartida. ✓ Pruebas unitarias continuas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión regular de las expectativas del cliente, resultados anticipados, flexibilidad y adaptación. ✓ Se hace uso de equipos auto-dirigidos y auto-organizados. ✓ Se realiza a diario una reunión de Scrum.
Roles	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analista. ✓ Desarrolladores. ✓ Gestores. ✓ Apoyo. ✓ Especialista en pruebas. ✓ Otros roles (revisor, coordinación de revisiones, revisor técnico). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programador. ✓ Cliente. ✓ Encargado de pruebas. ✓ Tracker. ✓ Entrenador. ✓ Consultor. ✓ Jefe del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Scrum master. ✓ Product Owner. ✓ Equipo de desarrollo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es el proceso de desarrollo más general de los existentes actualmente. ✓ Es una forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades en una empresa de desarrollo (quién hace qué, cuándo y cómo). ✓ Incorpora fielmente el objetivo de calidad. ✓ Reduce riesgos del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación organizada. ✓ Solución de errores de programas. ✓ Versiones nuevas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Entregables en tiempo y forma. ✓ Cada persona sabe que es lo que tiene que hacer y no es necesario estar reorganizando una y otra vez los Tracks de cada persona. ✓ Se involucra desde un principio y se da un rol a todos los stakeholders.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pretende prever y tener todo el control de antemano. ✓ Por el grado de complejidad puede ser no muy adecuado. ✓ No recomendable para proyectos pequeños. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altas comisiones en caso de fallar. ✓ Imposible prever todo antes de programar. ✓ Demasiado costoso e innecesario. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No es aplicable a grandes escalas. ✓ Si una persona renuncia o hay algún cambio es complicado remplazar ese rol. ✓ Demasiadas Reuniones para poco avance.

Selección:

Luego de haber conocido sobre las características de estas metodologías y el proceso de RUP, se optó por utilizar este último ya que es adecuado para proyectos grandes, es el proceso de desarrollo más general de todos los que existen actualmente y su principal objetivo es asegurar la producción de *software*

de alta calidad que cumpla las necesidades de sus usuarios finales y que sea realizado en las fechas acordadas.

1.8.4 Herramientas CASE

La Ingeniería de *Software* (IS) es la disciplina o área de la informática que ofrece métodos y técnicas para el desarrollo y mantenimiento de *software* de calidad. A pesar de todos los esfuerzos realizados, en las sucesivas etapas del desarrollo y en las actividades de gestión de proyectos de *software*, ocurren problemas como: carencia de fiabilidad, necesidad de mantenimiento permanente, etc. Las dinámicas de los procesos de desarrollo de *software* exigen una actualización constante de técnicas y tecnologías. Esta tarea es favorecida por la utilización de herramientas CASE que asisten a todos los involucrados en la construcción del software [18].

Visual Paradigm

Visual Paradigm para UML (del inglés, *Unified Modeling Language*) es una herramienta CASE aplicable en todo el ciclo de vida del desarrollo de *software*. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, generar código desde diagramas y generar documentación [19].

PowerDesigner

PowerDesigner es una herramienta CASE que permite a las empresas visualizar, analizar y manipular de manera más fácil los metadatos para tener una arquitectura de información de empresa eficaz [20].

Tabla 1-2 Comparativa de las Herramientas CASE

Aspectos	Visual Paradigm	PowerDesigner
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiene apoyo adicional en cuanto a generación de artefactos automáticamente. ✓ Generación de documentación en formatos HTML y PDF. ✓ Presenta licencia gratuita y comercial. ✓ Es fácil de instalar y actualizar y compatible entre ediciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Es altamente personalizable, permitiendo acogerse a los estándares y regulaciones. ✓ Organiza el negocio y la tecnología de información para mejorar la productividad. ✓ Brinda soporte abierto a ambientes complejos de toda clase.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las imágenes y reportes generados, no son de muy buena calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de simbología E/R. ✓ Carece de seguridad a nivel de información; es decir, cualquier usuario puede modificar las tablas.

Selección:

Se decide usar Visual Paradigm ya que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de *software*. Además, Visual Paradigm presenta gran estabilidad de ejecución en diferentes sistemas operativos. Permite la generación de bases de datos y transformar los diagramas de Entidad-Relación en tablas de base de datos, por lo que tiene capacidades de ingeniería directa e inversa.

1.8.5 Lenguaje de programación

En informática, se conoce como lenguaje de programación a un programa destinado a la construcción de otros programas informáticos. Su nombre se debe a que comprende un lenguaje formal que está diseñado para organizar algoritmos y procesos lógicos que serán luego llevados a cabo por un ordenador o sistema informático, permitiendo controlar así su comportamiento físico, lógico y su comunicación con el usuario humano [21].

PHP

Es un lenguaje de programación de uso general, de código del lado del servidor, originalmente diseñado para el desarrollo *Web* de contenidos dinámicos [22].

Java

Es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible [23, 24].

Tabla 1-3 Comparativa de los Lenguajes de Programación

Aspectos	PHP	Java
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">✓ Es un lenguaje interpretado, basado principalmente en C, C++ y Java, con los que comparte prácticamente toda su sintaxis por tanto una de sus principales características y una gran ventaja es que a los programadores que ya conozcan estos lenguajes les será más fácil el trabajo con PHP.✓ PHP se escribe dentro del código HTML, lo que lo hace realmente fácil de utilizar.✓ Soporta en cierta medida la orientación a objeto, clases y herencia.✓ Posee una amplia documentación en su sitio web oficial, entre la cual se destaca que todas las funciones del sistema están explicadas y ejemplificadas en un único archivo de ayuda.	<ul style="list-style-type: none">✓ Fácil de aprender.✓ Multiplataforma.✓ Está acompañado de una serie de Librerías Estándar.

Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La legibilidad del código puede verse afectada al mezclar sentencias HTML y PHP. ✓ Al ser interpretado en el servidor, es más fácil que se colapse cuando el número de peticiones de descarga de páginas aumenta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El rendimiento en la ejecución de programas suele ser un poco menor. ✓ No recomendado para personas sin conocimiento de programación.
-------------	--	--

Selección

Se seleccionó como lenguaje de programación a PHP debido a que permite diseñar de forma eficaz aplicaciones *Web* para la gestión de datos, posee una amplia documentación y es un lenguaje totalmente libre y abierto.

1.8.6 Marco de trabajo (*Framework*)

Basados en el lenguaje PHP existen en la actualidad numerosos *frameworks* con prestaciones sobresalientes, de uso libre, amplia documentación y comunidad de respaldo. El más adecuado es un punto particularmente difícil de seleccionar. Se consultaron ideas y conceptos de desarrollo de Laravel y Yii, pero finalmente se decidió utilizar CakePHP por la curva de aprendizaje que presenta y la gran variedad de documentación con la que cuenta.

CakePHP

CakePHP es un marco de desarrollo (*framework*) rápido para PHP, libre, de código abierto. Se trata de una estructura que sirve de base a los programadores para crear aplicaciones *Web*. Permite trabajar de forma estructurada y rápida, sin pérdida de flexibilidad y trabaja sobre el patrón Modelo- Vista- Controlador [25].

Características:

- ✓ Compatible con PHP4 y PHP5.
- ✓ CRUD integrado para la interacción con la base de datos.
- ✓ Generación de código.
- ✓ Arquitectura Modelo Vista Controlador (MVC).
- ✓ Está integrado con herramientas para la validación de datos de entrada, protección de la manipulación de formularios.

Yii

Yii es un *framework* PHP basado en componentes de alta *performance* para desarrollar aplicaciones *Web* de gran escala. El mismo permite la máxima

reutilización en la programación *Web* y puede acelerar el proceso de desarrollo [26].

Características:

- ✓ Amplia documentación.
- ✓ Diseñado para el desarrollo de aplicaciones *Web*.
- ✓ El alto rendimiento es siempre la meta principal de Yii.

Symfony

Symfony es un completo *framework* diseñado para optimizar, gracias a sus características, el desarrollo de las aplicaciones *Web*. Para empezar, separa la lógica de negocio, la lógica de servidor y la presentación de la aplicación *Web*. Proporciona varias herramientas y clases encaminadas a reducir el tiempo de desarrollo de una aplicación *Web* compleja [27].

Características

- ✓ Independiente del sistema gestor de bases de datos.
- ✓ Sigue la mayoría de mejores prácticas y patrones de diseño para la *Web*.
- ✓ Fácil de extender, lo que permite su integración con librerías desarrolladas por terceros.

1.8.7 Gestores de Bases de Datos

Un gestor de base de datos (*DataBase Managenent System*) es un sistema que permite la creación, gestión y administración de bases de datos, así como la elección y manejo de las estructuras necesarias para el almacenamiento y búsqueda de la información del modo más eficiente posible [28].

PostgreSQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacional orientada a objetos y libre, publicado bajo la licencia BSD.

Como muchos otros proyectos de código abierto, el desarrollo de PostgreSQL no es manejado por una empresa y/o persona, sino que es dirigido por una comunidad de desarrolladores que trabajan de forma desinteresada, altruista, libre y/o apoyada por organizaciones comerciales. La comunidad PostgreSQL se denominada el PGDG (*PostgreSQL Global Development Group*).

Sus principales características son:

- ✓ Alta concurrencia: mediante un sistema denominado MVCC (Acceso concurrente multiversión, por sus siglas en inglés).
- ✓ Amplia variedad de tipos nativos: provee nativamente varios soportes.
- ✓ Ahorros considerables de costos de operación.
- ✓ Estabilidad y confiabilidad.

MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacional, multihilo y multiusuario seguramente el más usado en aplicaciones creadas como *software* libre.

Por un lado, se ofrece bajo la GNU GPL, pero, empresas que quieran incorporarlo en productos privativos pueden comprar a la empresa una licencia que les permita ese uso.

Ventajas:

- ✓ Velocidad al realizar las operaciones.
- ✓ Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos.
- ✓ Facilidad de configuración e instalación.
- ✓ Baja probabilidad de corromper datos, incluso si los errores no se producen en el propio gestor, sino en el sistema en el que está.
- ✓ Es de código abierto.

Selección

MySQL 5.5 ha sido seleccionado como sistema gestor de base de datos, por su buena integración con el lenguaje de programación PHP, su comportamiento y popularidad en los entornos *Web* y la posibilidad de utilizarlo sobre varias plataformas de Unix, *Windows*, OS/2 y Linux. Además, se ofrece bajo licencia GNU/GPL para cualquier uso compatible con esta licencia. La conectividad, velocidad y seguridad hacen de MySQL un gestor altamente conveniente para el desarrollo de esta aplicación.

1.9 Análisis crítico de las fuentes y bibliografías utilizadas

Para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el trabajo, fue necesaria la realización de una profunda búsqueda de información en diversas fuentes bibliográficas, con el fin de ampliar los conocimientos relacionados con el tema a presentar en el presente documento.

Se consultaron documentos de trabajos por los que se rige la entidad, como son los PNO (Procedimientos Normalizados de Operación), así como una serie de libros, tesis, artículos y sitios oficiales de internet que ayudaron en el análisis de la situación problemática planteada, así como la selección final de las herramientas a utilizar para su posterior solución.

1.10 Conclusiones parciales

- ✓ A través de los métodos de investigación utilizados se pudo analizar el flujo de los procesos que se generan en la Dirección de Ingeniería del Centro de Inmunología Molecular.
- ✓ Mediante el estudio de los sistemas de mantenimiento tanto internacionales como nacionales se pudo evidenciar las fortalezas y debilidades de cada uno de evidenciando la necesidad de desarrollar una aplicación informática que gestione la planificación de los mantenimientos preventivos.
- ✓ Se precisaron las herramientas y tecnologías a utilizar para el desarrollo de la aplicación.

Capítulo 2 Modelo del negocio

2.1 Introducción

En el siguiente capítulo se muestra el modelado del negocio utilizando el proceso de RUP. Se describen los procesos actuales, los actores y trabajadores del negocio, los casos de uso del negocio, los diagramas de actividades, el diagrama de objeto y las reglas del negocio a considerar para el desarrollo de la aplicación.

2.2 Modelo del negocio actual

El proceso se inicia cuando el cliente (Trabajador de otra área organizativa de la entidad) se presenta en la oficina técnica de la Dirección de Ingeniería y solicita la inclusión de un equipo determinado en el Plan anual de mantenimiento Preventivo. Para ello el gestor de la oficina técnica debe revisar que el equipo tenga código de Ingeniería y posea PNO (Procedimiento Normalizado de Operación), de no presentar código de Ingeniería, el cliente deberá suministrar la marca, el modelo, número de serie, número de inventario y ubicación para que el equipo se incluya en la base de datos (La codificación del equipo se realiza bajo la instructiva G3-INS-0001). Posteriormente revisa que el equipo presente PNO, de no presentar le envía una comunicación al especialista encargado de atender el equipo para que confeccione el documento. Cuando el gestor revisa el PNO, consulta el ciclo de mantenimiento correspondiente y a partir de este, realiza una planificación de las intervenciones que el equipo recibirá durante todo el año. Luego comunica al cliente de que el equipo ya se ha añadido al plan anual de mantenimiento y este se retira.

Cuando el especialista recibe la comunicación de que debe realizar un PNO este se informa sobre el tipo de equipo que debe atender. Redacta el documento con una breve descripción del equipo, donde deberá plasmar cómo funciona el mismo y para qué se utiliza, luego dependiendo de cada equipo realizará una planificación de todas las intervenciones a realizar, distribuyendo las tareas a lo largo de todo el año y dejando reflejado el tiempo que se le debe dedicar a cada tarea (Ejemplo: una revisión 2 horas, un mantenimiento mediano: 4 horas, un mantenimiento general: 6 horas). Una vez confeccionado el documento el especialista deberá confeccionar las listas de chequeo que se utilizarán en cada intervención y al concluir envía los documentos al documentador de la dirección

quien lo revisará cuidando que esté redactado en el formato establecido, luego se imprime el documento oficial y es firmado por el especialista, su jefe y el documentador.

Una vez concluido este proceso, se le solicita al jefe de área las afectaciones de producción para que, al planificar los mantenimientos preventivos, estos no coincidan con ninguna actividad productiva, y ya con todos estos datos se confecciona el plan anual del mantenimiento del equipo.

El día 1ro de cada mes el jefe de Ingeniería les envía a los gestores la lista de órdenes de servicio preventivas que deben acometerse ese mes. Una vez confeccionadas las órdenes son entregadas junto con las listas de chequeo a cada especialista para que ejecute la intervención. Puede ocurrir que, al salir la orden preventiva, el especialista esté trabajando para solucionar una avería cuya reparación sea de mayor envergadura que el preventivo que debería ejecutar. Cuando esto ocurre, el especialista debe comunicarlo al gestor de OT para cambiar la intervención preventiva en el plan anual a una que se corresponda con las acciones que deba ejecutar y modificar todo el ciclo de mantenimiento.

Cuando el especialista se presenta a realizar la intervención preventiva debe llevar consigo la orden de trabajo para que pueda ser firmada por el responsable del equipo. En el caso de que el mantenimiento requiera algún cambio de piezas de repuesto, el especialista debe dirigirse al almacenero para que este le brinde la pieza. De encontrarse la misma en falta, entonces el especialista debe dirigirse a la persona encargada de llevar la actividad logística para que tramite la solicitud de la compra de piezas de repuesto y cancelar esa orden de trabajo.

Una vez que es ejecutada la intervención preventiva, el especialista llena la orden de trabajo y refleja todas las acciones que realizó, luego la entrega al jefe del equipo para que este la firme y posteriormente entregarla en la oficina técnica. Cuando el gestor de OT tiene en su poder estos documentos, se comunica con el jefe de área para solicitarle el modelo de conformidad con el servicio recibido el cual es anexado a la orden de trabajo. Si la intervención no puede ser llevada a cabo, por razones de producción, el especialista debe contactar con el jefe de producción para que este le dé la fecha más próxima

donde se pudiera realizar el mantenimiento preventivo, luego debe presentarse en la oficina técnica para reajustar todo el ciclo de mantenimiento y cancelar la orden de trabajo. Todo esto es recepcionado por los gestores de la oficina técnica quienes a su vez le entregan toda esta información al jefe de Ingeniería para que proceda a realizar los cambios y hacer las cancelaciones de las órdenes de trabajo.

2.3 Reglas del negocio a considerar

Nota: Todas las reglas que a continuación se mencionan se encuentran dentro de las Reglas de Restricción.

Reglas de Dominio

- ✓ Todo equipo debe tener un código que sea único e irrepetible.

Reglas de estímulo y respuesta

- ✓ Para que un equipo pueda tener un PNO debe contarse con las especificaciones técnicas de su tipo de equipo.
- ✓ Para que un equipo entre en el plan anual de mantenimiento preventivo debe tener un PNO.
- ✓ Para realizar cada intervención en un equipo los especialistas deben presentar la orden de trabajo.
- ✓ Para cambiar alguna intervención el especialista debe escribir en la orden de trabajo cuáles fueron las causas por las que no se puede realizar el mantenimiento y la orden de trabajo la debe firmar el jefe de área.
- ✓ Para que un PNO entre en vigor debe ser actualizado por el especialista y luego firmado y aprobado por el documentador.

Reglas de operaciones

- ✓ El plan anual de mantenimiento debe ser revisado y aprobado por los especialistas, el director de Ingeniería y el jefe de producción.
- ✓ Las órdenes de trabajo cuando se entregan deben estar firmadas por los especialistas y el jefe de área responsable de cada equipo.
- ✓ Cuando un mantenimiento no se pueda realizar porque el equipo se encuentre bajo una actividad productiva, el jefe de área debe comunicar cuando el equipo estará disponible para ejecutar la

intervención preventiva y así mismo desplazar todo el ciclo planificado.

- ✓ El plan de mantenimiento anual se confecciona durante el mes de diciembre del año anterior.
- ✓ Antes de confeccionar el plan se debe consultar las afectaciones de producción que planifican los jefes de áreas donde se localizan los equipos.
- ✓ Una acción prevista en el plan de mantenimiento puede ejecutarse con una semana de anticipación a la fecha planificada.

Reglas de Flujo

- ✓ Cuando corresponda un mantenimiento que contemple piezas que no estén disponibles se pospone ese mantenimiento hasta que exista la disponibilidad y se replanifican los mantenimientos subsiguientes.
- ✓ Cuando se ejecuta una acción de mantenimiento correctivo se puede reelaborar el plan de mantenimiento previsto según la envergadura de la reparación ejecutada.

2.4 Actores del negocio

Tabla 2-1 Descripción de los actores del negocio

Nombre del actor	Descripción
Jefe de área	Es la persona responsable de cada uno de los equipos de un área determinada y es quien solicita la inclusión de los equipos en el plan de mantenimiento preventivo.

2.5 Diagrama del caso de uso del negocio

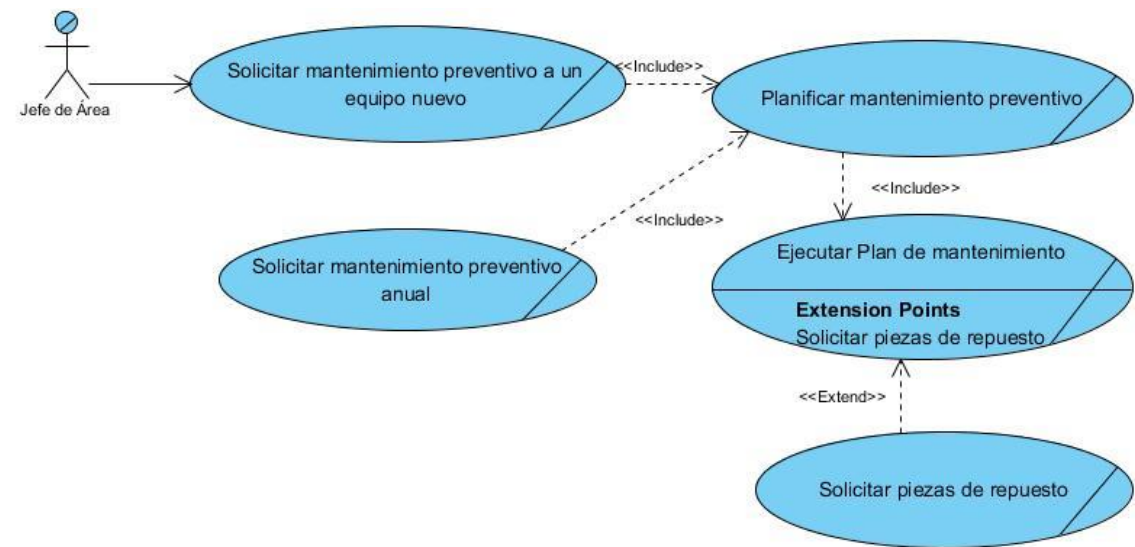


Fig. 2-1 Diagrama de Casos de Uso del Negocio

2.6 Trabajadores del negocio

Tabla 2-2 Descripción de trabajadores del negocio

Nombre del actor	Descripción
Especialista	Es la persona encargada de confeccionar los PNO de cada equipo, revisa y aprueba el plan anual de mantenimiento preventivo y lleva a cabo las intervenciones.
Gestor de la OT	Recibe las solicitudes de los clientes para agregar nuevos equipos al sistema y a su vez al plan de mantenimiento preventivo. Es quien confecciona el Plan anual de mantenimiento preventivo y ejecuta las órdenes de servicio cada mes.
Documentador	Es la persona encargada de revisar y aprobar los PNO.
Jefe de Ingeniería	Es la persona encargada de almacenar el plan de mantenimiento preventivo y envía mensualmente esa planificación al gestor de la OT para que se ejecuten las órdenes de trabajo. Cuando ocurre que el preventivo no se puede ejecutar, es quien realiza los cambios en la

	planificación del plan anual del mantenimiento preventivo.
Especialista logística	Es la persona encargada de llevar las solicitudes de piezas de repuesto.
Almacenero	Es el encargado de procesar los vales de almacén cuando se solicitan piezas de repuesto.
Mistral Caribe	Es un sistema que lleva el control de todos los productos que se encuentran en el almacén.

2.6.1 Caso de uso: “Solicitar mantenimiento preventivo a un equipo nuevo”

Notas: Las actividades de color rosado claro son las que van a ser objeto de informatización.

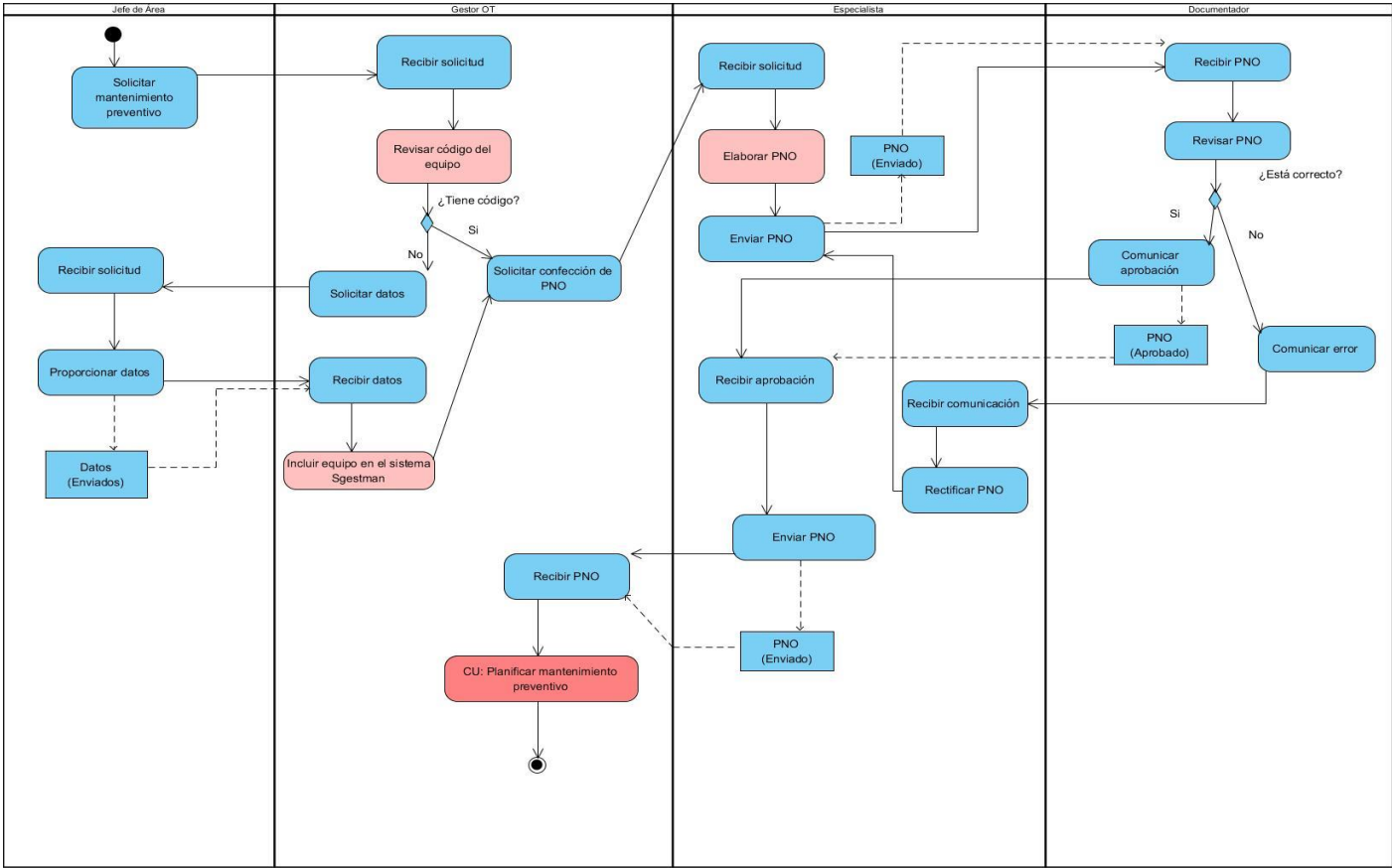


Fig. 2-2 Diagrama de actividades: “Solicitar mantenimiento preventivo a un equipo nuevo”

2.6.2 Caso de uso: “Planificar mantenimiento preventivo”

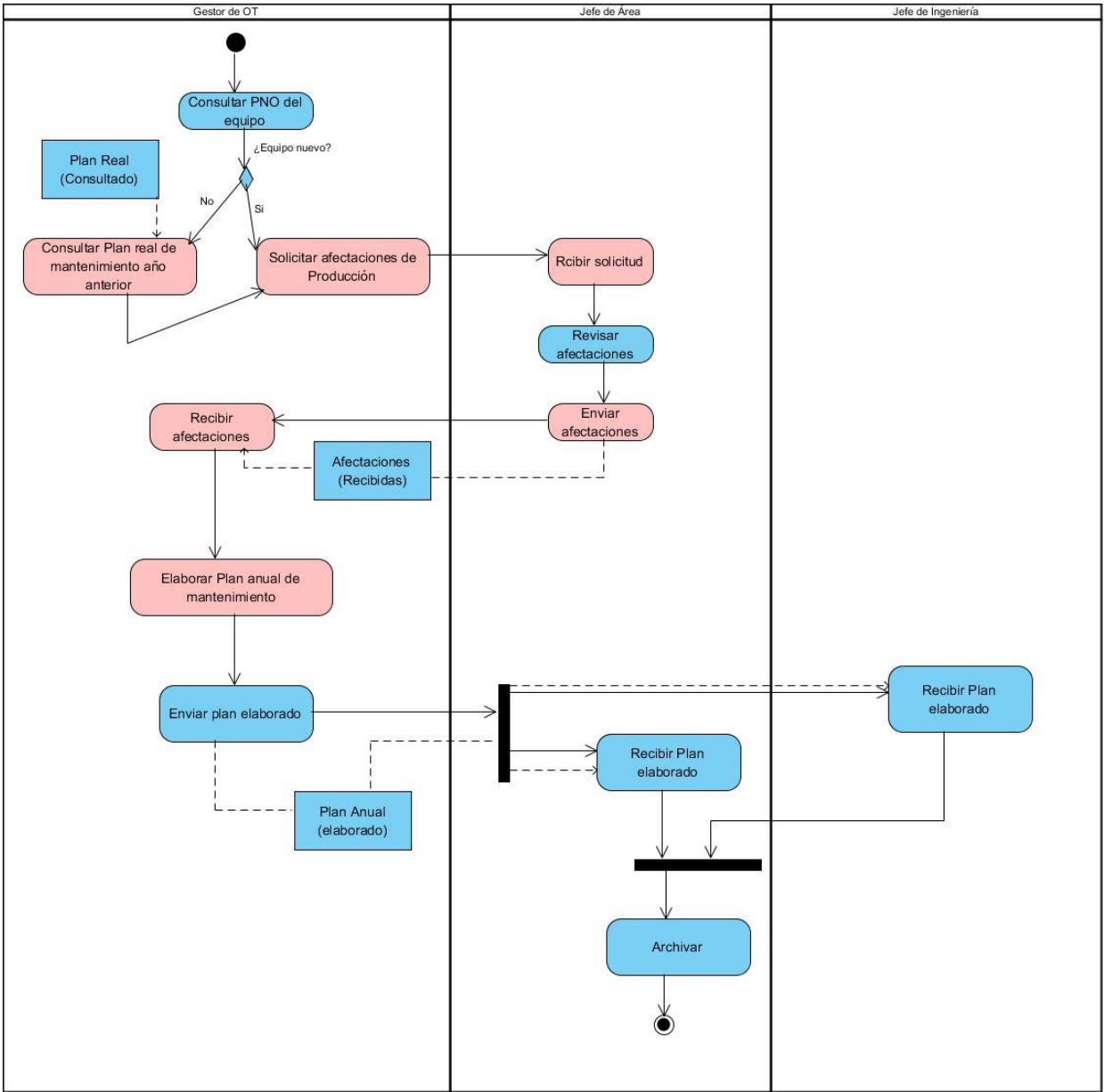


Fig. 2-3 Diagrama de actividades “Planificar mantenimiento preventivo”

2.6.3 Caso de uso: “Solicitar mantenimiento preventivo anual”

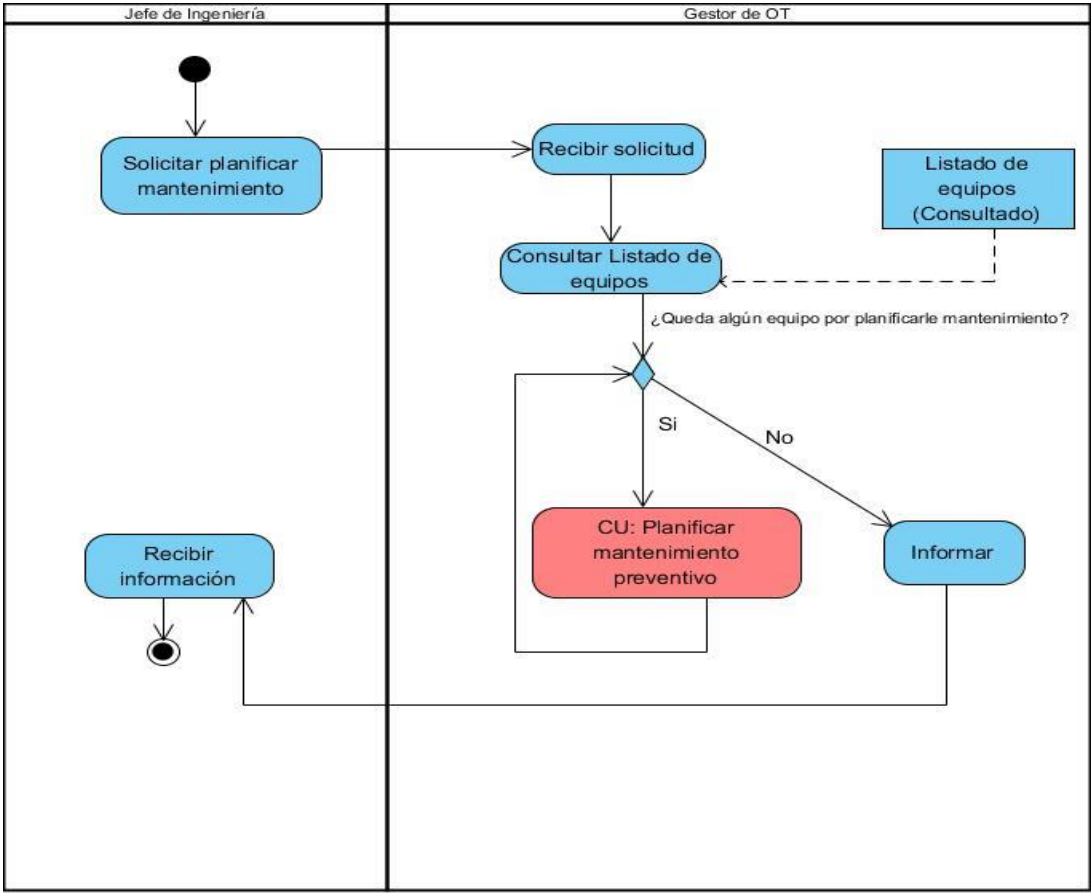


Fig. 2-4 Diagrama de actividades: “Solicitar mantenimiento preventivo anual”

2.6.4 Caso de uso: “Ejecutar plan de mantenimiento”

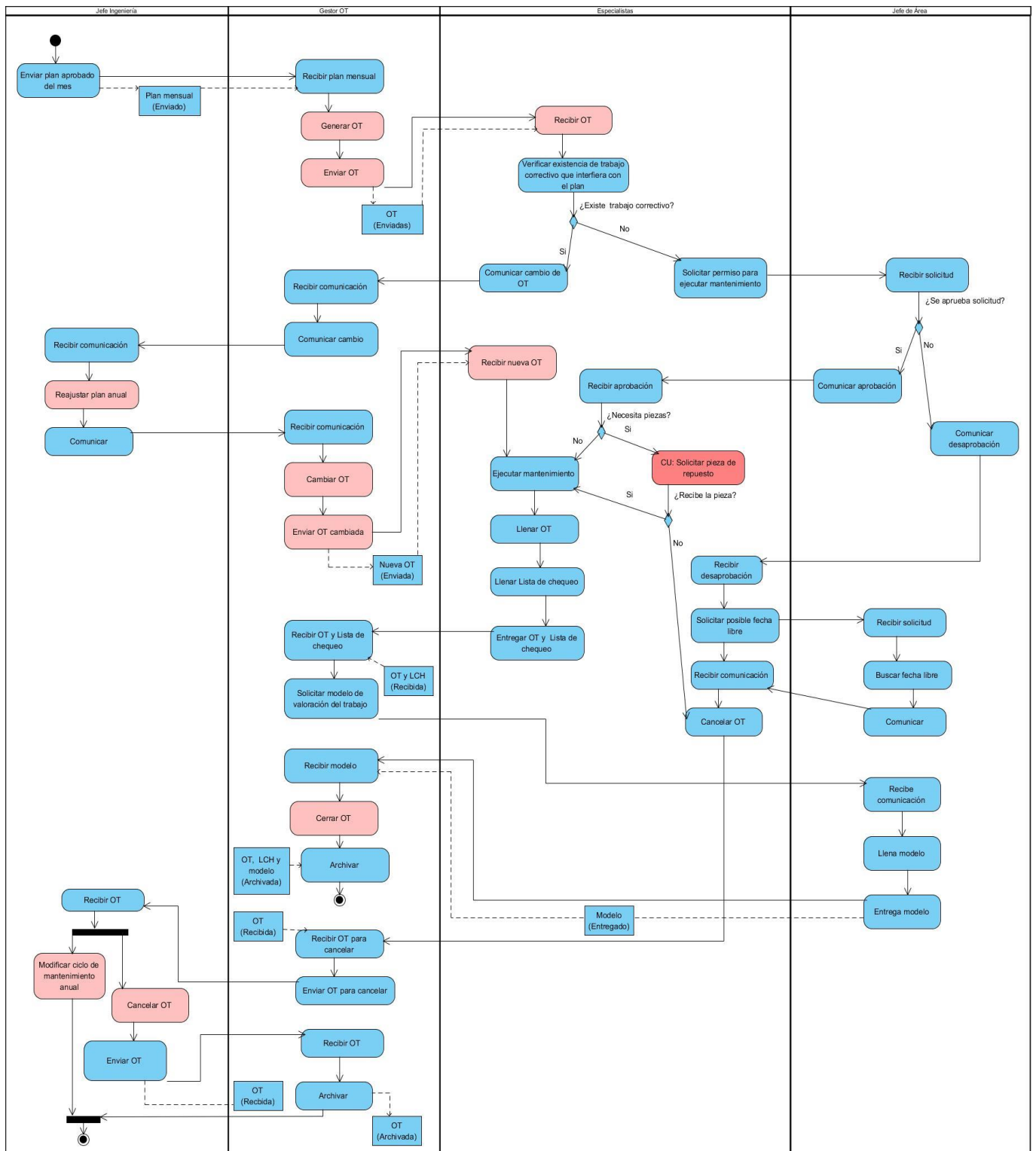


Fig. 2-5 Diagrama de actividades “Ejecutar plan de mantenimiento”

2.6.5 Caso de uso: “Solicitar piezas de repuesto”

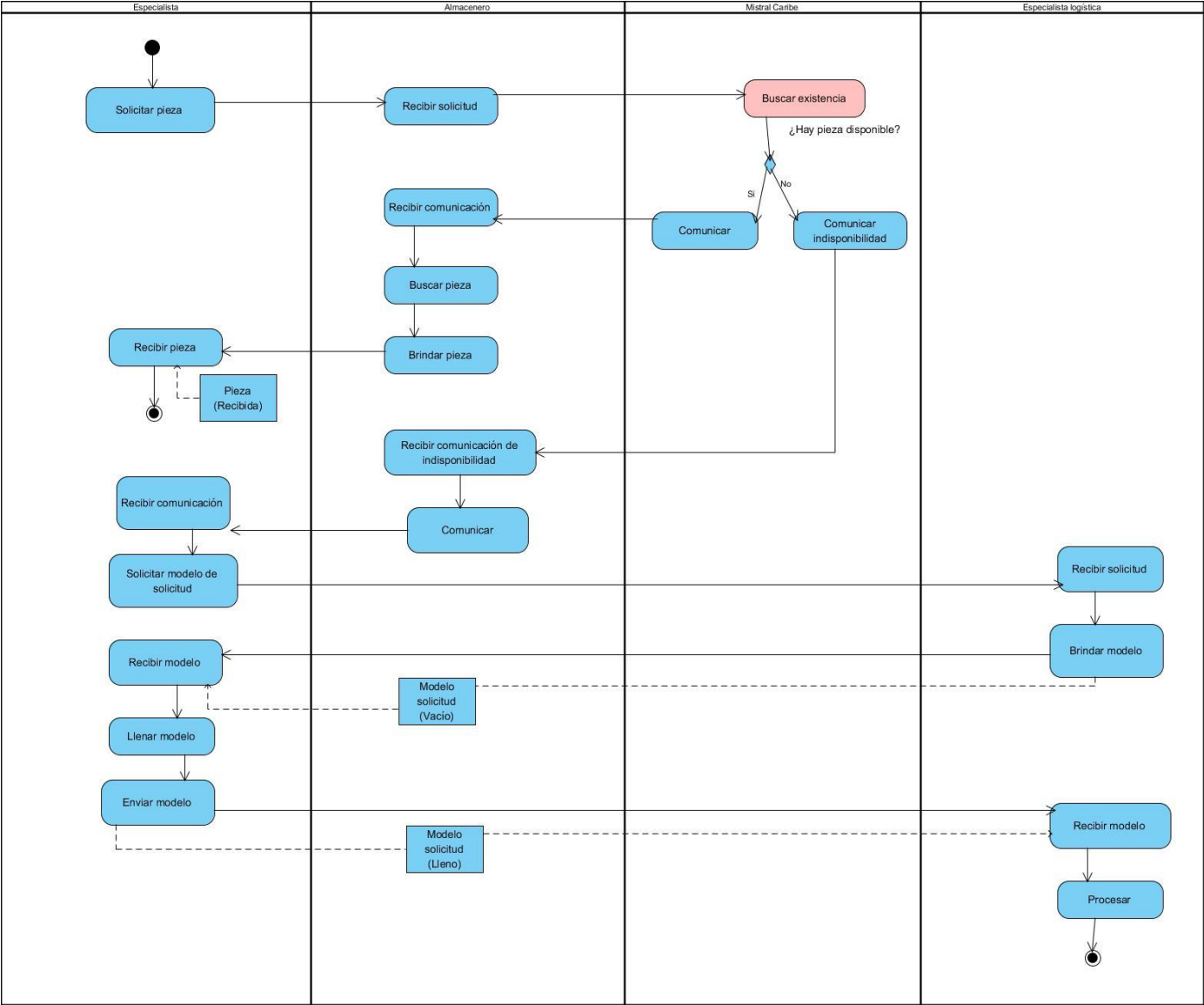


Fig. 2-6 Diagrama de actividades “Solicitar piezas de repuesto”

2.7 Descripción de las entidades del negocio

Tabla 2-3 Descripción de las entidades del negocio

Nombre del actor	Descripción
Orden de Trabajo	Documento que manifiesta el tipo de intervención que se debe realizar.
PNO	Documento que refleja operaciones que deben realizarse, y precauciones que han de tomarse en el trabajo directo o indirecto de un equipo o actividad determinado.
Plan anual de mantenimiento	Es el plan anual donde se reflejan todas las intervenciones que deben recibir determinados equipos durante todo un año.
Plan mensual	Es el plan de mantenimiento preventivo de un mes determinado.
Solicitud de piezas	Es un documento que se utiliza para solicitar piezas de repuesto.
Afectaciones de Producción	Es un documento que refleja las posibles afectaciones que podría tener el área de Producción durante todo un año.
Pieza de repuesto	Es una pieza determinada que se cambia durante las intervenciones.
Lista de chequeo	Es un documento que refleja cada acción a realizar dependiendo de la actividad preventiva que se ejecute.
Modelo de conformidad	Es un documento que refleja el estado de conformidad de cada cliente que recibe un mantenimiento preventivo.
Plan real	Es el plan real de mantenimiento que se ejecutó en un año determinado.
Especificaciones técnicas	Es un documento que refleja las características de un equipo determinado y su correcta manipulación y operación.
Listado de equipos	Es el listado de equipos que deben recibir mantenimiento preventivo en un año determinado.

Capítulo 3 Requisitos

3.1 Introducción

En el presente capítulo se identifican los requisitos funcionales y no funcionales que permitirán conocer cuáles son las funcionalidades que deberán ser cubiertas por la aplicación de modo que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios. Se determinan los actores del sistema y sus posibles roles, así como los casos de uso del sistema.

3.2 Actores del sistema a informatizar

Tabla 3-1 Descripción de los actores del sistema a informatizar

Actor del sistema	Descripción
Administrador del Sistema	Es el usuario encargado de administrar el sistema, su función es la de agregar nuevos usuarios, gestionar sus niveles de acceso y controlar las trazas.
Jefe de Área	Es el usuario jefe de un área determinada donde se encuentran los equipos que van a recibir los mantenimientos preventivos.
Especialista	Es la persona encargada de confeccionar los PNO de cada equipo y llevar a cabo los mantenimientos preventivos.
Gestor de la OT	Recibe las solicitudes de los clientes para agregar nuevos equipos al plan de mantenimiento preventivo y a su vez es quien confecciona el Plan anual de mantenimiento preventivo.
Jefe de Ingeniería	Es la persona encargada de almacenar el plan de mantenimiento preventivo y envía mensualmente esa planificación al gestor de la OT para que se ejecuten las órdenes de trabajo. Controla y adiciona los nomencladores necesarios para que los gestores de OT puedan adicionar equipos al sistema.
Mistral Caribe	Es un sistema que lleva el control de todos los productos que se encuentran en el almacén.

3.3 Jerarquía de Actores

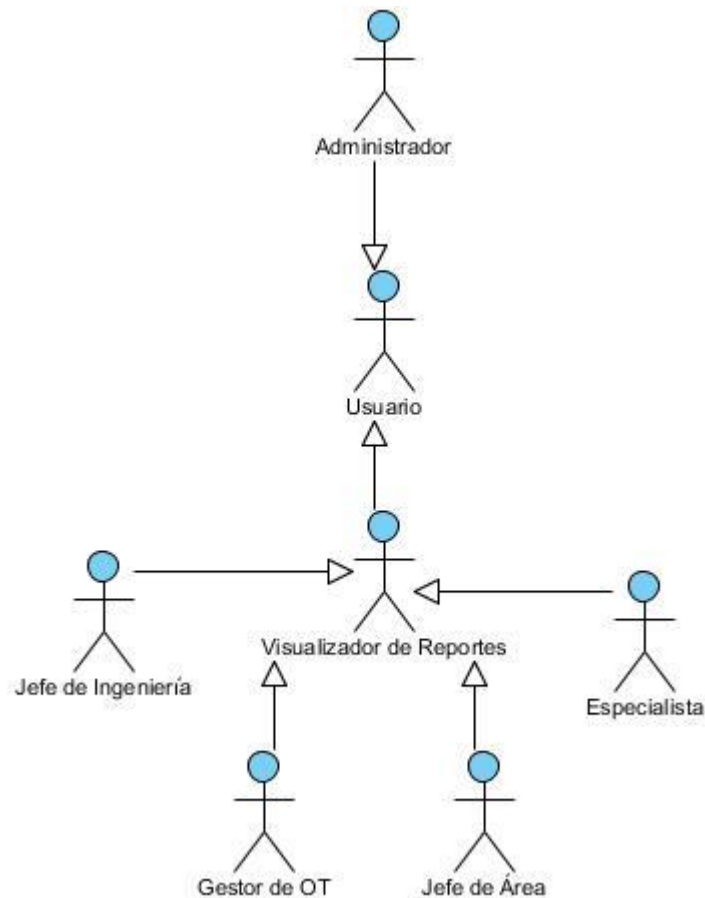


Fig. 3-1 Jerarquía de Actores

3.4 Definición de los requisitos funcionales

Paquete de seguridad

RF1: Autenticar usuario.

RF2: Gestionar usuarios.

RF3: Supervisar las trazas.

RF4: Cambiar contraseña.

RF5: Salvar la base de datos de forma manual/ automática.

Paquete de gestión

RF6: Gestionar los tipos de equipos y sus mantenimientos requeridos.

- Información de mantenimiento básica de los tipos de equipos.

RF7: Gestionar equipos.

RF8: Gestionar piezas de repuesto.

RF9: Gestionar Planes de Áreas.

RF10: Asociar las piezas de repuesto con cada intervención preventiva teniendo en cuenta lo establecido en el PNO.

RF11: Generar automáticamente los PNO de los equipos (vinculando las especificaciones del fabricante y el tiempo medio de explotación de cada equipo).

RF12: Generar automáticamente el plan de mantenimiento para cada equipo (vinculando las afectaciones de producción, el PNO de los equipos y los mantenimientos realizados en el año anterior).

RF13: Asignar los mantenimientos a especialistas para mantener un balance de carga.

RF14: Notificaciones de órdenes de trabajo (OT) que deben acometerse en el mes.

RF15: Generar OT cada mes teniendo en cuenta el plan preventivo.

RF16: Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual.

RF17: Realizar cambios en planes de mantenimiento.

RF18: Cerrar OT.

RF19: Registrar el cumplimiento del mantenimiento preventivo.

Paquete de nomencladores

RF20: Gestionar Áreas.

RF21: Gestionar Plantas.

RF22: Países.

RF23: Marcas.

RF24: Modelos.

RF25: Causas de Postergación/Eliminación.

Paquete de reportes

RF26: Estimar la cantidad de piezas requeridas para acometer el plan de mantenimientos.

RF27: Mostrar los mantenimientos planificados.

RF28: Mostrar los mantenimientos realizados.

RF29: Calcular el nivel de cumplimiento del plan de mantenimiento por áreas y por especialista.

RF30: Cantidad de mantenimientos ejecutados por tipo.

RF31: Datos de explotación de los equipos por tipos de equipos.

RF32: Mostrar cantidad y listado de equipos en explotación utilizando diferentes parámetros.

RF33: Estadísticas de piezas utilizadas en los mantenimientos.

RF34: Estadísticas de piezas deficitarias en los mantenimientos.

RF35: Cantidad de órdenes de trabajo por especialistas.

RF36: Informe de disponibilidad de los equipos y su asociación con los mantenimientos, los especialistas y marcas.

RF37: Exportar a PDF.

RF38: Imprimir.

RF39: Graficar.

3.5 Paquetes y sus relaciones

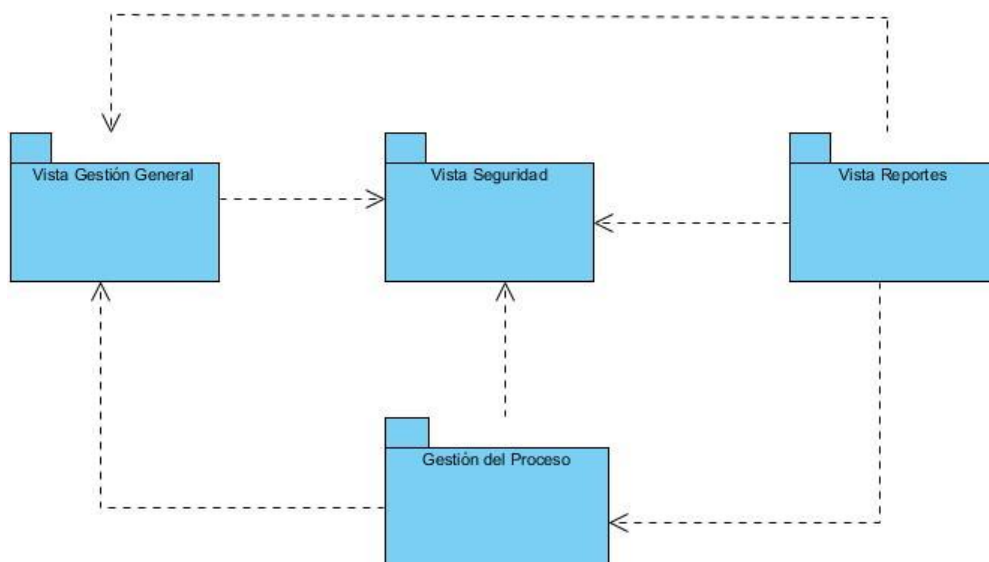


Fig. 3-2 Diagrama de Paquetes y sus relaciones

Paquete de Gestión General

En este paquete se encuentran las funcionalidades referentes a la gestión de modelos de datos generales útiles para la gestión de equipos y plan de mantenimiento.

Paquete de Gestión del Proceso

En este paquete se encuentran los casos de uso y los procesos relacionados con los equipos y la gestión del plan de mantenimiento preventivo que debe recibir cada uno.

Paquete de Reportes

En este paquete se agrupan funcionalidades referentes a los reportes y gráficos que se generan relacionados con la gestión del mantenimiento preventivo y los equipos.

Paquete de Seguridad

Este paquete está conformado por las funcionalidades que corresponden a la seguridad del sistema: autenticar usuario, cerrar sesión, cambiar contraseña, gestión de usuarios, así como las salvadas, restauraciones de la base de datos y visualización de las trazas.

3.6 Diagramas de casos de uso del sistema a informatizar

Paquete de Seguridad

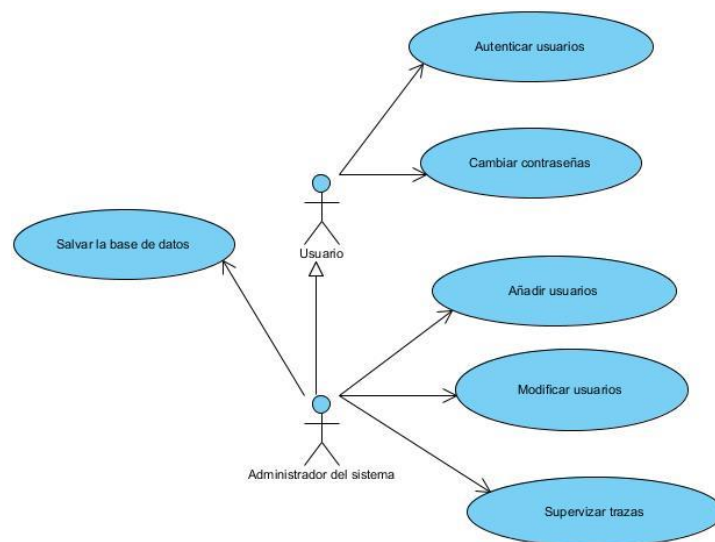


Fig. 3-3 Diagrama del Caso de Uso del paquete Seguridad

Paquete de Gestión General

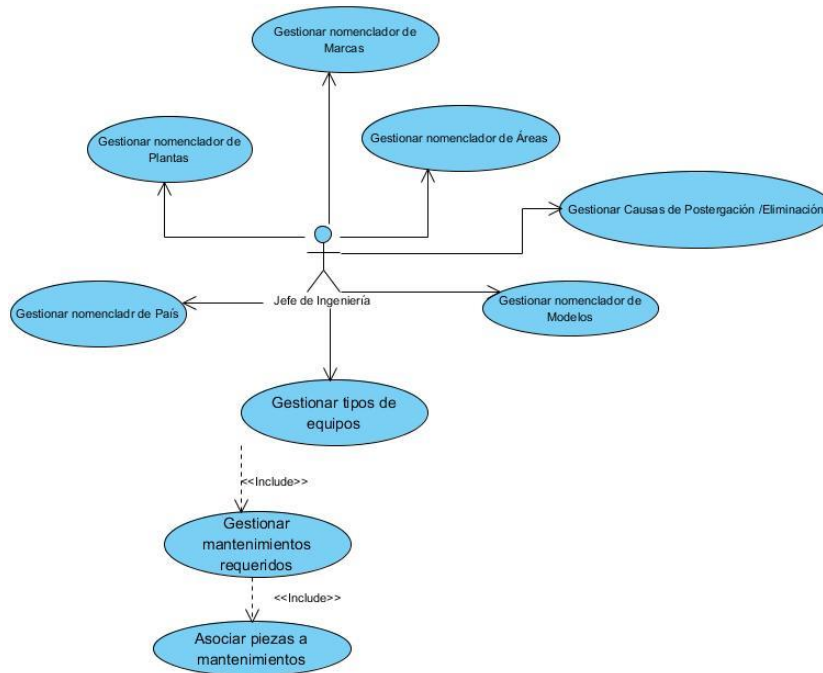


Fig. 3-4 Diagrama del Caso de Uso del Paquete Gestión General

Paquete de Gestión del Proceso

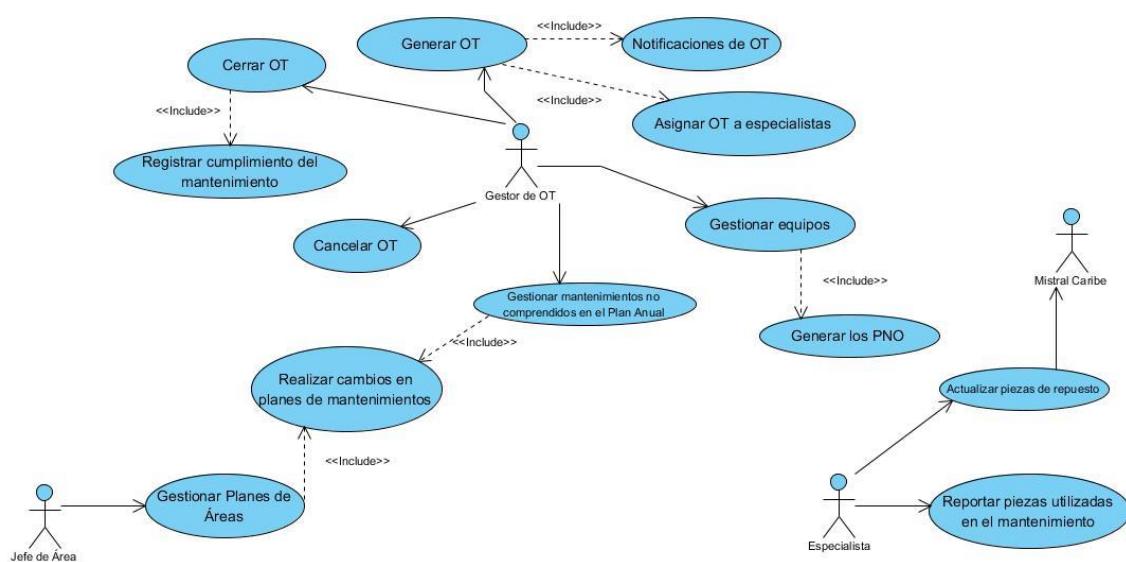


Fig. 3-5 Diagrama del Caso de Uso del Paquete Gestión del Proceso

Paquete de reportes

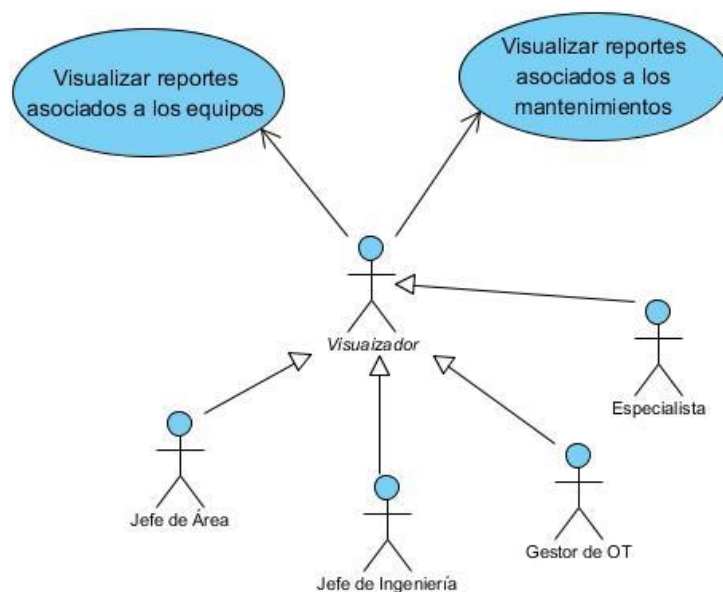


Fig. 3-6 Diagrama del Caso de Uso del Paquete de reportes

3.7 Descripción de casos de uso del sistema a informatizar

A continuación, se describen cada uno de los casos de usos del sistema.

Nota:

- Para ahorrar la modelación del negocio se consideró como un solo caso de uso la funcionalidad de Gestionar Nomencladores.

3.7.1 Descripción del caso de uso: Autenticar usuario

Tabla 3-2 Descripción del caso de uso: Autenticar usuario

Nombre del caso de uso	Autenticar usuario
Actor	Usuario.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando un actor desea acceder al sistema, para lo cual introduce el nombre de usuario y su contraseña. El caso de uso finaliza cuando accede a las funcionalidades definidas según el rol que le fue asignado.
Precondición	El usuario debe estar creado en el sistema.
Poscondición	El sistema debe pasar a la pantalla principal de la aplicación si el usuario fue autenticado correctamente. De lo contrario aparecer un mensaje de error.

3.7.2 Descripción del caso de uso: Cambiar contraseñas

Tabla 3-3 Descripción del caso de uso: Cambiar contraseñas

Nombre del caso de uso	Cambiar contraseñas
Actor	Usuario.
Resumen	El caso de uso inicia cuando el usuario accede al botón de “Cambiar contraseña”, para ello debe introducir la contraseña actual, luego la contraseña nueva y por último confirmar la nueva contraseña. El caso de uso termina cuando aparece una alerta con el cambio de contraseña.
Precondición	El actor tiene que haber iniciado sesión.
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.3 Descripción del caso de uso: Añadir usuarios

Tabla 3-4 Descripción del caso de uso: Añadir usuarios

Nombre del caso de uso	Añadir usuarios
Actor	Administrador (Informático).
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el administrador añade un usuario nuevo al sistema. El caso de uso termina con el usuario añadido al sistema.
Precondición	El actor tiene que haber iniciado sesión.
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.4 Descripción del caso de uso: Modificar usuarios

Tabla 3-5 Descripción del caso de uso: Modificar usuarios

Nombre del caso de uso	Modificar usuarios
Actor	Administrador (Informático).
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el administrador modifica un usuario. El caso de uso termina cuando aparece una alerta con el éxito de la modificación.
Precondición	<ul style="list-style-type: none">- El actor tiene que haber iniciado sesión.- El usuario debe existir en la base de datos.
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.5 Descripción del caso de uso: Supervisar las trazas

Tabla 3-6 Descripción del caso de uso: Supervisar las trazas

Nombre del caso de uso	Supervisar las trazas
Actor	Administrador (Informático).
Resumen	El caso de uso inicia cuando el actor solicita consultar las trazas del sistema. Para ello accede al listado de las trazas donde se busca a partir de los campos de la lista. El sistema muestra el listado de las trazas correspondiente a la consulta realizada.
Precondición	El actor tiene que haber iniciado sesión.
Poscondición	El sistema debe mostrar el listado de las trazas.

3.7.6 Descripción del caso de uso: Salvar la base de datos

Tabla 3-7 Descripción del caso de uso: Salvar la base de datos

Nombre del caso de uso	Salvar la base de datos
Actor	Administrador (Informático).
Resumen	El caso de uso inicia cuando el administrador accede al botón de salvar la base de datos. El caso de uso termina cuando aparece un cartel que indica que la base de datos se salvó correctamente.
Precondición	El actor tiene que haber iniciado sesión.
Poscondición	Se debe crear una salva de la base de datos.

3.7.7 Descripción del caso de uso: Gestionar Tipos de Equipos

Tabla 3-8 Descripción del caso de uso: Gestionar Tipos de Equipos

Nombre del caso de uso	Gestionar Tipos de Equipos
Actor	Jefe de Ingeniería.
Resumen	El caso de uso inicia cuando el jefe de Ingeniería accede al botón de Tipos de Equipos donde puede adicionar, modificar o eliminar un tipo de equipo determinado. El caso de uso termina cuando se crea el tipo de equipo.
Precondición	Debe existir en la base de datos la marca y modelo correspondiente a este tipo de equipo.
Poscondición	La información asociada a ese tipo de equipo debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.8 Descripción del caso de uso: Gestionar Mantenimientos Requeridos

Tabla 3-9 Descripción del caso de uso: Gestionar Mantenimientos Requeridos

Nombre del caso de uso	Gestionar Mantenimientos Requeridos
Actor	Jefe de Ingeniería.
Resumen	El caso de uso inicia cuando el jefe de Ingeniería selecciona un tipo de equipo y selecciona la opción de “Ver detalles”, inmediatamente se abre otra ventana donde puede ir adicionando los mantenimientos requeridos para ese tipo de equipo. El caso de uso culmina cuando el jefe de Ingeniería presiona el botón de “Cerrar mantenimiento”.
Precondición	Debe estar creado el Tipo de Equipo.
Poscondición	La información asociada a ese mantenimiento requerido debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.9 Descripción del caso de uso: Asociar piezas a mantenimientos

Tabla 3-10 Descripción del caso de uso: Asociar piezas a mantenimientos

Nombre del caso de uso	Asociar piezas a mantenimientos
Actor	Jefe de ingeniería.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el Jefe de Ingeniería creó los mantenimientos requeridos de un tipo de equipo y selecciona el botón: “Acciones” y luego selecciona la opción de “Piezas Requeridas” donde podrá agregar las piezas de repuesto necesarias para ejecutar ese mantenimiento. El caso de uso culmina cuando aparece una alerta con el éxito de la operación.

Precondición	El tipo de equipo debe tener mantenimientos requeridos asignados.
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.10 Descripción del caso de uso: Gestionar equipos

Tabla 3-11 Descripción del caso de uso: Gestionar equipos

Nombre del caso de uso	Gestionar equipos
Actor	Gestor OT.
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor de OT accede al botón Gestión/ Equipos y pulsa el enlace de agregar nuevo. Para ello debe escoger el tipo de equipo, área y promedio de explotación en horas. El caso de uso termina cuando aparece la alerta anunciando el éxito de la operación.
Precondiciones	El tipo de equipo debe estar creado.
Poscondición	La información asociada a los equipos debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.11 Descripción del caso de uso: Generar los PNO

Tabla 3-12 Descripción del caso de uso: Generar los PNO

Nombre del caso de uso	Generar los PNO
Actor	Gestor OT.
Resumen	Una vez concluida la gestión de cada equipo, el sistema generará automáticamente el PNO correspondiente. El caso de uso culmina cuando se visualizan los PNO de cada equipo.
Precondiciones	El equipo debe haber sido previamente creado y debe estar disponible el dato del tiempo de explotación diaria.
Poscondición	La información asociada a los PNOs debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.12 Descripción del caso de uso: Gestionar Planes de Áreas

Tabla 3-13 Descripción del caso de uso: Gestionar Planes de Áreas

Nombre del caso de uso	Gestionar Planes de Áreas
Actor	Jefe de Área
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el jefe de área accede al botón que le permite planificar los días que su área estará en actividad productiva. El caso de uso termina cuando aparece una alerta con el éxito de la operación.
Precondición	Debe estar creado previamente el equipo
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.13 Realizar cambios en planes de mantenimientos

Tabla 3-14 Descripción del caso de uso: Realizar cambios en planes de mantenimientos

Nombre del caso de uso	Realizar cambios en planes de mantenimientos
Actor	
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor añade un mantenimiento que no estaba previsto en el plan anual y que es de la envergadura de un mantenimiento mediano o general o cuando un jefe de área añade una

	afectación de Producción. El caso de uso culmina cuando todo el plan de mantenimiento se modifica en función del mantenimiento añadido.
Precondición	
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.14 Descripción del caso de uso: Generar OT

Tabla 3-15 Descripción del caso de uso: Generar OT

Nombre del caso de uso	Generar OT
Actor	Gestor de OT
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el Gestor de OT accede al botón de “Plan Mensual” donde se concentran los mantenimientos a ejecutar cada mes. El gestor accede al botón “Acciones” correspondiente a un mantenimiento determinado y selecciona la opción “Crear OT” donde el sistema generará una orden de trabajo. El caso de uso culmina cuando se muestra una alerta con el éxito de la operación.
Precondición	El mantenimiento debe estar disponible en la ventana de Plan Mensual.
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.15 Descripción del caso de uso: Asignar OT a especialistas

Tabla 3-16 Descripción del caso de uso: Asignar OT a especialistas

Nombre del caso de uso	Asignar OT a especialistas
Actor	Gestor de OT
Resumen	El caso de uso comienza cuando el gestor está creando una orden de trabajo y el sistema le muestra la opción de asignar especialista. Cuando el gestor despliega la ventana con las opciones se muestran los nombres de los especialistas con la cantidad de ordenes asignadas durante ese mes. El caso de uso culmina cuando el gestor selecciona un especialista y el sistema muestra una alerta indicando el éxito de la operación.
Precondición	El mantenimiento debe estar disponible en la ventana de Plan Mensual.
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.16 Descripción del caso de uso: Notificaciones de OT

Tabla 3-17 Descripción del caso de uso: Notificaciones de OT

Nombre del caso de uso	Notificaciones de OT
Actor	Gestor de OT
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor asigna una OT a un especialista determinado. En cuanto ese especialista abre su sesión, en el menú de notificaciones se reflejan las intervenciones preventivas que debe acometer en el mes.
Precondición	Debe existir previamente creadas las órdenes de trabajo.
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.17 Descripción del caso de uso: Reportar piezas utilizadas en el mantenimiento

Tabla 3-18 Descripción del caso de uso: Reportar piezas utilizadas en el mantenimiento

Nombre del caso de uso	Reportar piezas utilizadas en el mantenimiento
Actor	Especialista
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el Especialista accede al botón de “Mantenimiento/ Ver Detalles” donde podrá adicionar las piezas que utilizó durante la ejecución del mantenimiento preventivo. El caso de uso culmina cuando aparece una alerta indicándole el éxito de la operación..
Precondición	La información asociada a las piezas de repuesto debe estar actualizada.
Poscondición	La información debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.18 Descripción del caso de uso: Cerrar OT

Tabla 3-19 Descripción del caso de uso: Cerrar OT

Nombre del caso de uso	Cerrar OT
Actor	Gestor OT
Resumen	El caso de uso de inicia cuando el especialista entrega la OT al gestor para su posterior cierre en el sistema. Inmediatamente el gestor busca el equipo al cual se le realizó la intervención preventiva. Accede al botón Acciones/ Ver Detalles y busca la pestaña perteneciente al plan de mantenimiento preventivo donde selecciona la intervención que se ejecutó. Selecciona el botón Acciones/ Cerrar OT para añadir las horas empleadas y alguna observación determinada. El caso de uso culmina cuando el sistema muestra una alerta con el éxito de la operación.
Precondiciones	El mantenimiento debe encontrarse en fase de ejecutado.
Poscondición	La información asociada al mantenimiento debe quedar registrada en la base de datos.

3.7.19 Registrar el cumplimiento del mantenimiento

Tabla 3-20 Descripción del caso de uso: Registrar el cumplimiento del mantenimiento

Nombre del caso de uso	Registrar el cumplimiento del mantenimiento
Actor	Gestor de OT
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor cierra una OT determinada y a este mantenimiento se le añade como fecha de terminación, la fecha en la cual se cerró la OT, dando por cumplido el plan de mantenimiento para ese mes en ese equipo. El caso de uso culmina cuando se visualiza la fecha de terminación del mantenimiento.
Precondición	Deber haber sido cerrada la OT correspondiente al mantenimiento preventivo.
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.20 Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual

Tabla 3-21 Descripción del caso de uso: Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual

Nombre del caso de uso	Gestionar mantenimientos no comprendidos en el Plan Anual
Actor	Gestor de OT

Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor accede al botón “Mantenimiento Automático/ Mecánico realizado” disponible en la pestaña “Mantenimientos” de un equipo determinado para agregar una intervención correctiva que se le realizó al equipo y clasifica como una acción preventiva de la envergadura de un mantenimiento mediano o general. El caso de uso culmina cuando se agrega el mantenimiento.
Precondición	
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.21 Cancelar OT

Tabla 3-22 Descripción del caso de uso: Cancelar OT

Nombre del caso de uso	Cancelar OT
Actor	Gestor de OT
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el gestor selecciona un equipo determinado y accede a la pestaña de plan de mantenimiento donde se muestran los planes que tienen OT creadas. El gestor selecciona el mantenimiento a cancelar y accede al botón Acciones/ Cancelar OT. Seguidamente se le muestra una pantalla al gestor donde deberá seleccionar cuales fueron las causas de la cancelación. El caso de uso culmina cuando el sistema muestra la alerta con el éxito de la operación.
Precondición	Tiene que estar creada la OT.
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.22 Actualizar piezas de repuesto

Tabla 3-23 Descripción del caso de uso: Actualizar piezas de repuesto

Nombre del caso de uso	Actualizar piezas de repuesto
Actor	Especialista
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el especialista accede al botón “Actualizar piezas” donde se actualiza la existencia de las piezas de repuesto que se encuentran en el sistema Mistral Caribe. El caso de uso culmina cuando aparece una alerta que anuncia el éxito de la operación.
Precondición	El usuario especialista debe estar autenticado
Poscondición	La información debe quedar almacenada en la base de datos.

3.7.23 Visualizar reportes asociados a los equipos

Tabla 3-24 Descripción del caso de uso: Visualizar reportes asociados a los equipos

Nombre del caso de uso	Visualizar reportes asociados a los equipos
Actor	Visualizador
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el actor selecciona visualizar alguno de los reportes que proporciona el sistema asociado a los equipos existentes. El caso de uso culmina cuando se visualiza el reporte.

3.7.24 Visualizar reportes asociados a los mantenimientos

Tabla 3-25 Descripción del caso de uso: Visualizar reportes asociados a los mantenimientos

Nombre del caso de uso	Visualizar reportes asociados a los mantenimientos
Actor	Visualizador
Resumen	El caso de uso se inicia cuando el actor selecciona visualizar alguno de los reportes que proporciona el sistema asociado a los mantenimientos. El caso de uso culmina cuando se visualiza el reporte.

3.7.25 Gestionar Nomencladores

Tabla 3-26 Descripción del caso de uso: Gestionar Nomencladores

Nombre del caso de uso	Gestionar Nomencladores
Actor	Jefe de Ingeniería
Resumen	El caso de uso inicia cuando el Jefe de Ingeniería requiere gestionar los nomencladores. El caso de uso permite insertar, modificar y eliminar un nomenclador.
Poscondición	Solo se podrá eliminar un nomenclador siempre y cuando no haya información asociada a él.

3.8 Definición de los requisitos no funcionales del sistema

✓ Apariencia e interfaz

La aplicación debe tener un diseño uniforme en todas sus páginas, poseer una interfaz amigable y sencilla al usuario. Predominará el color azul por ser característico de la empresa.

✓ Usabilidad

- El sistema deberá ser accedido por personas con conocimientos básicos de Informática.
- Las funcionalidades del sistema se mostrarán a partir de un menú donde los usuarios tendrán acceso a una serie de operaciones.
- En caso de error se debe proporcionar mensajes que sean informativos y orientados al usuario final.

✓ Soporte

Se deberá probar el sistema antes de su entrega a los usuarios finales y deberá permitir realizarle mejoras y actualizaciones en el futuro que no influyan con el funcionamiento adecuado del *software*.

✓ **Software**

Para la PC del servidor *Web* se recomienda un servidor *Web* Apache 2 o superior, lenguaje de programación PHP 5.4 y como gestor de base de datos MySQL. Para la PC del cliente se recomienda el sistema operativo Linux o Windows y un navegador *Web*.

✓ **Hardware**

Para el acceder a la aplicación, en el caso de las PC clientes deben estar conectadas a la red y que tengan como mínimo 512 Mb de memoria RAM y 4 GB de espacio en el disco duro.

En el caso del servidor de base de datos y servidor *Web*, igual deben estar conectados a la red, poseer un mínimo de 1GB de memoria RAM, Procesador Core2Duo o superior y un mínimo de 10 GB de espacio en el disco duro.

✓ **Seguridad**

- Todos los usuarios deberán estar autenticados para poder acceder a las funcionalidades del sistema.
- El administrador de la aplicación es el único usuario que puede visualizar las trazas y salvar la base de datos.
- La aplicación debe ser capaz de garantizar la disponibilidad de los datos cuando sea requerida por el usuario autenticado.
- Cada usuario del sistema se le asignará un rol y en el momento en que este acceda al sistema se mostrarán las acciones disponibles para el mismo.

3.9 Conclusiones parciales

- ✓ Mediante la captura de requisitos se identificaron los requerimientos del usuario que posteriormente definirán las características y funcionalidades del software.
- ✓ Las funcionalidades identificadas fueron divididas en cuatro paquetes para una mejor organización y comprensión de la estructura que presentará la aplicación.

Paquete de Seguridad

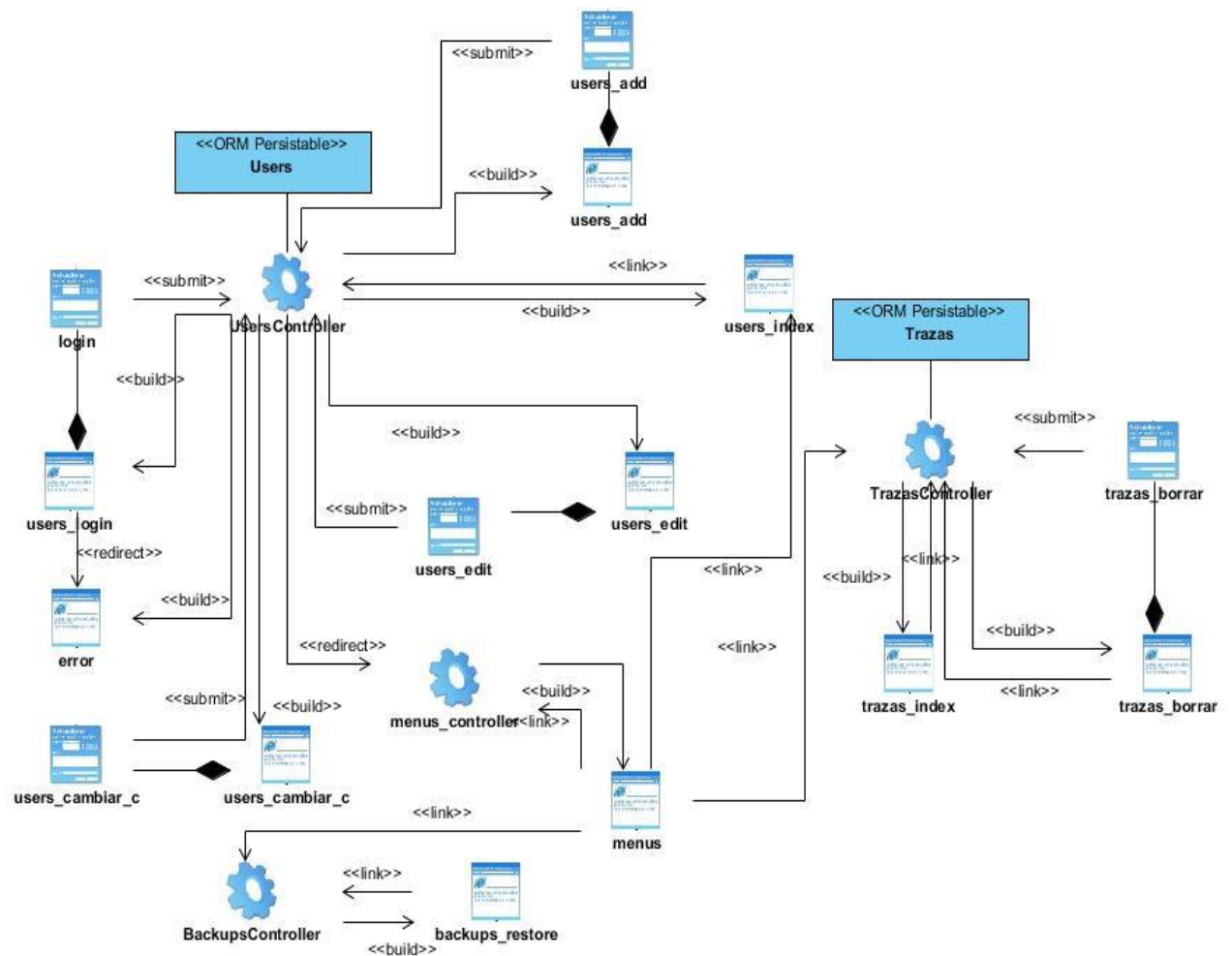


Fig. 4-2 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Seguridad

Paquete de Gestión del Proceso

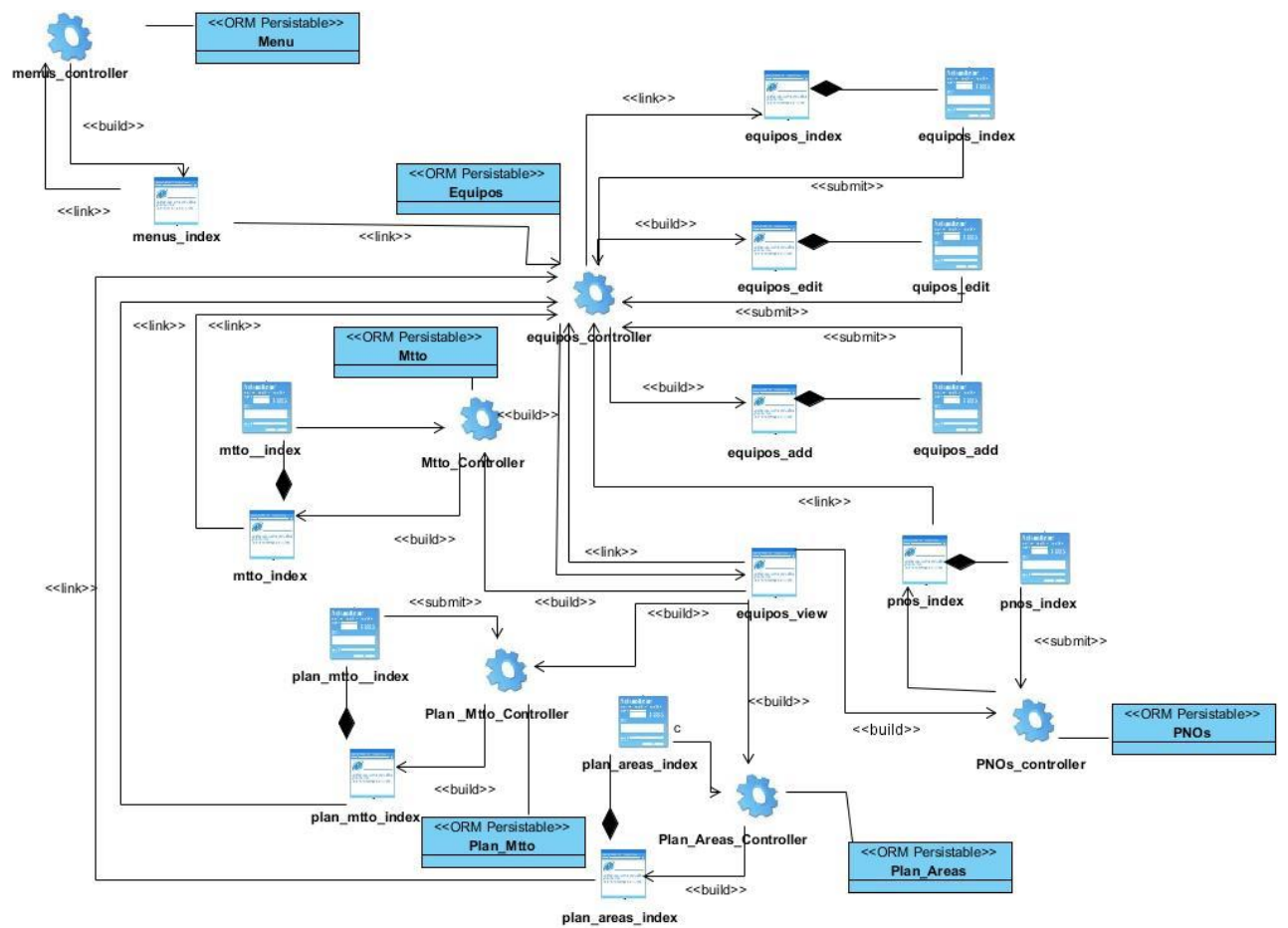


Fig. 4-3 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Gestión del Proceso

Paquete de Gestión General

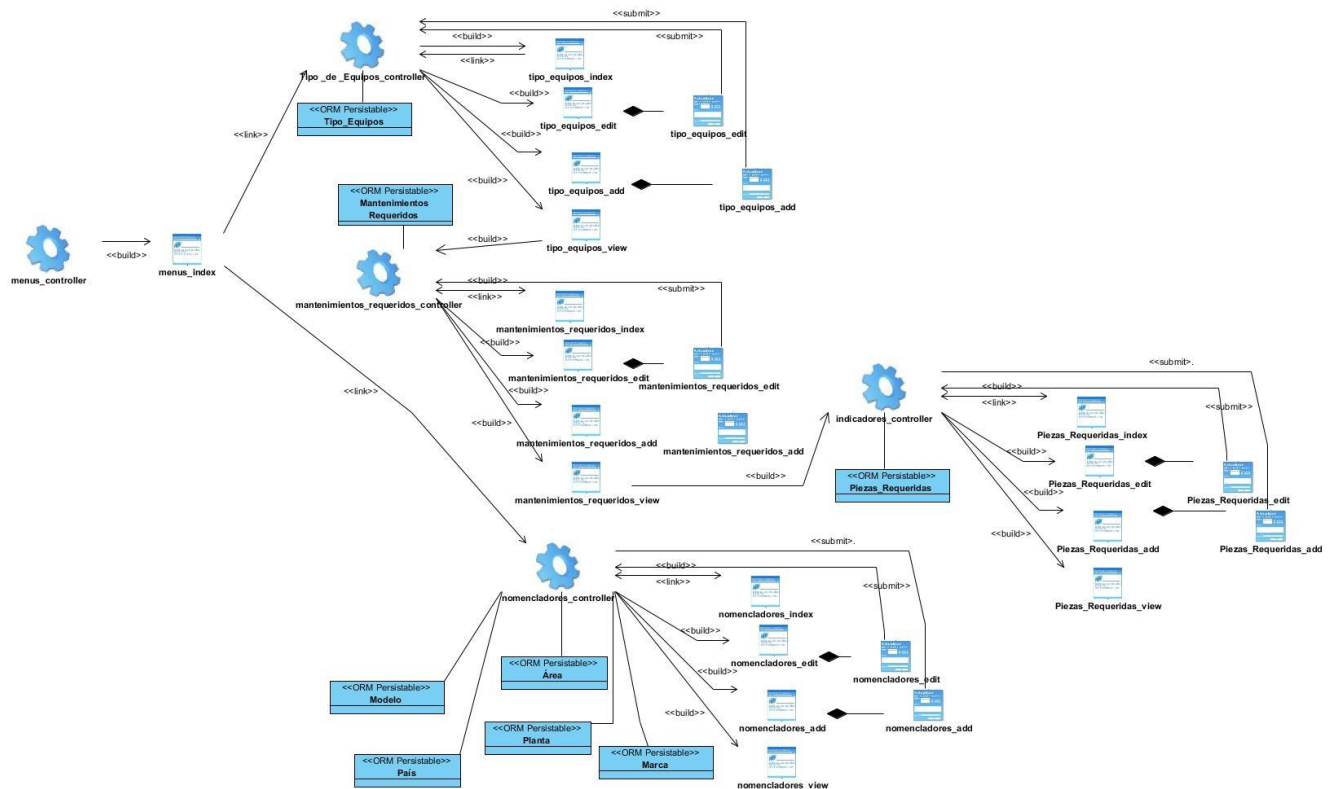


Fig. 4-4 Diagrama de Clases de Diseño: Paquete de Gestión General

4.3 Diseño de la Base de Datos

El diseño de una base de datos es de suma importancia ya que de ello dependerá que nuestros datos estén correctamente actualizados y la información siempre sea exacta. Si hacemos un buen diseño de base de datos podremos obtener reportes efectivos y eficientes [29].

Modelo físico de la Base de Datos

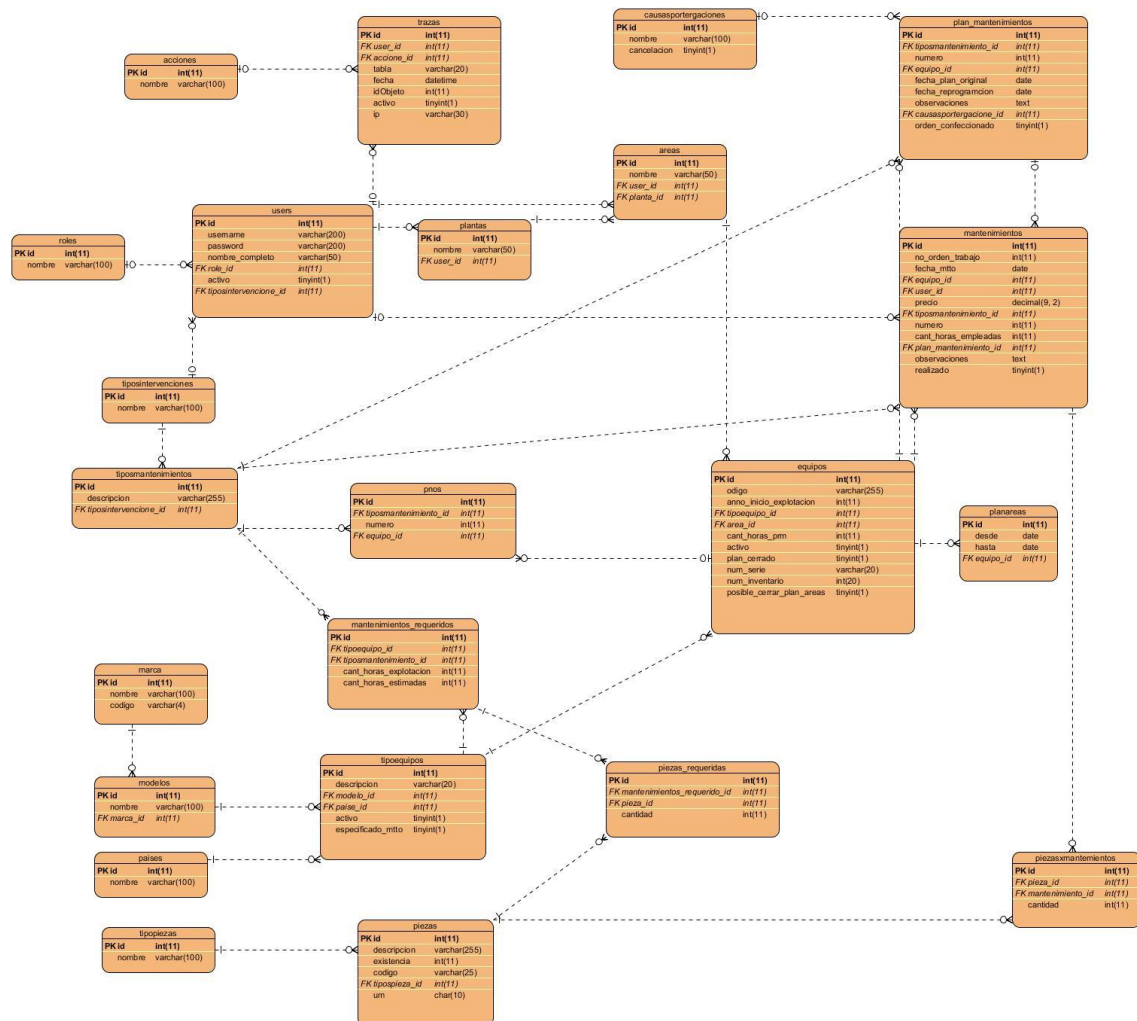


Fig. 4-5 Diagrama físico de la Base de Datos

Modelo Lógico de la Base de Datos

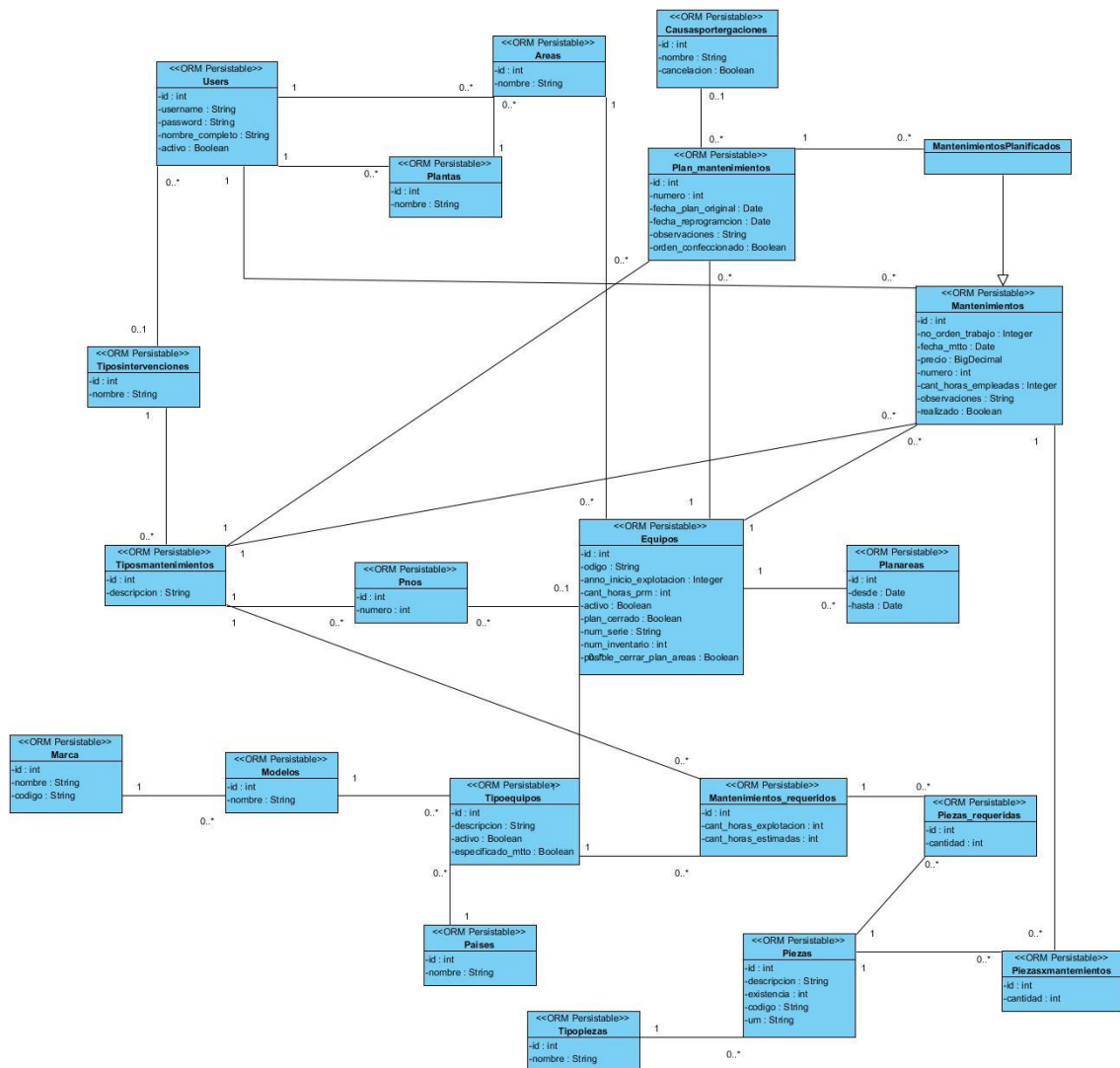


Fig. 4-6 Diagrama Lógico de la Base de Datos

4.4 Principio de Diseño

4.4.1 Diagrama de Estructuración en Capas basado en Responsabilidad

Una arquitectura multicapas promueve la separación de responsabilidades por capas. En el caso particular de 3-capas se separa la presentación de la lógica de negocio y ésta de la de datos. La capa de presentación no accede directamente a la base de datos, sino que lo hace únicamente a través de la capa de negocio. La arquitectura multicapas introduce muchas mejoras importantes dentro del diseño de la aplicación, incluyendo la flexibilidad a través de una adecuada separación entre la capa de presentación y la lógica de negocio [30].

El sistema propuesto hace uso del enfoque basado en responsabilidades donde cada elemento está agrupado según su nivel de responsabilidad dentro del sistema.

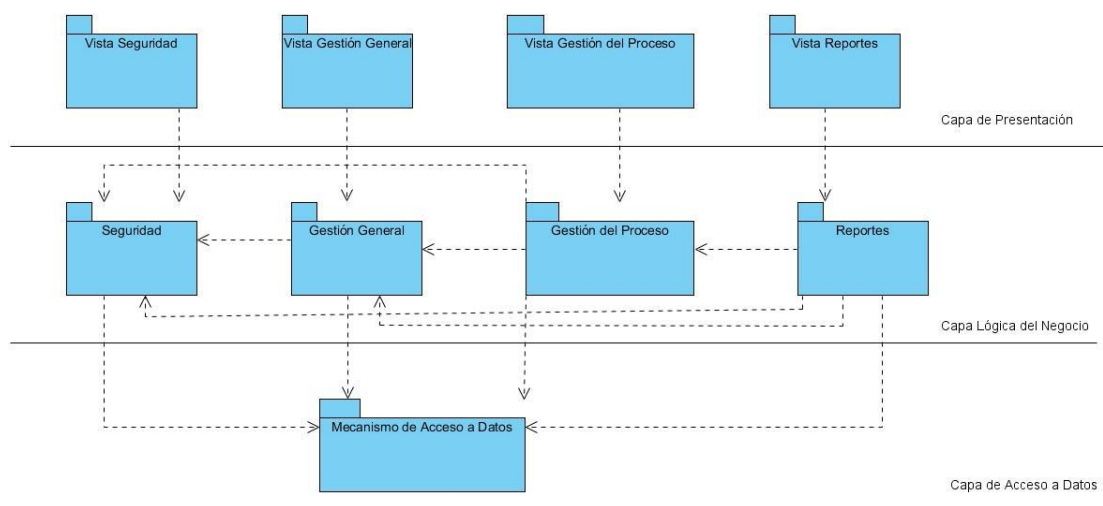


Fig. 4-7 Diagrama de estructuración en capas

- **Capa de Presentación**

Representa la capa donde se evidencia la interacción del usuario con el sistema a través de las pantallas de interfaz de usuario. Se comunica únicamente con la capa de Lógica del Negocio.

- **Capa de Lógica del Negocio**

Contiene las clases responsables de las funcionalidades del sistema, ya que es donde residen los programas que se ejecutan, se reciben las peticiones del usuario y se envían las respuestas tras el proceso. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos para solicitar al gestor de base de datos almacenar o recuperar datos de él.

- **Acceso a datos**

Contiene la lógica de acceso a los datos del sistema. Está formada por el gestor de base de datos y las clases que gestionan la información.

4.4.2 Patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador

El patrón Modelo, Vista y Controlador (mvc) es el más extendido para el desarrollo de aplicaciones donde se deben manejar interfaces de usuarios. Éste se centra en la separación de los datos o modelo, y la vista, mientras que el controlador es el encargado de relacionar a estos dos. Su principal característica es aislar la vista del modelo [31].

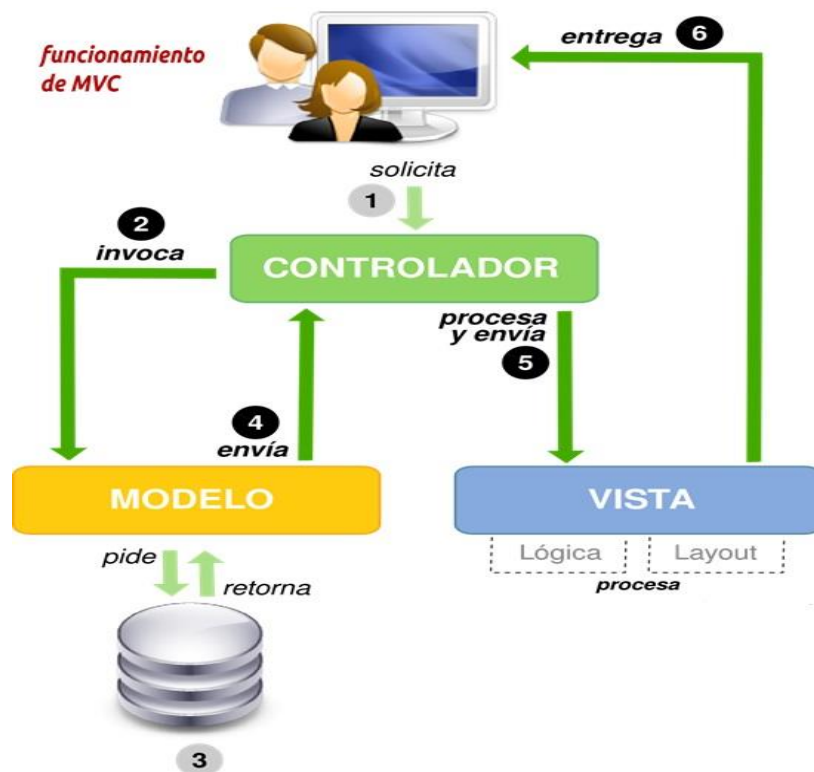


Fig. 4-8 Funcionamiento del patrón MVC (Modelo- Vista- Controlador)

El modelo es el conjunto de clases encargado de representar la información con que trabaja el usuario.

Las vistas son las delegadas de representar gráficamente el modelo y de brindar las operaciones de los controladores para que el usuario pueda interactuar con el sistema diseñado. En el caso de una aplicación *Web* la vista es una página HTML con contenido dinámico sobre la cual se puede realizar operaciones.

El controlador, en las aplicaciones actuales, es un módulo o una sección intermedia de código, que hace de intermediario de la comunicación entre el

'modelo' y la 'vista', y unifica la validación (utilizando llamadas directas o el "observer" para desacoplar el 'modelo' de la 'vista' en el 'modelo' activo). [32]

Al aplicar este patrón en el proyecto, se tuvieron en cuenta las convenciones de nombres de CakePHP para el diseño de la base de datos. De esta forma, el *framework* permite modelar, por cada objeto de la base de datos, un modelo, un controlador que maneja y redirecciona las peticiones hechas por los usuarios, y tantas vistas como sean necesarias.

Estas peticiones son procesadas por un despachador que selecciona el controlador correcto para manejarlo. Una vez que la petición llega al controlador, éste se comunicará con la capa del Modelo para cualquier proceso de captación de datos o el guardado de los mismos según se requiera. Una vez finalizada esta comunicación el controlador procederá a delegar en el objeto de vista correcto la tarea de generar una presentación resultante de los datos proporcionados por el modelo. Finalmente, cuando esta presentación se genera, se envía de inmediato al usuario [33].

4.4.3 Interfaz de usuario

Para el diseño de la interfaz de usuario se tuvo en cuenta la estabilidad y uniformidad con el fin de garantizar la fácil interacción del usuario con el sistema. Las pantallas de la aplicación presentan un estilo homogéneo y sencillo, distinguiéndose el color azul por ser representativo de la organización. Para acceder al sistema el usuario debe teclear su nombre de usuario y contraseña, a continuación de esto accede a una pantalla donde se muestran todas las funcionalidades disponibles para el rol que le fue asignado.

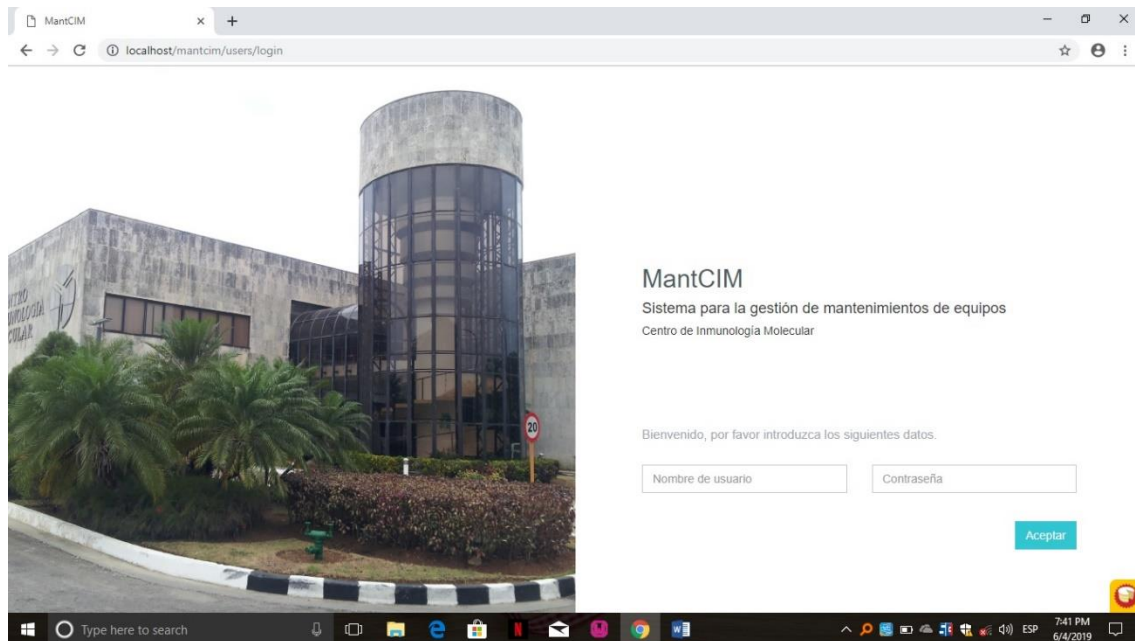


Fig. 4-9 Pantalla de autenticación de usuario

4.4.4 Formato de salida de los reportes

Los reportes constituyen una parte indispensable en cualquier *software* ya que, a través de estos, los usuarios son capaces de generar y adquirir información de gran utilidad. Para los reportes que brindará el sistema fueron necesarias una serie de consultas SQL asociadas a la base de datos como Vistas. Como resultado de esto, la aplicación brinda la posibilidad de aplicarle diferentes filtros a la información para obtener resultados específicos de acuerdo a los parámetros que se establezcan y luego los usuarios tienen la posibilidad de visualizar cada resultado como se muestra en la pantalla o salvar la información en formato pdf.

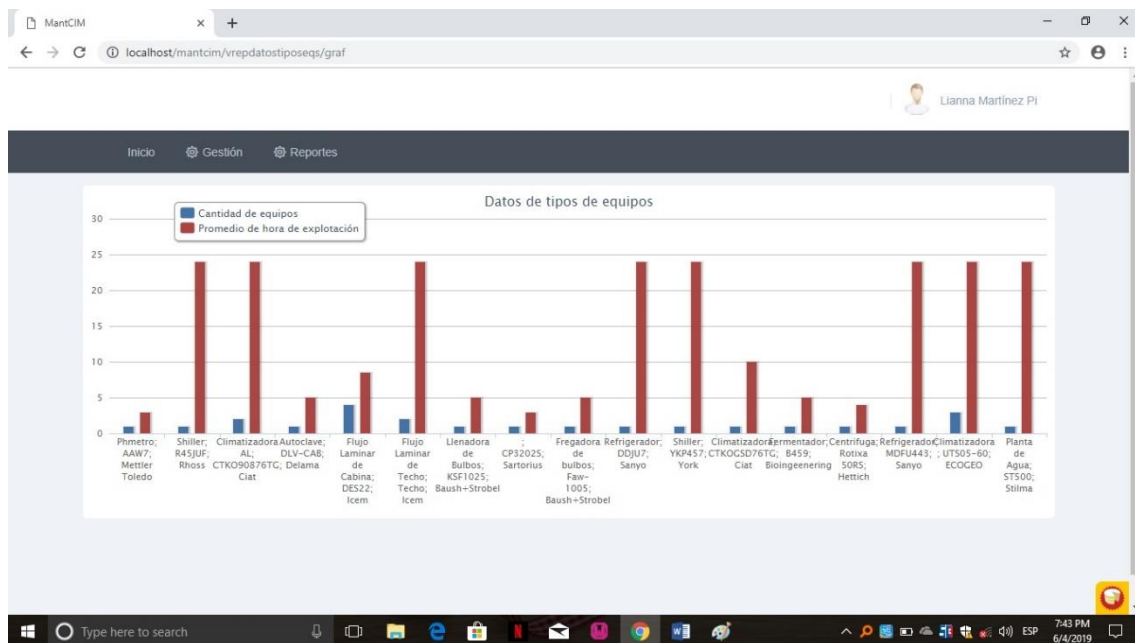


Fig. 4-10 Formato de salida de reportes

4.5 Tratamiento de Errores

La validación es una parte muy importante en el desarrollo de una aplicación *Web* ya que minimiza la ocurrencia de errores dentro del sistema, garantizando que toda la información gestionada sea coherente y confiable. Para ello fueron validadas todas las entradas de datos en los formularios, con el fin de evitar el manejo de información errónea, así como velar porque aquellos campos que son de carácter obligatorio, no queden en blanco antes de iniciar cualquier acción, y en caso de producirse algún error, el sistema notifique al usuario.

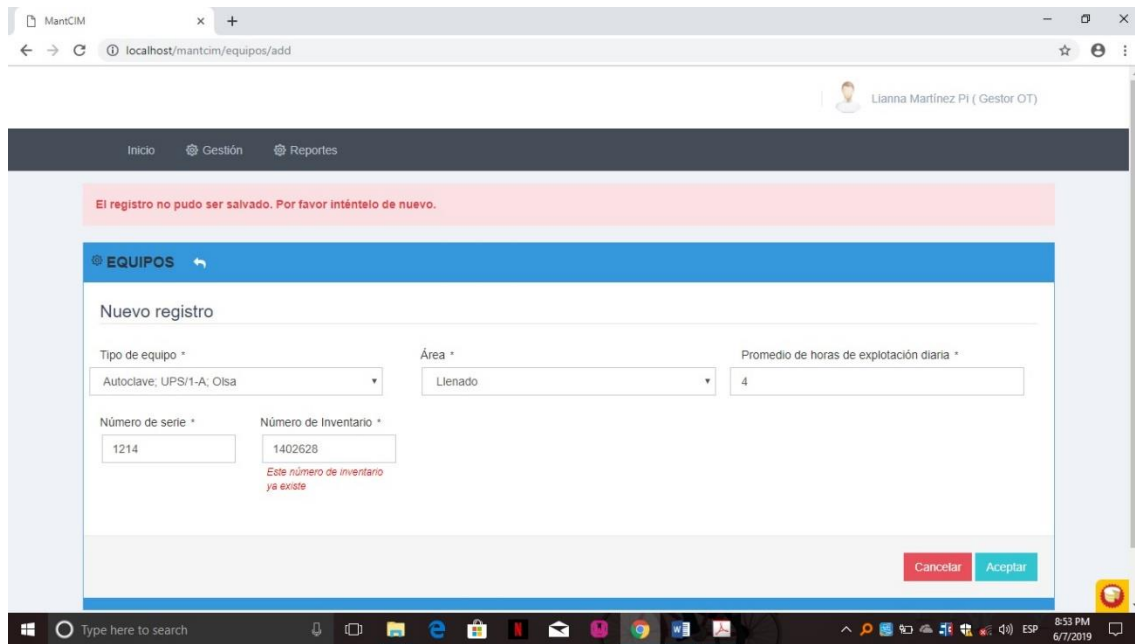


Fig. 4-11 Tratamiento de Errores

4.6 Diagrama de despliegue

Un diagrama de despliegue modela la arquitectura en tiempo de ejecución de un sistema. Esto muestra la configuración de los elementos de *hardware* (nodos) y muestra cómo los elementos y artefactos del *software* se trazan esos nodos [34].

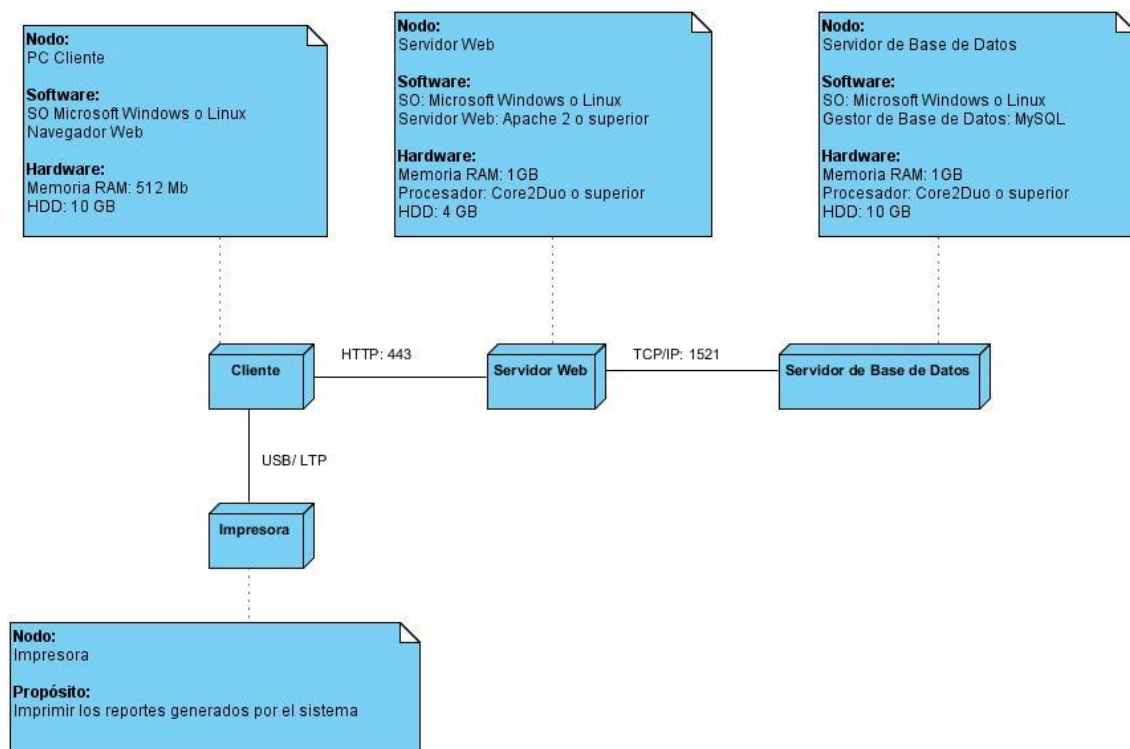


Fig. 4-12 Diagrama de Despliegue

El nodo cliente se conecta al Servidor Web para acceder a la aplicación mediante el protocolo HTTP: 443 y este se conecta al servidor de Base de Datos para las consultas, las actualizaciones, emisión de información y reportes a través del protocolo TCP/IP: 1521. El nodo cliente cuenta con un nodo impresora conectada para realizar las impresiones de los informes deseados.

4.7 Mecanismo de Acceso a Datos

Existen varias estrategias, arquitecturas y patrones de diseño para el manejo de la lógica de negocio y el acceso a la base de datos. Lo que determina el uso de una u otra arquitectura está dado por las especificaciones y características del software a desarrollar y también por el gusto de quien diseña el esqueleto de la aplicación.

Active Record es un enfoque al problema de acceder a los datos de una base de datos. Una fila en la tabla de la base de datos (o vista) se envuelve en una clase, de manera que se asocian filas únicas de la base de datos con objetos del lenguaje de programación usado. Las clases ActiveRecord de CakePHP

proporcionan independencia del motor de bases de datos y encapsulan la lógica de Negocio relacionada.

Para el acceso a datos de la aplicación se hace uso de librerías ORM, estas librerías hacen uso de un patrón llamado ActiveRecord en el cual, el objeto contiene los datos que representan a un renglón (o registro) de la tabla o la vista, además de encapsular la lógica necesaria para acceder a la base de datos. De esta forma el acceso a datos se presenta de manera uniformada a través de la aplicación [35].

4.9 Conclusiones parciales

- ✓ El actual capítulo fue decisivo para determinar y fundamentar la arquitectura candidata y los patrones arquitectónicos a utilizar para una mejor organización a la hora de desarrollar la aplicación.
- ✓ Se determinó utilizar el enfoque de responsabilidad debido a la estructura organizativa que aporta.

Capítulo 5 Validación y factibilidad de la solución propuesta

5.1 Introducción

En el presente capítulo se definen los tipos de pruebas a realizar, los casos de uso que se utilizarán y los resultados que se obtendrán a partir de la aplicación de los mismos. Además, se realiza un análisis de los beneficios que se obtendrán en las condiciones actuales con la realización de la aplicación propuesta.

5.2 Tipos de pruebas ejecutadas y justificación de la selección

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

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

Para realizarlas se debe hacer una planificación que consiste en definir los aspectos a examinar y la forma de verificar su correcto funcionamiento, punto en el cual adquieren sentido los casos de prueba. [36]

Pruebas de Caja Blanca

Las técnicas de caja blanca (camino básicos, control de flujo, control de datos o pruebas de ramificación) están basadas en estudiar el código fuente y se utilizan, principalmente, desde una perspectiva interna en el desarrollo de *software*. Como están basadas en el estado actual del código fuente, si se realizan cambios en la implementación, en la mayoría de los casos, también habrá que realizar cambios en los casos de pruebas.

Este tipo de pruebas requieren una alta cualificación en el equipo de pruebas (o en su caso del de desarrollo), tanto para la identificación de los casos de pruebas como para su implementación.

Pruebas de Caja Negra

Las pruebas de caja negra (particiones de equivalencia, análisis de valores límite, pruebas transversales, etc.) tienen una visión externa del producto *software* y no están centradas en el código fuente.

Estas pruebas están centradas en analizar la funcionalidad, por lo tanto, los casos de prueba se basan en las diferentes entradas que puede recibir el *software* y sus correspondientes valores de salida. Estas técnicas se pueden aplicar a cualquiera de los niveles de pruebas (unitarias, integración, aceptación) con diferentes niveles de abstracción en la definición de los casos de prueba. [37]

Para comprobar el funcionamiento y verificar las funcionalidades del sistema se decidió realizar las pruebas de Caja Negra.

5.3 Diseño de los casos de prueba

Para preparar los casos de pruebas, se necesitan un número de datos que ayuden a la ejecución de estos casos y permitan que el sistema se ejecute en todas sus variantes. Se pueden introducir datos válidos o inválidos para el programa según lo que se desea: hallar un error o probar una funcionalidad. Los datos se escogen atendiendo a las especificaciones del problema, sin importar los detalles internos del programa, a fin de verificar que el programa funcione bien.

Escenario de Prueba: Adicionar Área

Tabla 5-1 Escenario de prueba: Adicionar Área

Escenario	Descripción General	Escenarios de pruebas	Flujo del escenario
Adicionar Área	El sistema debe adicionar el Área	1.1 Adicionar Área Correctamente	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos y se presiona el botón "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Áreas/Index
		1.2 Adicionar Área campos en blanco	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos al menos dejando uno en blanco - Se presiona el botón "Aceptar" - El sistema valida los datos y muestra el mensaje: "Completa este campo" - El usuario llena todos los campos y presiona la tecla "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Áreas/Index

Descripción de la variable

Tabla 5-2 Tabla Descripción de la variable: Escenario de Prueba- Adicionar Área

No.	Nombre del campo	Tipo	Válido	Inválido
1	Nombre	Texto	Alfanumérico	Caracteres extraños
2	Jefe de Área	Lista desplegable		Valor nulo
	Planta	Lista desplegable		Valor nulo

Juego de datos a probar

Tabla 5-3 Tabla Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Adicionar Área

Campos	EP 1.1	EP 1.2
Nombre	Llenado	
Jefe de Área	Margarita Jiménez (Seleccione)	Margarita Jiménez (Seleccione)
Planta	EPOVAC (Seleccione)	EPOVAC (Seleccione)

Escenario de Prueba: Adicionar Tipo de Equipo

Tabla 5-4 Escenario de prueba 2: Adicionar Tipo de Equipo

Escenario	Descripción General	Escenarios de pruebas	Flujo del escenario
Adicionar Tipo de Equipo	El sistema debe adicionar el Tipo de Equipo	2.1 Adicionar Tipo de Equipo Correctamente	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos y se presiona el botón "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Tipo de Equipos/Index
		2.2 Adicionar Tipo de Equipo con campos en blanco	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos al menos dejando uno en blanco - Se presiona el botón "Aceptar" - El sistema valida los datos y muestra el mensaje: "Completa este campo" - El usuario llena todos los campos y presiona la tecla "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Tipo de Equipos/Index

Descripción de las variables

Tabla 5-5 Descripción de la variable: Escenario de Prueba- Adicionar Tipo de Equipo

No.	Nombre del campo	Tipo	Válido	Inválido
1	Descripción	Texto	Alfanumérico	Caracteres extraños
2	Modelo	Lista desplegable		Valor nulo
3	País	Lista desplegable		Valor nulo

Juego de datos a probar

Tabla 5-6 Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Adicionar Tipo de Equipo

Campos	EP 2.1	EP 2.2
Descripción	Autoclave	
Modelo	DLV- CAB (Seleccione)	DLV- CAB (Selección)
País	Italia (Seleccione)	Italia (Seleccione)

Escenario de Prueba: Insertar equipo

Tabla 5-7 Escenario de prueba 3: Insertar equipo

Escenario	Descripción General	Escenarios de pruebas	Flujo del Escenario
Adicionar equipo	El sistema debe adicionar el equipo	3.1 Adicionar el equipo Correctamente	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos y se presiona el botón "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Equipos/Index
		3.2 Adicionar el equipo con datos erróneos	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos introduciendo al menos un dato erróneo - Se presiona el botón "Aceptar" - El sistema valida los datos y muestra el mensaje indicando el error que se detectó - El usuario llena todos los campos y presiona la tecla "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Equipos/Index
		3.3 Adicionar el equipo con campos en blanco	<ul style="list-style-type: none"> - Se presiona el botón "Adicionar" - El sistema muestra los campos a llenar - Se llenan los campos al menos dejando uno en blanco - Se presiona el botón "Aceptar" - El sistema valida los datos y muestra el mensaje: "Completa este campo" - El usuario llena todos los campos y presiona la tecla "Aceptar" - El sistema muestra el mensaje: "El registro ha sido guardado correctamente" y regresa a la ventana Equipos/Index

Descripción de las variables

Tabla 5-8 Descripción de las variables: Escenario de Prueba- Insertar equipo

No.	Nombre del campo	Tipo	Válido	Inválido
1	Tipo de Equipo	Lista desplegable	Alfanumérico	Valor nulo
2	Área	Lista desplegable	Alfanumérico	Valor nulo
3	Promedio horas explotación	Entero	Numérico	Números negativos
4	Num. Serie	Entero	Numérico	Números negativos
5	Num. Inventario	Entero	Numérico	Números negativos

Juego de datos a probar

Tabla 5-9 Juego de datos a probar: Escenario de Prueba- Insertar equipo

Campos	EP 3.1	EP 3.2	EP 3.3
Tipo de Equipo	Autoclave (Seleccione)	Autoclave (Seleccione)	Autoclave (Seleccione)
Área	Fregado (Seleccione)	Fregado (Seleccione)	(Seleccione)
P. horas explotación	4	-5	4
Num. Serie	12358	12358	12358
Num. Inventario	1202418	1202418	

5.4 Resultados de las pruebas

Se realizaron 3 iteraciones de las cuales se detectaron 12 errores en la aplicación. En la próxima iteración realizada fueron corregidos 8 de los errores detectados y para la última iteración realizada, todos los errores fueron corregidos.

La mayoría de los errores detectados durante las pruebas realizadas fueron de validaciones. Se obtuvo la aprobación de los usuarios lo cual permitió al desarrollador corregir requisitos a la hora de interactuar con el sistema, lográndose así la realización de un *software* funcional y seguro, que cumple con las necesidades del cliente.

5.4 Beneficios tangibles e intangibles

Una de las finalidades del desarrollo de una aplicación informática es la obtención de beneficios, los cuales pueden clasificarse en tangibles e intangibles.

Tabla 5-10 Valor monetario del software

Tareas Desarrolladas	Cantidad Trabajador	Salario/Hora	Tiempo en Horas Consumidas	Total
Captura de requisitos	1	4.25	56 h (7 días)	\$ 238.00
Diseño de la solución propuesta	1	4.25	240 h (30 días)	\$ 1020.00
Propuesta al usuario	1	4.25	40 h (5 días)	\$ 170.00
Selección y estudio de herramientas	1	4.25	192 h (24 días)	\$ 816.00
Implementación y documentación	1	4.25	1920 h (240 días)	\$ 8,160.00
Implantación y capacitación	1	4.25	40 h (5 días)	\$ 170.00
Pruebas	1	4.25	80 h (10 días)	\$ 340.00
Total			2,568 horas	\$ 10,914.00

Beneficios tangibles

- Este sistema está valorado en \$10, 914.00 lo que representa para la entidad un ahorro por concepto de pago por un *software* que satisface las necesidades del usuario final.
- La aplicación se desarrolla en *software* libre por lo que la entidad no tendrá que pagar gastos adicionales que pudieran generarse por la compra de licencias.

Beneficios intangibles

- ✓ Se garantiza la información y confidencialidad de la información que se procesa.
- ✓ Se eleva la rapidez en la búsqueda de información al encontrarse la misma centralizada en el *software*.
- ✓ El sistema permite consultar informes en el momento requerido por los usuarios.
- ✓ Se ahorra tiempo y esfuerzo en la entrada de datos.
- ✓ Se reducen los errores y redundancia en la información.
- ✓ Se logra una trazabilidad de las operaciones realizadas.

5.5 Conclusiones parciales

- ✓ A través del estudio realizado en el capítulo se determinó que la aplicación aporta a la entidad un ahorro considerado de los gastos que pudiera generar la contratación de un *software* de mantenimiento.
- ✓ Con las pruebas realizadas al *software* se identificaron y corrigieron los errores encontrados, elevando la calidad del *software* y garantizando que cumple con la finalidad deseada.

Conclusiones Generales

Con el desarrollo de la aplicación, se le logra un sistema *Web* que gestione la planificación de los mantenimientos preventivos en el Centro de Inmunología Molecular, dándole solución al problema planteado por la entidad y por consiguiente solucionando la situación problemática que existía.

Teniendo en cuenta los objetivos trazados:

- 1- A partir de los métodos investigativos empleados se analizó y comprendió el flujo de trabajo que se genera en los procesos de la entidad objeto de estudio, identificando así el problema y sus posibles soluciones.
- 2- El uso de los artefactos de RUP permitió determinar los actores y trabajadores del negocio y el sistema, así como los casos de uso y reglas del negocio involucradas, permitiendo identificar entonces las actividades que serían objeto de informatización.
- 3- La identificación de los requisitos a partir de los métodos de investigación utilizados, permitieron determinar la complejidad e importancia de cada una de las funcionalidades del sistema para su posterior implementación.
- 4- Con la descripción de la solución propuesta se pudo evidenciar la interacción de las clases presentes en la aplicación, así como sus responsabilidades en cada una de las capas identificadas en el sistema.
- 5- Las pruebas de caja negra permitieron identificar y corregir errores de validación presentes en la aplicación, obteniendo así un *software* para la planificación del mantenimiento preventivo de los equipos de Producción en el Centro de Inmunología Molecular.

Recomendaciones

A pesar de que se cumplió el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo, se expone a continuación una recomendación que pudiera aumentar el valor práctico y funcional de la aplicación.

1. Contemplar la posibilidad de manejar como dato de los mantenimientos el cumplimiento de las listas de chequeos cuando existan las condiciones de *hardware* que lo posibiliten de una manera natural.

Referencias bibliográficas

- [1] L. E. Quiala-Tamayo, Y. Fernández-Nápoles, A. E. Vallín-García, I. Lopes-Martínez, F. Domínguez-Pérez, and Y. C. J. V. Rey, "Una nueva visión en la gestión de la logística de aprovisionamientos en la industria biotecnológica cubana," vol. 27, pp. 93-101, 2018.
- [2] ""Centro de Inmunología Molecular (CIM)", [en línea], 2014. [consultado en Diciembre/2018]. Disponible en <http://www.cubadebate.cu/etiqueta/centro-de-inmunologia-molecular-cim/page/3/>."
- [3] J. N. Jover and G. F. J. R. T. Alfonso, "Biotecnología y sociedad en Cuba: el caso del Centro de Inmunología Molecular," pp. 11-24, 2014.
- [4] "Centro de Inmunología Molecular, [en línea], 2018. [consultado en Diciembre/2018]. Disponible en <https://www.cim.cu/es/quienes-somos>."
- [5] L. Rodríguez, "Acuerdo Consejo de Dirección Centro de Inmunología Molecular," 2019.
- [6] O. C. Lazarini, ""Historia y evolución del Mantenimiento" [en línea], 2019. [consultado en Mayo/2019]. Disponible en <https://docplayer.es/67903796-Historia-y-evolucion-del-mantenimiento.html>."
- [7] "SIMA, "Mantenimiento Preventivo", [en línea], 2018. [consultado en Mayo/2019]. Disponible en <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>."
- [8] D. Carrasco Zúñiga, J. A. Pérez Castro y Vázquez, A. S. López Salinas, and J. Meljem Moctezuma, "Modelo para el análisis de la farmacoterapia en expedientes clínicos," *Revista CONAMED*, vol. 21, pp. 5-14, 2018.
- [9] J. L. G. Alcaráz, L. R. Pérez, and J. R. González, "Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (TPM) en maquilas," *CULCyT*, 2015.
- [10] S. G. Garrido, *Organización y gestión integral de mantenimiento*: Ediciones Díaz de Santos, 2010.
- [11] J. A. C. Morales, "GMI: "Sistema informático para la Gestión de Mantenimiento Integral de equipos industriales". Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática. Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", Filial Universitaria Diez de Octubre., 2015.
- [12] E. S. M. Mouriz, ""SIGMEM: Sistema de gestión de mantenimiento de equipos de electromedicina para el laboratorio del Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Guanabacoa (CMHEM GBCOA)." 2018.
- [13] A. E. S. Avila, F. UN, M. J. A. C. Peña, A. J. D. Lugo, and A. R. Martínez, "Utilidad del Lenguaje Unificado de Modelado (UML) en el desarrollo de software profesional dentro del sector empresarial y educativo," 2018.
- [14] Y. Jiménez Sotolongo, "Sistema informático para el control de los resultados académicos de los estudiantes de pre-universitario en el municipio Baracoa," Departamento de Informática, 2012.
- [15] "METODOSS. "Metodología RUP", [en línea], 2017. [consultado en Enero/2019]. Disponible en <https://metodoss.com/metodologia-rup/>."
- [16] R. S. Pressman, "Ingeniería del software, UN ENFOQUE PRÁCTICO, SÉPTIMA EDICIÓN," pp. 45-47, 2010.
- [17] A. N. Cadavid, J. D. F. Martínez, and J. M. J. P. Vélez, "Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software," vol. 11, pp. 30-39, 2013.
- [18] M. Daniele, M. Uva, P. Martellotto, and G. Picco, "Aplicación de herramientas CASE a la enseñanza de Ingeniería de Software: Gestión de la Configuración de Software y Testing Funcional," in *V Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 2010.
- [19] A. J. Ochoa Reyes, A. Orellana García, Y. Sánchez Corales, and F. J. R. C. d. I. M. Davila Hernández, "Componente web para el análisis de información clínica usando la técnica de Minería de Datos por agrupamiento," vol. 6, pp. 5-16, 2014.
- [20] ""Funcionalidades principales de PowerDesigner", [en línea], 2015. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <https://www.powerdesigner.biz/ES/powerdesigner/powerdesigner-features.html>."
- [21] ""Lenguaje de Programación", [en línea], 2018. [consultado en Abril/2019]. Disponible en <https://concepto.de/lenguaje-de-programacion/>."
- [22] ""¿Qué es el lenguaje de programación PHP?", [en línea], 2019. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en

- <http://www.ictea.com/cs/index.php?rp=/knowledgebase/8663/iQue-es-el-lenguaje-de-programacion-PHP.html> ".
- [23] ""¿Qué es el lenguaje de programación JAVA?, [en línea], 2019. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <http://www.ictea.com/cs/knowledgebase.php?action=displayarticle&id=8790>."
 - [24] ""Ventajas y desventajas de programar en JAVA", [en línea], 2016. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <http://adictoalcodigo.blogspot.com/2016/07/ventajas-y-desventajas-de-programar-en.html>."
 - [25] ""¿Qué es CakePHP y por qué hay que utilizarlo?", [en línea], 2012. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <https://book.cakephp.org/1.3/es/The-Manual/Beginning-With-CakePHP/What-is-CakePHP-Why-Use-it.html>."
 - [26] ""¿Qué es Yii?", [en línea], 2019. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <https://www.yiiframework.com/doc/guide/1.1/es/quickstart.what-is-yii>."
 - [27] ""1.1 Symfony en pocas palabras", [en línea], 2019. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <https://uniwebsidad.com/libros/symfony-1-4/capitulo-1/symfony-en-pocas-palabras>."
 - [28] R. Marín, ""Los gestores de bases de datos más usados en la actualidad", [en línea], 2019. [consultado en Marzo/2019]. Disponible en <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>."
 - [29] "Diseño de la Base de Datos, [en línea], 2018. [consultado en junio/ 2019]. Disponible en <https://exceltotal.com/disenio-de-bases-de-datos/>."
 - [30] A. C. N. J. R. G. Lemus, "Arquitectura por componentes jee, un caso práctico," vol. 14, pp. 31-41, 2015.
 - [31] J. G. C. Sagredo, A. T. Espinosa, M. M. Reyes, and M. d. L. L. García, "Automatización de la codificación del patrón modelo vista controlador (MVC) en proyectos orientados a la Web," 2016.
 - [32] G. Arcos-Medina, J. Menéndez, and J. J. K. E. Vallejo, "Comparative Study of Performance and Productivity of MVC and MVVM design patterns," vol. 1, pp. 241-252, 2018.
 - [33] "Cake PHP, [en línea], 2018. [consultado en Mayo /2019]. Disponible en <http://cakephp.org/#>."
 - [34] "Sparx Systems Pty Ltd "Diagrama de Despliegue UML 2", [en línea], 2019. [consultado en Abril/2019]. Disponible en http://www.sparxsystems.com.ar/resources/tutorial/uml2_deploymentdiagram.html."
 - [35] ""Patrón Active Record", [en línea], 2018. [consultado en Mayo/2019]. Disponible en <https://esacademic.com/dic.nsf/eswiki/35413>."
 - [36] M. G. Estayno, G. N. Dapozo, L. R. Cuenca Pletsch, and C. L. Greiner, "Modelos y Métricas para evaluar Calidad de Software," in *XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2009.
 - [37] A. Yagüe and J. J. R. R. E. d. I. Garbajosa, "Calidad e Ingeniería del Software, "Comparativa práctica de las pruebas en entornos tradicionales y ágiles," vol. 5, 2009.

Glosario de siglas y términos

Enfermedades autoinmunes: Es una condición patológica en la cual el sistema inmunitario se convierte en el agresor que ataca y destruye a los propios órganos y tejidos corporales sanos.

Procedimiento Normalizado de Operación (PNO): Documento que refleja operaciones que deben realizarse, y precauciones que han de tomarse en el trabajo directo o indirecto de un equipo o actividad determinado.