

Sistema Automatizado para la Gestión del Mantenimiento

Michael Herrera Galán *, Yoenia Duany-Alfonso ** y Armando Abreu-Duque ***

* Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE), michaelhg@electricacujae.edu.cu **

Centro Nacional de Investigaciones Científicas, yoenia.duany@cnic.edu.cu *** Centro Nacional de Investigaciones Científicas, armando.abreu@cnic.edu.cu

Abstract— A necessary aspect that the entities take into account to have an efficient performance consists on guaranteeing a high availability of the equipment, with the objective of avoiding stopped of plant and to get stability in the quality and production. To this purpose the activities of the Department of Maintenance replay, to remembering to cut the cost of the management to a minimum as a fundamental part of the added value of an industry or hospital installation. Therefore, it becomes necessary an organized and efficient maintenance that guarantees the requirements of the production or service. The essence of this project is a software's creation to optimize the methodology and implementation of a program of maintenance management attended by computer. It's directly related with the implementation of a system of methods, procedures and controls that govern the whole maintenance activity in the Plantas de Productos Naturales del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) and it's aimed at guarantee the execution of the demands of the Good Practices of Production (GPP).

keywords— CMMS, Software, UML, BPF, RUP.

Resumen— Un aspecto esencial que las empresas toman en cuenta para tener un desempeño eficiente consiste en garantizar una elevada disponibilidad de los equipos, con el objetivo de evitar paradas de planta y lograr una estabilidad en la calidad y producción. A este propósito sirven las actividades del Departamento de Mantenimiento, teniendo presente disminuir el costo de su gestión como parte del valor añadido de una industria. Por ende, se hace necesario un mantenimiento organizado que garantice los requerimientos de la producción. La esencia de este proyecto fue la creación de un software para optimizar la gestión de mantenimiento basado en ordenador (GMAO), utilizando el lenguaje unificado de modelado (UML). Está relacionado directamente con la implementación de un sistema de métodos y procedimientos que rigen la actividad de mantenimiento en las Plantas de Productos Naturales del (CNIC) y está dirigido a garantizar el cumplimiento de las exigencias de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF).

Palabras clave— GMAO, Software, UML, BPF.

I. INTRODUCCIÓN

Si bien no es requisito indispensable para lograr una gestión eficiente, la incorporación al área de mantenimiento de un sistema de información asistido por computadora, su implementación facilita y simplifica significativamente el desarrollo del control de las actividades de mantenimiento [1], [2]. Estudios realizados demuestran que la informatización de estas actividades ayudan a identificar y disminuir tempranamente los costos asociados a la gestión de mantenimiento como parte del valor añadido de una empresas [3].

Esther Velásquez Rodríguez plantea que gracias a la implementación de un este sistema SCADA para la gestión de mantenimiento, pueden llevar un control de todos los

equipos pertenecientes a sus plantas de tratamiento de agua y pueden configurar las diferentes rutinas de mantenimiento para los equipos y así tener una información más detallada sobre su historia; destaca además la importancia de utilizar software libre para estos fines [4].

En Cuba, la empresa Brascuba Cigarrillos S.A reporta que al comenzar el proyecto de informatización del mantenimiento en la empresa se realizó un diagnóstico inicial del estado en que se encontraba dicha actividad, la cual arrojó un resultado en el índice de gestión de mantenimiento de un 58.43%; obteniéndose como resultados significativos mejoras como [5, 6]:

- ✓ Seguimiento total de todas las acciones que se desarrollan en mantenimiento tanto desde el punto de vista técnico, como económico. Rutina, correctivas, preventivas. Se consigue una relación de 25-30-45% respectivamente.
- ✓ Aplicación del mantenimiento preventivo con una reducción considerable de interrupciones por mantenimiento. Los valores estimados sitúan a este indicador en un 5% de mejoría respecto a años anteriores

La Empresa de Níquel "Ernesto Che Guevara" reporta que con la implementación del SGestMan, los resultados obtenidos después de un año de explotación, disminuyen en más de un 25% de los costos de mantenimiento y el aprovechamiento de la Mano de obra aumentó en un 20% [5, 7]. Asimismo reporta el Hotel Nacional de Cuba que logró una reducción en más del 20% de los costos por mantenimiento a partir del óptimo aprovechamiento de mano de obra y el control estricto de los inventarios de materiales y una reducción de hasta un 75% de las llamadas producidas por clientes insatisfechos [5, 8].

Sin embargo, el empleo de software para la automatización de las actividades de mantenimiento en el sector de la salud o en industrias biofarmacéuticas es insipiente. Estas empresas, además responder a la necesidad de utilización de sus activos (disponibilidad), deben de cumplir con ciertas regulaciones emitidas por agencias nacionales e internacionales para mantener su condición desempeño, certificados de buenas prácticas y licencias sanitarias [2, 9]. Los departamentos de mantenimientos subordinados a estas empresas deben de estar preparados para enfrentar estos retos. De aquí que se hace necesario el desarrollo de un software de gestión de mantenimiento automatizado específico para estas empresas [2].y los formatos para insertar los distintos tipos de objetos, como ecuaciones, figuras, etc.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se utilizó para el diseño del software fue la RUP (Rational Unified Process, por sus siglas en inglés). RUP es un proceso de desarrollo de software desarrollado por la empresa Rational Software, actualmente propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño,

implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. El RUP no es un sistema con pasos firmemente establecidos, sino un conjunto de metodologías adaptables al contexto y necesidades de cada organización [10, 11].

La modelación del negocio es una técnica para comprender los procesos de negocio de la organización, describiéndolo en términos de casos de uso del negocio, actores y trabajadores del negocio y las reglas del negocio. Está soportada por dos tipos de modelos UML: el modelo de casos de uso del negocio y el modelo de objetos. En la fase de diseño se utilizaron diferentes diagramas UML como son los de caso de uso, de clases, actividades, secuencia, colaboraciones, etc. La implementación se realizó con el compilador de C++ Builder y como gestor de base de datos PostgreSQL lo cual permite que múltiples usuarios puedan acceder a la vez a la misma base de datos a través de los servicios de red [10, 12]. Actualmente se trabaja en el desarrollo de un diseño multiusuario vía web.

III. RESULTADOS

En la etapa de análisis quedaron definidos los siguientes requerimientos no funcionales [2, 13] Para insertar ecuaciones más complejas se recomienda utilizar un formato de párrafo aparte, con el estilo correspondiente:

- ✓ Seguridad: Deben existir distintos niveles de acceso que permitan a los usuarios interactuar con el sistema de manera acorde a sus permisos.
- ✓ Navegabilidad: El sistema debe ser fácilmente navegable, intuitivo. No se deben dar más de 3 clic del puntero del ratón (mouse) en ningún menú del sistema para acceder a cualquier funcionalidad.
- ✓ Usabilidad: El sistema sólo podrá ser usado por los especialistas que trabajen en el Departamento de Mantenimiento y por aquellos usuarios que hayan sido capacitados para ello.
- ✓ Software: Se utilizará el modelo de tres capas (presentación, lógica del negocio, y base de datos). Será una aplicación de escritorio (Desktop) que utiliza el compilador Borland C++ Builder 6, y como gestor de bases de datos PostgreSQL.
- ✓ Hardware: La aplicación no necesitará grandes recursos de hardware.
- ✓ Restricciones en el diseño e implementación del sistema: El sistema será implementado solo para ambiente de window.

Identificación de paquetes de diseño a alto nivel.

En la Fig.1 se muestran los módulos fundamentales que conforman el sistema.

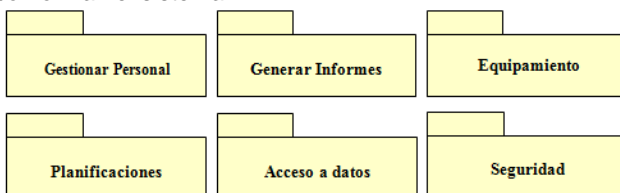


Fig. 1: Paquetes de diseño a alto nivel.

La Tabla 1 muestra los requisitos necesarios para la aplicación propuesta.

TABLA I
REQUISITOS PARA LA APLICACIÓN.

Nodo	Propósito	Requerimiento de software		Requerimiento de hardware	
		SO	Windows	Procesadores	
PC Cliente	Acceder a las funcionalidades del sistema				1
				Espacio (GB)	20
				Memoria (Mb)	256
				Velocidad (GHz)	1
Impresora	Imprimir los reportes generados por el sistema	SO	Wind.	-	-
Servidor de Base Datos	Contiene a la Base de Datos	SGDB	PostgreSQL 8.3	Servidor de Base Datos	-

Arquitectura de la estructuración en capas y modelo de datos.

La Fig. 2 muestra una representación gráfica de los tres niveles de trabajo del software: Presentación (interfaz final que recibe el usuario), Lógica del negocio (estructura en módulos del sistema) y Acceso a datos (mecanismo de entrada y salida de la base de datos).

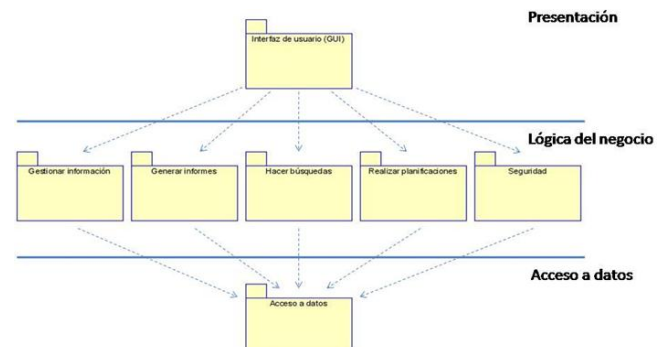


Fig. 2: Estructuración en capas.

En la fase de diseño el resultado utilizando el lenguaje UML fue el siguiente:

Casos de uso del negocio simplificado.

En la Fig. 3 se muestra el caso de uso del negocio simplificado y en la Tabla 2, los actores en el proceso y sus funciones de acuerdo a cierta jerarquía laboral.

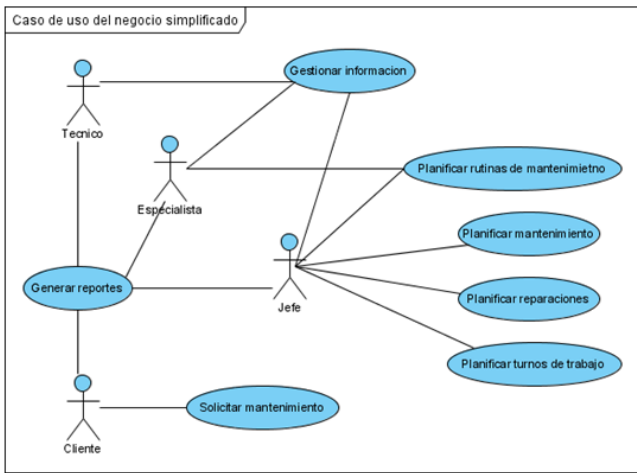


Fig. 3: Casos de uso del negocio simplificado.

TABLA II

ACTORES DEL SISTEMA: DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES.

Actor del sistema	Descripción
Jefe	Jefe del Departamento de Mantenimiento, tiene acceso a toda la información del sistema, puede asumir todos los roles que existan.
Especialista	Gestiona la información según su especialidad y a los reportes según su nivel de acceso.
Técnico	Es el encargado de apoyar el trabajo de los especialistas y del Jefe, gestiona información y genera reportes según su nivel de acceso.
Cliente	Es cualquier persona que pertenezca a la entidad y solicite al Departamento de Mantenimiento que se le dé atención técnica a algún equipo o para que se realice otro tipo de trabajo en el área a la que pertenece y puede imprimir reportes según su nivel de acceso.

Diagrama de clases.

El lenguaje unificado de modelado UML, exige una serie de diagramas como es el caso de diagramas de clase, de estados, de componentes, de secuencia, de actividades etc., para el desarrollo de software basado en estándares internacionales de modelado y programación [11, 14]. Desarrollar todos estos diagramas por cada uno de los casos de uso planteados, es una tarea bien larga que no se aborda en este trabajo debido a que no es objetivo fundamental. De aquí en adelante se tomará como ejemplo un sólo caso de uso, seleccionándose el caso de uso: 'planificar mantenimiento' Fig.4, ya que es una de las herramientas importantes con la que debe constar todo software GMAO [2].

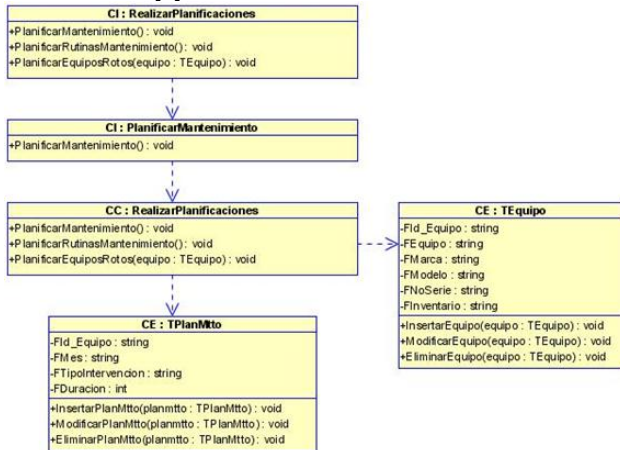


Fig. 4: Diagrama de Clase.

Diagrama de secuencia del caso de uso.

- ✓ Escenario 1: El Jefe de Mantenimiento desea generar la planificación del mantenimiento preventivo anual de todo el equipamiento.
- ✓ Escenario 2: Al insertar un equipo nuevo en la base de datos del sistema se le determina su planificación del mantenimiento preventivo.
- ✓ Escenario 3: El Jefe de Mantenimiento decide cambiar la planificación del mantenimiento preventivo de un equipo en particular.
- ✓ Escenario 4: El Jefe de Mantenimiento decide eliminar la planificación del mantenimiento preventivo de un equipo en particular.

Un resumen gráfico de los escenarios comentados lo detalla la Fig.5.

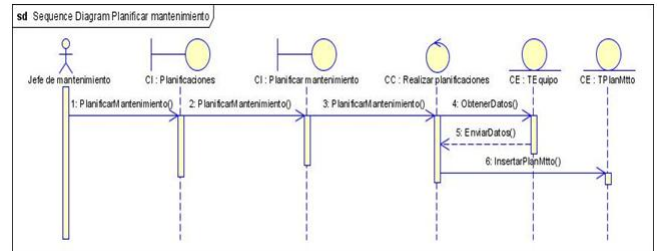


Fig. 5: Diagramas de Secuencia.

Colaboraciones genéricas y mecanismo de acceso a datos.

Este último diagrama para describir el caso de uso "planificar mantenimiento" muestra y describe el mecanismo de acceso a datos, Fig.6.

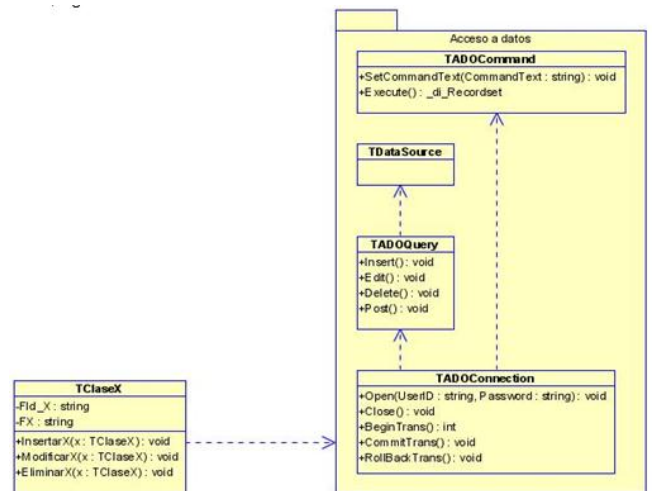


Fig. 6: Diagrama de colaboraciones genéricas.

Descripción de cada elemento mostrado en la vista estática.

Paquete Acceso a datos. Este es el paquete que contiene el mecanismo de acceso a datos necesario para realizar el tratamiento de la información en la base de datos, así como las operaciones básicas: insertar, modificar, eliminar. Es el que permite comunicar la aplicación con la base de datos.

TADOConnection. Clase del paquete acceso a datos que pertenece al mecanismo de acceso a datos ADO de Microsoft, la cual permite establecer la conexión de la aplicación con la base de datos mediante el proveedor de datos OLE DB a través del ODBC de PostgreSQL.

TADOCommand. Clase del paquete acceso a datos que pertenece al mecanismo de acceso a datos ADO de

Microsoft, la cual permite hacer las operaciones básicas de insertar, modificar y eliminar en la base de datos.

TADOQuery. Clase del paquete acceso a datos que pertenece al mecanismo de acceso a datos ADO de Microsoft, la cual permite hacer todas las consultas necesarias para dar tratamiento a la información contenida en la base de datos y para luego satisfacer las búsquedas realizadas por el usuario o presentar información en formato adecuado para su impresión (informes).

TDataSource. Clase del paquete acceso a datos que pertenece al mecanismo de acceso a datos ADO de Microsoft, la cual en su propiedad DataSet se enlaza con alguna instancia de la clase TADOQuery para comunicar la información contenida en el objeto TADOQuery a los componentes visuales de la interfaz gráfica del usuario (GUI).

TClaseX. Clase entidad que representa de forma esquemática la presencia de todas las clases que por su número no pueden representarse todas, y que corresponden a cada una de las tablas contenidas en la base de datos. Cada clase de este tipo utilizará el mecanismo acceso a datos para realizar las operaciones de insertar, editar y eliminar registro.

IV. RESULTADOS

Para demostrar la calidad y el cumplimiento de las necesidades de la empresa con el nuevo software propuesto, se realizó una encuesta a diferentes usuarios obteniéndose los siguientes resultados [2]:

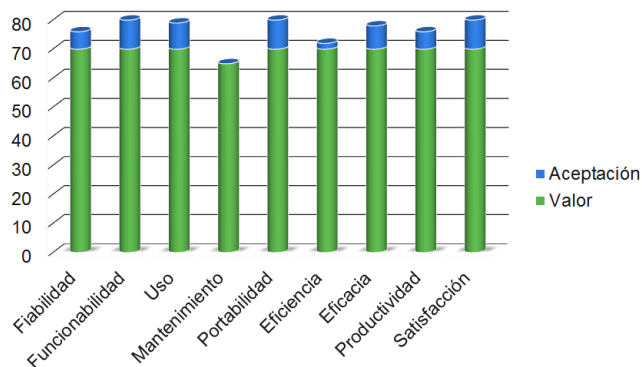


Fig. 7: Evaluación de impacto del programa software.

Se evidencia que GEMA brinda funciones como:

- ✓ Planificación del mantenimiento a equipos, entorno y sistemas.
- ✓ Control de los datos, piezas y módulos del equipamiento.
- ✓ Planificación de los turnos de trabajo y evaluaciones de los técnicos.
- ✓ Genera reportes con información de la gestión de mantenimiento.
- ✓ Control de indicadores de operatividad, costos, etc.
- ✓ Establece criterios para el cambio del equipamiento.

Todas estas funciones fueron probadas y están siendo validadas según los estándares GAMP (Guía para la validación de sistemas computarizados). Además, el sistema dispone de módulos implementados para la seguridad, estableciendo tres niveles de acceso (Administrador, Usuario e Invitado). El programa permite hacer salva de la información con cualquier periodicidad, además está respaldado (backup), permitiendo hacer restablecimiento de la información y recuperación de los datos afectados ante cualquier falla.

A partir de la incorporación de GEMA como programa de mantenimiento en la Agrupación Autopista, se ha logrado una mejora en la planificación y evaluación de las

actividades de mantenimiento, como son ocurrencia de fallos por equipos, resumen de las actividades de mantenimiento, cantidad de intervenciones en el tiempo, tiempo de duración de las intervenciones de mantenimiento y costo del mantenimiento planificado y correctivo.

La siguiente afirmación se puede comprobar por medio de las gráficas siguientes, Figs.8-11, obtenidas del programa, donde se resumen los resultados para el año 2012. En la Fig.8 se puede observar por medio de un gráfico de barras la planificación del mantenimiento a determinado activo durante un año de explotación, así como, la cantidad de eventos correctivos que tuvieron lugar durante el período planificado. En la Fig.9, podemos determinar en qué instante de tiempo debe ser retirado del uso un determinado activo. Podemos observar además en la Fig.10 con las gráficas de planificación la cantidad de intervenciones que tienen lugar en el período establecido, además identificar la carga de trabajo pendiente. Finalmente con la Fig.11, se tiene una estimación económica de cómo se está comportando la relación costo-beneficio.

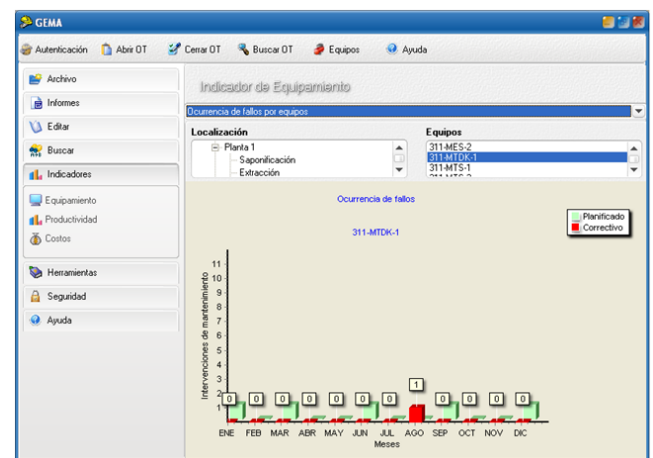


Fig. 8: Ocurrencia de fallo por equipos.

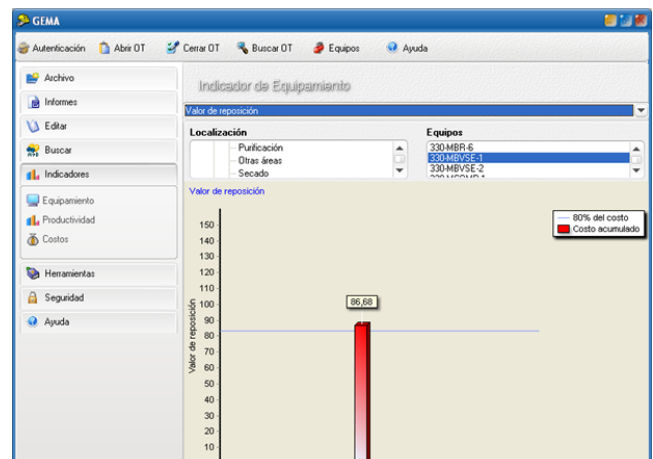


Fig. 9: Valor de reposición del equipo.

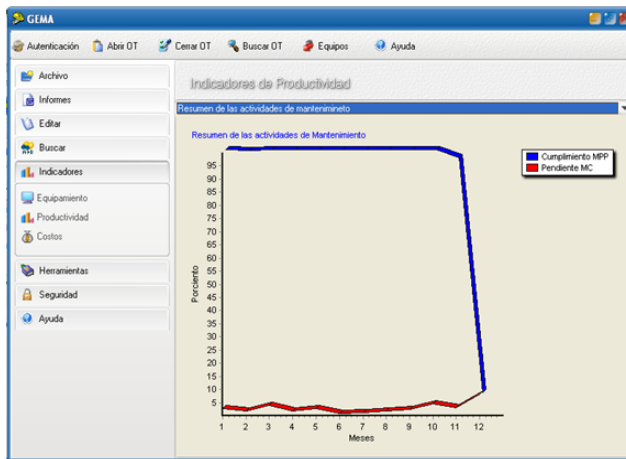


Fig. 10: Resumen de las actividades de mantenimiento.

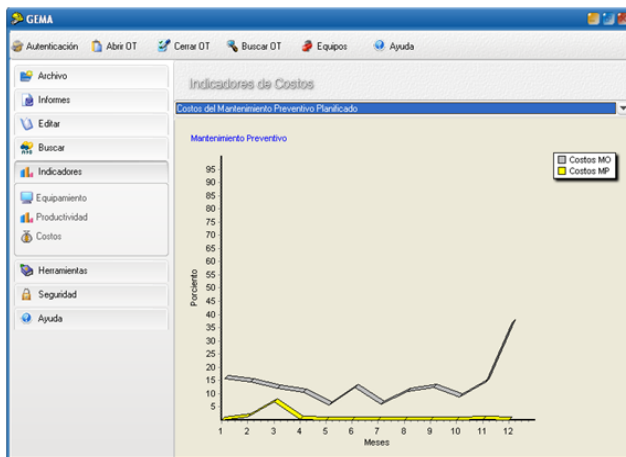


Fig. 11: Costo en mano de obra (MO) y materiales, mantenimiento planificado.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha empleado la metodología que propone el Proceso Unificado de Desarrollo de Software o RUP en sus fases de Modelación del Negocio, Captura de Requisitos, y Análisis, haciendo una documentación de los mismos para una mejor comprensión de esta fase de solución del proyecto planteado. Se realizó la modelación de solo una de las funciones del sistema (planificar mantenimiento) con el objetivo de evidenciar el método de trabajo que se utilizó para el proyecto en su totalidad. Se demuestra con la encuesta realizada y con las gráficas obtenidas en diciembre de 2012 la adecuación y utilidad del mismo en la empresa instalada bajo estudio.

VI. REFERENCIAS

- [1] O. Karim, "Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado Zulia," Revista Venezolana de Gerencia, vol. 15, 25/02/2013 2010.
- [2] M. Herrera Galán, "Sistema Automatizado para la Gestión de Mantenimiento en Plantas de Producción," Tesis para optar por el título de master en bioingeniería, Departamento de Bioingeniería, Instituto Superior José Antonio Echeverría, 2012.
- [3] B. Aponte, "Corrosion costs in preventive and corrective maintenance in equipment and facilities in industry " Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, vol. 31, 25/02/2013 2008.
- [4] E. V. Rodríguez, "Sistema para la gestión del mantenimiento para un control supervisorio basado en software libre," Universidad, Ciencia y Tecnología, vol. 15, p. 10, 25/02/2013 2011.

- [5] SGestMan©. (2013, 20/06/2013). Sistema para la Gestión Integral del Mantenimiento. Available: http://www.sgestman.cu/aplicaciones_exitosas
- [6] Brascuba. (2013, 12/10/2013). Brascuba Cigarrillos SA. Available: <http://www.brascuba.cu>
- [7] E. d. Níquel. (2013, 12/10/2013). Empresa de Níquel Comandante Ernesto Che Guevara. Available: <http://www.ecured.cu/>
- [8] H. Nacional. (2013, 12/10/2013). Hotel Nacional de Cuba. Available: <http://www.hotelnacionaldecuba.com/sp/>
- [9] CECMED. (2012, 26/06/2013). Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos. Available: <http://www.cecmed.sld.cu/index.htm>
- [10] N. Matthew, Beginning Databases with PostgreSQL, Segunda ed. United States of America 9 8 7 6 5 4 3 2 1, 2005.
- [11] C. Larman, UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos., 1999.
- [12] B. Swart, Borland C++ Builder 6, Primera ed., 2002.
- [13] R. Pressman, Ingeniería del Software. Un enfoque práctico., Quinta ed.: Interamericana de España S.A., 2002.
- [14] J. Schuller, Aprendiendo UML. Norte Florida, EUA, 2002.