



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948



*Facultad de Ingeniería Industrial y
Turismo Departamento de
Ingeniería Industrial*

Trabajo de Diploma

**Título: MANTENGO V1.0. HERRAMIENTA
AUTOMATIZADA PARA
EL CONTROL DE LA PLAIFICACION DEL
MANTENIMIENTO
EN EL CENTRO DE BIOACTIVOS QUÍMICOS**

Autor: José Antonio Gómez Ulloa

Tutor: MsC. Ing. José Ulivis Espinosa Martínez.

*“Año del 53 Aniversario del Triunfo de la Revolución”
2010 - 2011*

Pensamiento

Nada Nuevo hay bajo el sol

Frásē latina de la antigüedad

Dedicatoria

A mi esposa sin quien habría sido imposible llegar a nada.

A mi madre por no dejar de confiar y pedir tanto por este día.

A mis hijos, que son la luz de mis días y que dieron el impulso final para todo lo que hoy soy.

A todas esas personas que confiaron, a ojos cerrados y llenos de amor, en que yo sí.

Pero muy especialmente, a toda esa pequeña multitud que confió siempre en que yo no.

Agradecimientos

A mi familia toda, la que está y la que no, por lo mucho que hizo por este día de una manera u otra a lo largo de mi vida.

A todos los profesores y amigos que me ayudaron, incondicionalmente, siempre que lo pedí y aún sin hacerlo.

A dios, por demostrar, claramente, que es puro cuento eso del libre albedrío, pues cuando no quiere no quiere, pero cuando sí quiere.... Hasta yo me gradúo.

A todos, de corazón, toda la gracia que se pueda dar... y más aún.

Resumen

El presente trabajo de diploma muestra el proceso de desarrollo de una herramienta informática destinada a apoyar la gestión del mantenimiento mediante el control de la planificación del mismo en las diferentes áreas del Centro de Bioactivos Químicos de la Universidad Central de Las Villas en función del contexto operacional en que se desempeñen sus diferentes equipos. El software Mantengo V1.0 es una herramienta desarrollada como sitio web, diseñada en Fireworks y programada en PHP. Esta herramienta está destinada a controlar la planificación del mantenimiento permitiendo una inmediatez desde cada punto de la empresa al plan elaborado para cada equipo así como al cumplimiento del mismo. Con este software, además, se facilitan los reportes de roturas y las órdenes de trabajo. El uso de esta herramienta permite una estructura de trabajo más dinámica admitiendo gestionar y controlar los datos desde cualquier lugar, dentro o fuera de la empresa, en el que se tenga acceso a la red de la misma. La herramienta creada se destaca por su alto grado de fiabilidad en la captación, procesamiento y obtención de los resultados lo que se traduce en reducción de errores de cálculo, tiempo de ejecución y la obtención de los resultados con mayor calidad comparada con la realización de estas tareas de forma manual.

Summary



Diploma's work present evidences the process of development of a software tool destined to back up the step of the maintenance in the different areas of the Center of Bioactive Chemists on the Central University of Las Villas in terms of the operational context in which its different equipment's perform. The software Mantengo V1.0 is a tool unrolled like web page, designed in Fireworks and programmed in PHP. This tool is destined to back up the step of maintenance permitting immediacy from each point of the company to the plan elaborated for each equipment as well as to the fulfillment of the same. With this software, besides, they enable the reports of breakings and the work orders. The use of this tool enables a more dynamic structure of work admitting to negotiating and controlling the data from any place, inside or out of the company, in which access sticks to the same net. What is translated in reduction of miscalculations, execution time and the obtaining of the results with bigger quality compared with the realization of these tasks of manual way puts on the front the created tool itself for your tall degree of reliability in comprehension, processing and obtaining of the results.

Índice

Índice	Pág.
RESUMEN.....	
SUMMARY.....	
INTRODUCCIÓN.....	
CAPITULO I. Marco teórico – referencial	1
Introducción.....	1
1.1 Mantenimiento.....	1
1.2 Las Fallas.....	4
1.3 Clasificación.....	5
1.4 Propósito del Mantenimiento.....	8
1.5 Tipos de mantenimientos.....	9
1.6 Modelos de mantenimiento.....	13
1.7 La función del mantenimiento.....	14
1.8 Estrategias del mantenimiento.....	15
1.9 Objetivos del Mantenimiento.....	17
1.10 Sistemas de mantenimiento.....	20
1.11 Metodologías para la selección del tipo de mantenimiento.....	25
1.12 La industria Farmacéutica.....	26
1.13 La Gestión integral del mantenimiento en la industria Farmacéutica en Cuba.....	27
1.14 Las herramientas informáticas en la gestión del mantenimiento.....	29
1.15 El proceso de desarrollo del software.....	31
1.16 Modelos de proceso de software.....	35
1.17 Modelo o Desarrollo en Espiral.....	37
1.18 Conclusiones Parciales.....	41
 CAPITULO II. Desarrollo del Software	
Introducción.....	44



2.1 Fases o etapas del modelo de desarrollo.....	45
2.2 Los Objetivos.....	46
2.3 Experiencia del personal.....	47
2.4 Definición de los requisitos.....	47
2.5 Diseño de software.....	51
2.6 Estructura de sitio WEB.....	55
2.7 Implementación.....	61
2.8 Pruebas del sistema.....	62
2.9 Mantenimiento del software.....	63
2.10 Conclusiones parciales.....	63
CAPITULO III Propuesta del Sistema de Mantenimiento	
3.1 Características generales del Centro de Bioactivos Químicos.....	65
3.2 Requerimientos del sistema.....	66
3.3 La puesta en marcha.....	67
3.4 Control especializado.....	74
3.5 Conclusiones parciales.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
CONCLUSIONES GENERALES.....	81
BIBLIOGRAFIA.....	82
Anexos.....	

Introducción

Uno de los problemas fundamentales, a nivel de empresa en el desarrollo de la industria revolucionaria cubana, ha sido crear el verdadero sentido de pertenencia sobre los medios de producción que permitan al obrero desde el más “elemental” puesto de trabajo o visualizar cada rincón de la empresa como suyo y por ende cuidarlo y mantenerlo. Para involucrar a cada trabajador en el espíritu de toda una empresa es necesario hacerlo partícipe de puntos cardinales a veces no tan vivibles como lo son la producción o los servicios o la calidad de los mismos, es imprescindible generar un mecanismo mucho más dinámico sobre puntos tan globales como los otros pero menos concientizados como es el caso del mantenimiento, de quien todos los trabajadores comparten un mínimo de conocimiento o un criterio pero del cual casi ninguno, fuera de su propio puesto de trabajo y a veces ni eso, conoce con qué frecuencia está planificado, cuales son las fechas previstas para el mismo, a qué modelo o tipo de mantenimiento está sujeto el equipo con el que trabaja etc...

En el siglo XXI se ha dejado atrás el período post-industrial y la sociedad mundial se encuentra en la era de los servicios, la informática, biotecnología, electrónica y todo un nuevo espacio que se va abriendo ante los inciertos ojos de hombres que viven un universo de maravillas y contradicciones. Esta nueva etapa, iniciada en los años 80 y todavía sin delimitar, es parte de un futuro inseguro donde el desarrollo de las tecnologías es arrollador, así como el incremento y diversificación acelerada de las ofertas. Las exigencias de los clientes son cada vez mayores, conocen de lo que desean y esperan recibir. En este ambiente la calidad y competitividad son ingredientes vitales para todo producto o servicio que aspire a surgir y mantenerse con éxito en el mercado.

Ante las nuevas reglas de producción y la importancia que se le concede a la actividad integral de mantenimiento para el logro de ésta, varios autores han coincidido que en principio un sistema de mantenimiento bien diseñado debe adecuarse a las características de cada máquina lográndose un sistema de mantenimiento alterno, tanto a nivel de fábrica como a nivel de máquina. De modo que no todos los equipos deben tener el mismo sistema de mantenimiento, lo que permite centrar las fuerzas en aquellas partidas de mayor incidencia en éste, y a su vez

Más susceptibles de mejoramiento y lograr un uso eficiente de los recursos del área en general. Todo ello va a repercutir favorablemente en el logro eficaz y eficiente de la meta de la organización.

Hoy día no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento. Cada equipo ocupa una posición diferente en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares. Si se quiere optimizar, ya no es suficiente con pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo. Tomando en cuenta todos los cambios tecnológicos que se han producido en las empresas cubanas a partir de la segunda mitad de la década de los 90' se requiere de nuevas herramientas de gestión que de manera flexible permitan adaptarse a los nuevos requerimientos del entorno empresarial.

Las nuevas tecnologías de la informática y las comunicaciones (NTIC) ponen a disposición de las empresas todos los medios necesarios para el desarrollo de herramientas informáticas encaminadas a agilizar y optimizar el proceso de toma de decisiones sobre el tipo de mantenimiento a emplear en el equipamiento productivo. Con la implantación de estas nuevas herramientas de gestión de la información las empresas cubanas lograrán un mayor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales al disponer de toda la información, tanto el personal directivo como el subordinado, necesaria para apoyar el proceso de tomas de decisiones con respecto a la selección del tipo o modelo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo, al nivel de información que debe manejar el trabajador con respecto al mantenimiento de su puesto de trabajo incluyendo tantos equipos o utensilios maneje o control mismo del cumplimiento del mantenimiento planificado etc.

Partiendo de la aplicación en este entorno de tener determinados, el nivel de criticidad y clasificado el tipo de fallo y haber definido el tipo o modelo de mantenimiento a aplicar a los equipos industriales o no, se ha comprobado que vuelve a ocurrir un fenómeno de retroceso o

lentitud en la dinámica alcanzada con la nueva tecnología o sea las fechas fijadas siguen siendo incumplidas, el control sobre el modelo o tipo de mantenimiento sigue deficiente, el conocimiento sobre estos pormenores por el trabajador son deficientes y a partir de esto se pierde todo el aporte sistemático que el operario puede aportar ya que él también es parte, al menos en teoría, del sistema de mantenimiento en fin: que no ha bastado con automatizar los cálculos para acelerar la gestión y administración del mantenimiento para que este ocurra todo lo básicamente eficiente que debe ser. Lo anterior expresa, en apretada síntesis, la **situación problemática** identificada que originó esta investigación.

Lo anterior conduce a plantear como **problema científico**: la necesidad de cerrar con un ciclo de automatización, a partir de una herramienta informática que admita redondear la eficiencia ganada con la técnica o sea contar con una herramienta informática que a partir de una visibilidad simultánea en cada punto de la empresa, tanto en el área donde se efectúa la dirección de mantenimiento como en las distintas áreas donde debe ejecutarse, que permita viabilizar la información mínima necesaria a todos los implicados en esta tarea, que de acceso al control simultáneo sobre el mantenimiento planificado para cualquier equipo desde el responsable del mantenimiento como desde el operario, que permita optimizar los tiempos de respuesta ante las fallas de un mantenimiento o el incumplimiento del mismo.

En correspondencia con lo anterior se formuló la **Hipótesis de investigación** siguiente: Es posible desarrollar una herramienta informática programada en PHP, con un sistema de gestión de bases de datos MySQL administrado desde un servidor Apache, que permita agilizar el proceso de información mínima necesaria a todos los implicados en el mantenimiento, que dé acceso al control simultáneo sobre el mantenimiento planificado para cualquier equipo desde el responsable del mantenimiento como desde el operario, que permita optimizar los tiempos de respuesta ante las fallas de un mantenimiento o el incumplimiento del mismo al equipamiento productivo.

El **objetivo general** que se persigue, es elaborar una herramienta informática que desde una plataforma de sitio web, programado en **PHP** con un sistema de gestión de bases de datos

MySQL administrado desde un servidor Apache, permita gestionar los procesos de información necesarios, dando acceso al control simultáneo sobre el mantenimiento planificado para cualquier equipo y que permita optimizar los tiempos de respuesta ante las fallas o el incumplimiento del mantenimiento al equipamiento productivo.

Los **objetivos específicos** que se plantean son:

1. Diseñar una herramienta que cumpla con los requerimientos que se deriven de la investigación y que posea cierta flexibilidad en su funcionamiento.
2. Realizar un análisis preliminar que permita definir que se va a procesar y cuáles son las entradas y salidas de la herramienta.
3. Programar la herramienta utilizando el lenguaje anteriormente mencionado optimizando los algoritmos de manera tal que el usuario obtenga los resultados del procesamiento de la información en el menor de los tiempos.
4. Elaborar un manual de usuario que contenga toda la información necesaria para el correcto entendimiento de dicha herramienta y que brinde de manera detallada todo lo necesario para la obtención de los resultados.

El presente Trabajo de Diploma ha sido dividido en tres capítulos. En el primero se recoge toda la fundamentación teórica de la investigación, así como los términos y definiciones más utilizadas respecto al mantenimiento y las metodologías de selección del sistema de mantenimiento. La metodología de desarrollo propuesta para el software se ilustra en el segundo capítulo, donde se explica detalladamente el procedimiento general para su desarrollo. Posteriormente, en el capítulo tres, se describe de forma detallada el proceso de instalación y configuración del sistema, así como, su forma de utilización por parte de los usuarios. Además, se muestran las conclusiones a las que se arribó, las recomendaciones que se proponen con vistas a enriquecer los resultados alcanzados mediante investigaciones futuras y la bibliografía consultada.

Capítulo 1

CAPÍTULO I. Marco teórico - referencial

Introducción

En el presente capítulo se hace un análisis exhaustivo de la literatura especializada y de otras fuentes involucradas en la temática objeto de estudio, con vistas a precisar los principales aspectos conceptuales involucrados en la investigación.

La revisión realizada se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica como se muestra en la figura 1.1, permitiendo sentar las bases teórico - prácticas del proceso de investigación y con ello, contribuir a sustentar la novedad científica de los principales resultados obtenidos.

Se abordan las diferentes técnicas, metodologías y filosofías de mantenimiento que existen en la actualidad y se hace un énfasis especial en la metodología para optimizar el control de la planificación del mantenimiento, profundizando en el uso de las herramientas informáticas en dicha gestión.

1.1 Mantenimiento

El mantenimiento es aún considerado en muchas empresas como un costo, una carga de explotación anual que se debe reducir, hoy día representa un promedio y en costo directo el 4% del volumen de negocios industriales. Sigue poco reconocido como vector de competitividad potencial y de reactividad, no obstante, el impacto de esta función es realizar de un 7 a un 8% del volumen de negocios (impacto complementario de los costos inducidos por la no-disponibilidad). Todavía menos como un factor de equilibrio a largo plazo, pese a todo, la calidad de su gestión influye de manera importante sobre la perennidad de las inmobilizaciones productivas y el ciclo de renovación de las inversiones.

Aún muy pocos responsables industriales evalúan el costo total de mantenimiento y buscan estimar el costo de no-mantenimiento.

Hoy en día, el contorno económico refuerza la necesidad de mantener un nivel de disponibilidad y de capacidad necesaria de los medios de producción Cotaina, (1994).

Muchos estudiosos han expuesto lo que para ellos significa la palabra mantenimiento y su contenido, entre ellos se puede citar a Portuondo Pichardo (1994) quien plantea que incluye todos aquellos trabajos destinados a conservar o restituir a máquinas, equipos, instalaciones, redes técnicas y otros, el estado técnico que le permita cumplir eficientemente su función productiva de servicios.

Según Rey Sacristán (1996) se puede decir que el objetivo del mantenimiento es lograr con el mínimo coste, el mayor tiempo en servicio de las instalaciones y maquinarias productivas, con el fin de conseguir la máxima disponibilidad, aportando la mayor productividad y calidad de producto y la máxima seguridad de funcionamiento, sin embargo, el objetivo así definido no queda medido ni expresado en cifras.

Hilo Conductor

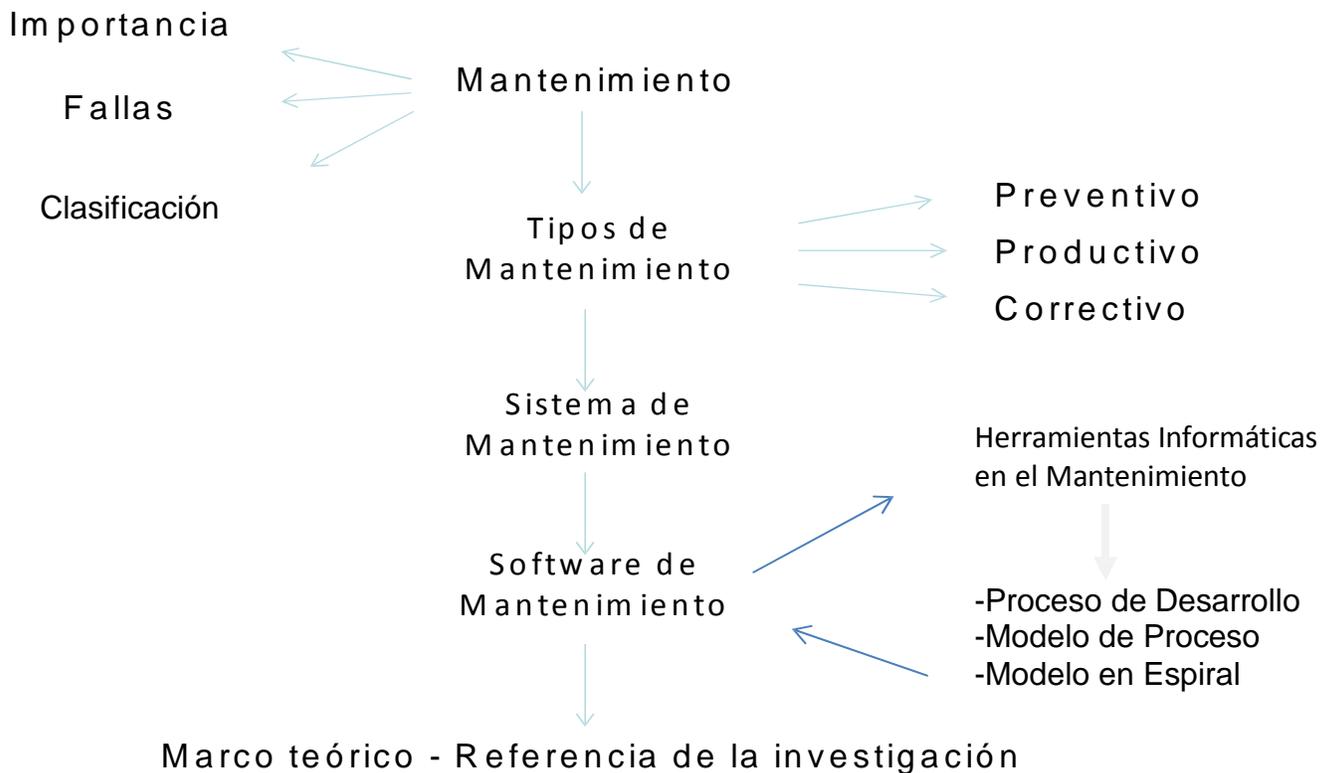


Figura 1.1 Hilo conductor a seguir en la construcción del marco teórico de la investigación (fuente: Elaboración propia).

Conocer cuáles son sus componentes o factores:

- Coste
- Tiempo de servicios (disponibilidad-fiabilidad),
- Seguridad de funcionamiento (sostenibilidad-calidad y prontitud de servicio),

Y saber que las tres son medibles y cuál es su sentido de variación, es suficiente para optimizar el objetivo antes definido, permitiendo efectuar su análisis para llegar a cometer nuevas acciones. Ibídem, (1996).

Es importante resaltar que el objetivo de la función de mantenimiento incluye tres aspectos que obligatoriamente se tienen que lograr para tener derecho a afirmar que “se está administrando” mantenimiento:

1. Se tiene que mantener el equipo funcionando.
2. El equipo tiene que funcionar de tal manera que se cumplan las especificaciones de calidad.
3. Se tiene que lograr lo anterior de la forma más económica.

Una eficiente administración del mantenimiento conduce a un sinnúmero de ventajas como son:

- a) Reduce los paros imprevistos o descomposturas del equipo, es decir, reduce el número de paros no programados por el departamento de mantenimiento.
- b) Reduce las horas totales de paro del equipo, es decir reduce el tiempo total durante el cual el equipo no está funcionando por estar siendo objeto de cualquier tipo de trabado de mantenimiento.
- c) Mantiene las especificaciones técnicas de funcionamiento del equipo, es decir, precisión, velocidad, consumo de combustible, etc.
- d) Alarga la vida útil del equipo, es decir, mantiene el equipo funcionando con las especificaciones requeridas durante un número mayor de años.
- e) Racionaliza el uso de la mano de obra de mantenimiento, esto se logra debido a la reducción de los paros imprevistos lo que permite que en su mayoría los paros de mantenimiento sean programados.

- g) Reduce los costos totales de mantenimiento, esto se logra al reducirse las horas totales de paros y al utilizarse más racionalmente la mano de obra y las respuestas.
- h) Reduce el inventario de productos en proceso, esto se logra al reducirse las horas de paro y consecuentemente al reducirse el tiempo de fabricación de los productos.
- i) Reduce el desperdicio de materia prima al mantenerse las especificaciones técnicas y al eliminarse las pérdidas de materiales que a veces ocurre como consecuencia de una descompostura.
- j) Mejora la calidad del producto o servicio, ya que se mantiene el equipo funcionando con las especificaciones técnicas requeridas.
- k) Reduce los costos de producción, esto se logra al reducirse el tiempo de fabricación, los desperdicios y los rechazos por mala calidad.
- l) Reduce el número de accidentes de trabajo, ya que con frecuencia los accidentes ocurren debido al mal estado de los equipos (Ibarra Calderas et al, 1986).

1.2 Las Fallas

Toda instalación destinada a producir un bien o un servicio, debe ser mantenida en condiciones que le permitan el constante y óptimo funcionamiento, logrando un producto o servicio de determinada calidad, y a un costo lo más bajo posible. Quien se dedique al mantenimiento de cualquier tipo de instalación debe ofrecer la reparación de los desperfectos que surjan y las modificaciones necesarias para que estos no aparezcan.

Para lanzar un nuevo producto se hacen los estudios de mercado (posibles consumidores, ubicación de los mismos etc...) y también se estudia el proceso productivo más adecuado. El mantenimiento debe aplicarse para conocer las posibles averías que se pueden producir en las instalaciones, máquinas o equipos y estudiar los procesos para evitarlas o, si es necesario, repararlas.

No puede existir conformidad con detectar una falla y repararla, lo importante es descubrir el origen del desperfecto y prever que no se repita en el futuro. Es una tarea de aprendizaje, utilizando la experiencia propia y ajena, que va permitiendo predecir cualquier

inconveniente en la producción.

Se define el término Fallo como: *el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.*

La experiencia demuestra que no existen instalaciones, máquinas o equipos que estén libres de fallas a lo largo de su vida útil, y que con un adecuado control de la planificación de mantenimiento es posible reducir a un mínimo los perjuicios que ocasiona algún desperfecto.

En la industria se suele considerar como “avería” a cualquier anomalía que impida mantener los niveles de producción. Pero el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental.

Las instalaciones, máquinas o equipos son diseñados para alcanzar ciertos niveles de producción, y también deben entregar un producto con una calidad esperada. Cualquier circunstancia que haga descender el nivel de calidad debe ser considerada también una “avería”.

Es importante tener en cuenta que si el estado de algún equipo pone en riesgo la seguridad de personas o el buen funcionamiento de la instalación, también estamos ante una falla.

El ambiente es esencial para cualquier actividad humana, y mantenerlo descontaminado debe ser un objetivo que en un proceso de fabricación no se puede perder de vista.

Es por ello que consideraremos también una avería a cualquier contaminación que de alguna manera ponga en peligro el normal desarrollo de la vida humana. Es responsabilidad de quien realice el mantenimiento de una instalación asegurar que éstas cumplan con las normativas vigentes destinadas a proteger el ambiente.

Todo lo dicho anteriormente completa y ayuda a comprender mejor la definición de una avería o falla. El normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del entorno.

1.3 Clasificación

Los distintos aspectos que una actividad productiva implica, nos permiten clasificar las fallas de la siguiente manera:

1) Fallas que afectan a la producción.

- 2) Fallas que afectan a la calidad del producto.
- 3) Fallas que comprometen la seguridad de las personas.
- 4) Fallas que degradan el ambiente.

Las dos primeras afectan directamente al producto, sea en su cantidad y/o calidad, las restantes afectan al entorno.

En la realidad se producen fallas que combinan algunos de los casos de ésta primera clasificación, y también se pueden hacer muchas otras clasificaciones si tomamos diferentes conceptos como parámetro.

Para comenzar se analizará el origen de las fallas:

- a) Mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos: Se dan casos en que el propio fabricante, por desconocer las condiciones en que trabajará, realiza un diseño no adecuado de estas máquinas o equipos. Se puede estimar éste error en un 12 % del total de las fallas. Este tipo de situación es muy difícil de revertir, y es probable que tengamos que asumir un alto índice de desperfectos.
- b) Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos: Si en la fabricación se descuida el control de la calidad de los materiales, o de los procesos de fabricación de las piezas componentes, las máquinas e instalaciones pueden poseer defectos que se subsanan reemplazando la pieza defectuosa. Este tipo de error se puede encontrar en un 10,45 % del total de las fallas.
- c) Mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos: Es la más frecuente de los casos de fallas, y se producen por falta de conocimiento del modo de operarlas, o por usarlas para realizar trabajos para los cuales no fueron diseñadas. Alcanzan al 40 % del total de las fallas.
- d) Desgaste natural o envejecimiento por el uso: Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos estos alcanzan niveles de desgaste, de abrasión, de corrosión, etc. A este tipo de falla la estimamos en el 10,45 %.
- e) Fenómenos naturales y otras causas: Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de

fallas pueden ocasionar roturas y paradas espurias de la producción. Las suponemos en un 27 % de las fallas totales.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la producción, desde la perspectiva del mantenimiento, pueden ser interesantes otros tipos de clasificaciones.

Una de esas clasificaciones son aquellas que se hacen:

- En función de la capacidad de trabajo de la instalación
- en función de la forma de aparecer la falla.

En función de la capacidad de trabajo, podemos distinguir, a su vez, averías totales y fallas parciales. Las totales son aquellas que ponen fuera de servicio a todo el equipo y las parciales sólo a una parte de él. Dependiendo, la aparición de una o de otra, de la organización de la producción (en paralelo o en serie), y del grado de complejidad de la instalación.

Cuando en un motor encendido por chispa se avería la bobina encargada de elevar la tensión que alimenta a la bujía, estamos ante una falla total, porque el motor no puede seguir funcionando y es imprescindible reemplazar el elemento para que el sistema pueda seguir operando. Si la falla fuera sólo en una bujía, el motor podría seguir entregando energía, aunque no con la potencia normal, porque los otros cilindros que funcionan en paralelo, siguen en marcha, en este caso estamos ante una falla parcial.

Según la forma en que aparece el problema se pueden encontrar fallas repentinas y fallas progresivas.

Las repentinas aparecen sin mediar un evento que pudiera anunciar la aparición de una falla, están asociadas a roturas de piezas o componentes de la instalación antes de lo previsto, o a una suma de circunstancias que no se pueden predecir. Las progresivas tienen generalmente su origen en el desgaste paulatino de algún elemento, en la abrasión, en la falta de ajuste, etc. Este tipo de falla da muchas señales antes de producirse, avisan la proximidad de una avería, y con un seguimiento se puede determinar con mucha exactitud el momento en que se producirá el desperfecto.

Son muy útiles también otros tipos de clasificación de las fallas, como por ejemplo:

- Aquella que las distingue según la técnica que debemos aplicar para subsanarla, eléctrica, mecánica, instrumental, electrónica, etc.

- La que toma en cuenta si la originó otro fallo o no, distinguiendo así fallas dependientes o independientes.
- Según el tiempo que dura la falla, se clasifica en continua, intermitente o errática.

1.4 Propósito del Mantenimiento

El mantenimiento consiste en prevenir fallas a equipos que producen, transportan y usan la energía en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto y asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso y, de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables.

Comprende todas aquellas acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, máquinas, equipos y accesorios.

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema de las unidades y componentes industriales (térmicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos) de los procesos dentro de las instalaciones de una planta industrial.

El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con los portadores energéticos instalaciones en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del sistema en todo su rango, lo cual está basado en la carencia de errores y fallas.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas, sin importar las condiciones externas (ruido, polvo, humedad, calor, etc.) del ambiente al cual esté sometido el sistema.

El mantenimiento además debe estar destinado a:

- Optimizar la producción y uso de la energía térmica.
- Optimizar la producción del sistema en general.
- Reducir los costos por averías.
- Disminuir el gasto por nuevos equipos.

- Maximizar la vida útil de los equipos.

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar “fallando” pero no estar malogrado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma “*performance*” que un equipo en óptimas condiciones. En cambio un equipo malogrado o averiado no podrá desarrollar faenas bajo ninguna circunstancia. Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinarias nuevas.

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos, evaluar el uso de la energía y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la Excelencia Gerencial y Empresarial.

Al respecto, debe destacarse que:

- Mantenimiento no es un costo;
- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación;
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional;
- Implica tenerlo desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica y/o reacondiciona total o parcialmente, etc.;
- Requiere información e insumos y produce resultados e información, tal como se muestra en el anexo 1.

1.5 Tipos de mantenimientos.

Existen cinco tipos reconocidos de operaciones de gestión integral de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual

son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así se tienen los conceptos básicos que se manejan (Figura 2):



Figura 2. Componentes fundamentales del Sistema de Gestión Integral de Mantenimiento.

- Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

- Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y la pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovechan las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

- Mantenimiento Predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en las aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones referentes a las condiciones del equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimiento preventivo, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de mantenimiento requiere de inversión de equipos, en instrumentos y en contratación de personal calificado.

Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos).
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

- Mantenimiento Cero Horas

Consiste en dejar el equipo como si fuera nuevo. Se revisan los equipos a intervalos programados bien antes de aparezca algún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente.

- Mantenimiento en Uso

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.

En la división de tipos de mantenimiento se presenta el inconveniente de cada equipo necesita una mezcla de cada uno de esos tipos, de manera que no es posible aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular.

Así, en un motor determinado hay que ocuparse de la lubricación (Mantenimiento preventivo periódico), si hace falta hay que medir sus vibraciones y temperatura (Mantenimiento predictivo), quizás se le haga una puesta a punto anual (Puesta a cero) y se reparen las averías que vayan surgiendo (Mantenimiento correctivo). Surge entonces la pregunta, cuál es el mantenimiento a aplicar a cada uno de los equipos que componen una planta concreta?

Para la respuesta a esta pregunta es conveniente definir el concepto de **Modelo de Mantenimiento** el cual no es más que la mezcla de los anteriores tipos de mantenimiento en unas proporciones determinadas y que responde adecuadamente a las necesidades de un equipo concreto. Pueden identificarse claramente 4 mezclas, completadas con otros dos tipos de tareas adicionales.

1.6 Modelos de mantenimiento

Cada uno de los modelos que se exponen a continuación incluye varios de los tipos anteriores de mantenimiento, en la proporción que se indica. Además, todos ellos incluyen dos actividades que son las inspecciones visuales y la lubricación (está demostrado que la realización de estas dos tareas en cualquier equipo es rentable).

Modelo correctivo. Es el más básico e incluye además de las inspecciones visuales y la lubricación, la reparación de averías que surjan. Es aplicable a equipos con el más bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen ningún problema, ni económico ni técnico. En este tipo de equipos no es rentable dedicar mayores recursos ni esfuerzos.

Modelo condicional. Incluye las actividades del modelo anterior y además, la realización de algunas pruebas o ensayos, que condicionaran una actuación posterior. Si tras las pruebas se descubre una anomalía, se programa una intervención. Este modelo es válido en aquellos equipos de poco uso o equipos que a pesar de ser importantes en el sistema productivo su probabilidad de fallo es baja.

Modelo sistemático. Se incluye en este modelo un conjunto de tareas sin importar cuál es la condición del equipo, se realizan además algunas mediciones y pruebas para decidir si se realizan otras tareas de mayor envergadura y por último, se resuelven las averías que surjan. Este modelo es de gran aplicación en equipos de disponibilidad media, de cierta importancia en el sistema productivo y cuyas averías causan algunos trastornos. Es importante señalar que un equipo sujeto a este modelo no tiene por qué tener todas sus tareas con una periodicidad fija, simplemente puede tener tareas sistemáticas, que se realicen sin importar el tiempo que lleve funcionando o el estado de los elementos sobre los que se trabaja.

Un ejemplo es un reactor discontinuo, en el que las materias que deben reaccionar se introducen de una sola vez, tiene lugar la reacción y posteriormente se extrae el producto de la reacción, antes de realizar una nueva carga. Independientemente de que el reactor esté duplicado o no, cuando está en operación debe ser fiable, por lo que se justifica realizar una serie de tareas con independencia de que se hayan presentado síntomas de fallo. Otros ejemplos son el tren de aterrizaje de un avión y el motor de un avión.

Modelo de mantenimiento de alta disponibilidad. Es el modelo más exigente. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o mal funcionamiento. Son equipos a los que se le exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. Con una exigencia tan alta no hay tiempo para el mantenimiento que requiera parada del equipo y para mantener estos equipos con alta disponibilidad es necesario aplicar técnicas de mantenimiento predictivo, que permitan conocer el estado del equipo con él en marcha y a paradas programadas, que suponen una revisión general completa, con una frecuencia generalmente anual o superior. En esta revisión se sustituyen, en general, todas aquellas piezas sometidas a desgaste o con probabilidad de fallo a lo largo del año. Estas revisiones se preparan con gran antelación y no tienen por qué ser iguales año tras año.

Algunos ejemplos de este modelo de mantenimiento pueden ser las turbinas de producción de energía eléctrica, los hornos de elevada temperatura, equipos rotativos que trabajan de forma continua, depósitos reactores o tanques de reacción no duplicados.

1.7 La función del mantenimiento

La función de mantenimiento es una función técnica y un servicio que se presta a la función producción, independientemente de lo que se produce sean productos o servicios.

El mantenimiento está considerado como un órgano funcional y técnico, cuyo encuadre depende del menor o mayor alcance de las funciones que le sean asignadas según la política de mantenimiento de la empresa.

El servicio de mantenimiento o mantenimiento es el encargado de la función de mantenimiento.

El máximo responsable del mantenimiento es el jefe de mantenimiento que es el encargado de que se cumpla correctamente el control de la planificación de mantenimiento en las instalaciones de una empresa.

El mantenimiento ha de tener una visión a corto, medio y largo plazo.

1.8 Estrategias del mantenimiento

¿Qué hacer para trabajar aceptablemente en este nuevo entorno económico que exige eficiencia y eficacia en los procesos de productividad? El mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo están al orden del día. El mejoramiento continuo es una necesidad ineludible si se quiere asegurar la calidad [Botero, 1994].

La implementación de un buen Sistema de Mantenimiento se debe realizar por medio de un proceso integral de gestión de información así como se muestra en la figura 3:

- Elaboración y consolidación de Inventario.
- Verificación de estado de funcionamiento de equipos.
- Clasificación de elementos en cuatro grupos objeto:

Infraestructura General, Equipos Especializados, Logística (Transportes y Almacenes) y Servicios Básicos (Energía, Agua y Telefonía).

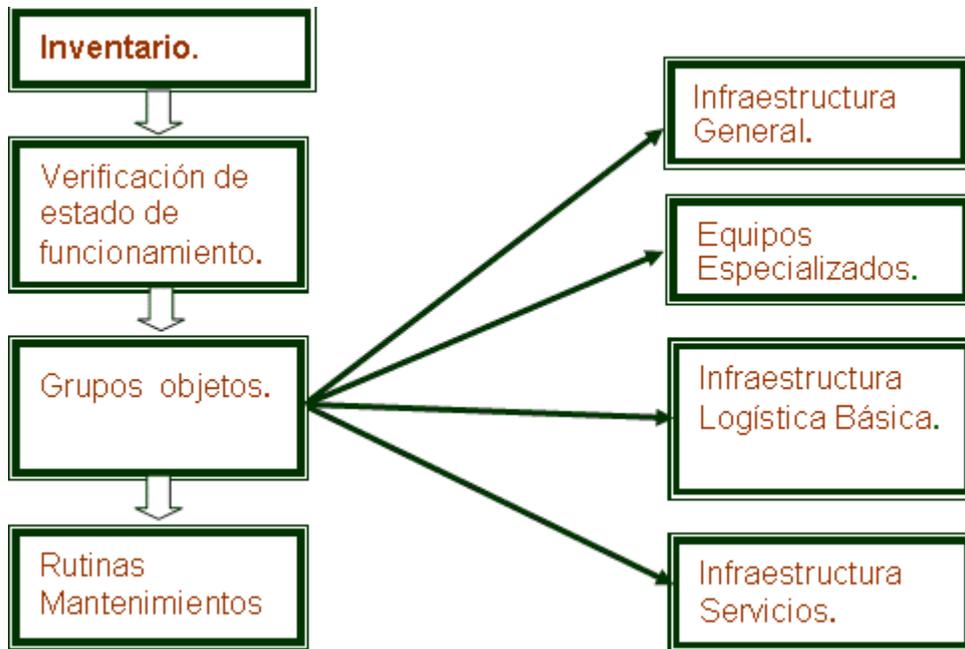


Figura 3. Estrategias para la Implementación del Sistema de el control de la planificación del Mantenimiento.

Formulación de rutinas de mantenimiento:

- Mantenimiento Predictivo PD.
- Mantenimiento Preventivo PV.
- Mantenimiento Correctivo CO.

Evaluación y diagnóstico de la actual capacidad logística de la Institución farmacéutica. Para que el programa de mantenimiento sea lo suficientemente efectivo, se necesita realizar un adecuado diagnóstico y evaluación de la capacidad logística de la institución. Tal evaluación tiene los siguientes componentes: Inventarios actualizados de equipos, estado de funcionamiento, grado de obsolescencia de equipos, historial de mantenimiento y funcionamiento, metodologías y sistemas de almacenamiento y transporte, historial operativo y de capacitación del personal que ha utilizado el equipo, sistemas de control y seguimiento del uso, manejo y mantenimiento de los equipos que forman parte de las diferentes redes logísticas de la institución [Barajas, 1999, 1998, 1996].

La capacitación continuada para el fortalecimiento del sistema para complementar y garantizar el éxito de la implementación del programa, se debe desarrollar un plan de capacitación continua, el cual busca fortalecer los conceptos adquiridos, reevaluar y replantear las metodologías de mantenimiento preventivo utilizadas actualmente, aumentar la cantidad de personal especializado disponible para la ejecución del programa y normalizar los diferentes procesos de mantenimiento.

Finalmente se debe mantener *un sistema de control, seguimiento, evaluación y retroalimentación constante*, el cual se debe realizar periódicamente.

Para el éxito en el desarrollo de las estrategias planteadas, la entidad debe poner a disposición los siguientes recursos:

- Sistemas de información para el control y seguimiento sistematizado de las diferentes actividades del Programa del control de la planificación del Mantenimiento Correctivo, Preventivo y Predictivo.
- Bases de Datos de Proveedores de la Institución.
- Capital Intelectual de la Institución. Personal con experiencia en el uso, manejo y mantenimiento de equipos.

Así mismo, es importante aplicar el enfoque estratégico en las Oficinas de Mantenimiento que consta de los componentes siguientes [Bautista, 1998, 2000]:

- Definición de los perfiles del personal encargado de la Oficina de Ingeniería de Mantenimiento.
- Fomentar la participación de los profesionales de Ingeniería y técnicos en la toma de decisiones en las diferentes etapas que comprometen el planeamiento, adquisición y gestión de los recursos tecnológicos y físicos en la Institución.
- Implementar programas de capacitación continua con retroalimentación orientados a los diferentes niveles del proceso.
- Mantener la continuidad y sostenibilidad de programas y proyectos.

1.9 Objetivos del Mantenimiento

El Sistema de Mantenimiento en una Institución busca lo siguiente:

- Prolongar la vida útil de los equipos que hacen parte del componente logístico de la institución.
- Optimizar los procesos de almacenamiento y transporte de equipos y suministros.
- Optimizar la operación de los equipos en situaciones de emergencia y crisis, disminuyendo las acciones correctivas in situ.
- Conformar los fondos de reposición necesarios para reemplazar equipos que han cumplido con su Ciclo de Vida.

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área de mantenimiento.

Estos objetivos serán los que se muestran a continuación:

Máxima producción:

- Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.
- Reparar las averías en el menor tiempo posible.

Mínimo costo:

- Reducir a su mínima expresión las fallas.
- Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.
- Manejo óptimo de stock.
- Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Calidad requerida:

- Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.
- Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.
- Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

Conservación de la energía:

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas de marcha continuos.

- Controlar el rendimiento de los equipos

Conservación del medio ambiente:

- Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.
- Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad:

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
- Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal:

- Obtener la participación del personal para poder implementar el sistema actual de mantenimiento aplicado.
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad.

Para que el concepto de gestión integral de mantenimiento se cumpla, la unidad de mantenimiento debe intervenir en los procesos de compra de equipo, almacenamiento, reciclaje y en los procesos para determinar la vida de baja de equipos y elementos que ya han cumplido sus ciclos de vida.

Además, dicho programa también pretende optimizar y normalizar criterios para la aceptación de equipos donados y el manejo de suministros y abastecimientos de procedencia nacional e Internacional [Barajas, 1998].

En la Figura 4, se puede apreciar las entradas, procesos y salidas del Sistema Integral de Gestión de Mantenimiento:

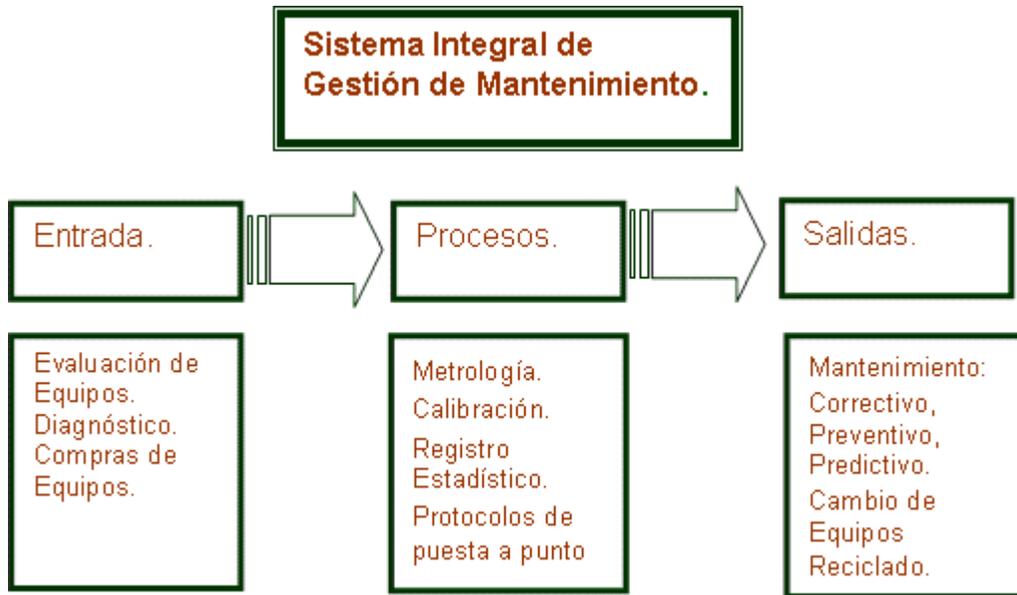


Figura 4. Entradas, Procesos y Salidas del Sistema Integral de Mantenimiento

1.10 Sistemas de mantenimiento

A lo largo de la historia en el desarrollo industrial se han empleado diferentes tipos de mantenimiento en dependencia de las condiciones dadas. Entre las más identificadas tradicionalmente se pueden mencionar:

1. Mantenimiento correctivo.
2. Mantenimiento preventivo.
3. Mantenimiento predictivo.
4. Mantenimiento Productivo Total o Total Productive Maintenance (TPM).
5. Reliability Centered Maintenance (RCM)
6. Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

Los tres primeros sistemas de mantenimiento ya en este capítulo en el epígrafe 1.1.2 se hace referencia. A continuación se abordan los siguientes:

4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El concepto de mantenimiento productivo total hay que situarlo en el contexto de una evolución del concepto de mantenimiento clásico y de una nueva filosofía de producción, es decir, el concepto de calidad total [Tobalina, 1994].

Un control de calidad consiste en desarrollar, diseñar, producir, servir un producto o servicio de calidad, el cual debe ser el más económico posible, útil y siempre satisfactorio.

- El concepto de calidad total: es una concepción diferente, y mucho más amplia del concepto de calidad, de forma que en realidad es una nueva filosofía de la empresa.

Se pudieran decir que una empresa, producto o servicio es de calidad total cuando en todas sus fases (investigación, producción, comercial, finanzas, logística, asistencia al cliente, etc.), satisface las necesidades del cliente.

- Objetivos del TPM

El mantenimiento productivo total combina las prácticas habituales de mantenimiento preventivo y predictivo con el sistema japonés de involucrar al máximo al personal de la factoría [Nakajima, 1988].

El TPM tiene los siguientes objetivos:

1. Maximizar la efectividad de los equipos.

Establecer, a través de un sistema de mantenimiento preventivo/ predictivo una larga vida y disponibilidad del equipo.

Asumir el concepto de TPM teniendo en cuenta todos los departamentos (operación, mantenimiento, ingeniería, I+D, comercial, logística, etc.).

Involucrar en este proceso a todos, desde la dirección hasta el último trabajador.

Promover TPM a través de una acción de dirección para crear los grupos de pequeñas actividades e ideas.

- Implantación del TPM en la empresa

La implantación del TPM en una fábrica consta de doce etapas que se resumen a continuación.

A la vista de este programa pueden hacerse las siguientes consideraciones:

- El programa se basa no en técnicas concretas sino en una filosofía de funcionamiento distinto, a través de una implicación de todos los trabajadores y no del equipo de mantenimiento solamente.
- Se basa en un concepto de calidad total, ya que implica a todos los departamentos internos de la empresa y organizaciones externas, puesto que los considera como propios.
- Introduce el concepto de mejora permanente.
- Los operarios y jefes de equipo constituyen el núcleo de acción de TPM tanto en el ámbito manual (reparar) como organizativo (ideas, soluciones, mejoras, etc.).

Sin embargo hay que tener en cuenta que no es posible implantar un sistema de TPM en una empresa sino dentro del marco de una política de calidad total. Esto supondrá un cambio brusco en el funcionamiento de la empresa, a todos los niveles ya que, a la pregunta de ¿Cómo seremos competitivos? Hay que responder que con una política de calidad total de la que la que el TPM es parte, no pudiendo existir la una sin la otra [Tobalina, 1994].

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida en este nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambas de manera estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requisito importante para el éxito del TPM [Elejebarrrieta, 1998].

- RCM después del TPM.

A nivel mundial se emplean diferentes tipos de mantenimiento entre ellos la RCM (*Reliability Centered Maintenance*) o MBF (Mantenimiento basado en la fiabilidad).

RCM (*Reliability Centered Maintenance*) fue creado en Estados Unidos en 1960 como aplicación del mantenimiento a equipos astronáuticos.

Este documento fue recogido en un documento llamado MSG (*Maintenance Steering Group*), que fue mejorado en sucesivas versiones MSG 1-1970, MSG 2-1976 y MSG 3-1980.

En 1984 el EPRI (*Electrical Power Research Institute*), que es un organismo de investigación norteamericano, decide incorporar esta metodología a las centrales nucleares salvando las diferencias notables existentes entre un avión de transporte y una central nuclear.

Como se ve, el título señala a RCM como algo posterior al actual y conocido TPM no se quiere significar con ello que RCM supere a TPM como sistema de mantenimiento, sino que su aplicación industrial es posterior.

Entre TPM y RCM hay una diferencia notable de método, concepción y aplicación. En la tabla 2 se indican algunas diferencias importantes.

5 Definiciones de RCM y su aplicación.

Se puede definir a RCM como una política de mantenimiento basada en la fiabilidad de las funciones del ingenio, planta o equipo. Recurre para ello a un programa de mantenimiento preventivo cuyo objetivo es mejorar la fiabilidad funcional de los sistemas aseguradores de la seguridad y disponibilidad, pero a la vez minimizando el coste de mantenimiento implicado.

Partiendo de un objetivo de fiabilidad dado puede ser alcanzado un programa de mantenimiento preventivo óptimo desde el punto de vista técnico económico y así seleccionando el esfuerzo de mantenimiento con su técnica más idónea, eliminando tareas de mantenimiento improductivas.

Cada modo de fallo funcional del equipo o sistema y su criticidad serán analizados, según RCM, de forma racional y sistemáticas; las razones de elección de las tareas de mantenimiento son formalmente justificadas. De esta manera se coordina la fiabilidad (probabilística), con la operación y mantenimiento.

Por último se recogerán valores cualitativos y cuantitativos provenientes de la experiencia para la determinación de la criticidad de los fallos (tasa de fallo, gravedad), y así reajustar los programas de mantenimiento.

Continuamente las exigencias de productividad, calidad y coste referido a un producto final elaborado, han dado como objetivo, mejorar los procesos de producción, las instalaciones, los sistemas, equipos y servicios.

Consecuentemente esta continua evolución de los procesos ha llevado dentro del sector de mantenimiento a una mayor especialización de las personas, al establecimiento de nuevos métodos operativos y a la incorporación de nuevas tecnologías aplicadas.

También ha sido notorio, debido a esta gradual optimización en los procesos productivos, que el área de mantenimiento, se ha posesionado firmemente y de manera preferente en la organización de una empresa principal. [Lagares, 1998].

Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM)

El SAM incluye, por lo general los sistemas:

- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
- Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico.
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento de Línea.

El Sistema de Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico ya fue descrito, aunque vale decir que la decisión de intervenir en un equipo bajo este sistema puede ser tomada a partir de un diagnóstico subjetivo(a través de los órganos de los sentidos del inspector encargado de realizar el diagnóstico) y no sólo utilizando instrumentos o equipos de medición como los ya mencionados [De la Paz, 1996]

El Mantenimiento Correctivo consiste en la ejecución de las reparaciones programadas a partir de defectos detectados por el mantenimiento de línea o por el inspector durante su rutina y de las no programadas que se realizan posteriormente a la ocurrencia de una avería. En este último caso, se trata de aquellos equipos a los que se ha decidido dejar en servicio hasta que ocurra la avería, pues esta se encuentra localizada y puede ser controlada.

El Mantenimiento de Línea es la actividad de mantenimiento que sistemáticamente se efectúa a los equipos con el propósito de restablecer sus condiciones técnicas de funcionamiento, tales como el ajuste, cambio de accesorios, así como la atención a las interrupciones del equipamiento a los efectos de lograr una mayor eficiencia industrial.

El Procedimiento General para la aplicación del SAM que en forma esquemática se muestra en el Anexo 2, consta de ocho tareas básicas cada una de las cuales está encaminada al logro de un objetivo y en definitiva, a que se realice el cambio de sistema en forma paulatina y metodológicamente bien argumentada.

Las tareas básicas realizadas y que refieren los métodos utilizados, así como el objetivo de cada una de ellas son, en esencia [Ibídem, 1996].

En Cuba, se le desea dar a la Gestión Integral de Mantenimiento un valor por su importancia y su gran utilidad para el buen funcionamiento y desarrollo de las actividades en cualquier industria, es por ello que es este el sistema de mantenimiento que se utilizara en esta tesis para la selección del tipo de mantenimiento que se le dará a los equipos energéticos de la planta de Producción del CBQ.

1.11 Metodologías para la selección del tipo de mantenimiento

Uno de los mayores retos para las personas ocupadas en temas de mantenimiento no es aprender todas las técnicas existentes, sino identificar cuáles son las adecuadas para aplicar en su propia organización, tanto desde el punto de vista técnico como económico [Pérez Jaramillo, 2004].

Ante las nuevas reglas de producción y la importancia que se le concede a la actividad integral de mantenimiento para el logro de ésta, varios autores [De la Paz Martínez, 1996; Torres, 1997; Batista Rodríguez, 2000; Bevilacqua y Braglia, 2000; Huerta Mendoza, 2001; González Danger y Echevarría Pierre, 2002; Dos Santos Méndez, 2002; Borroto Pentón, 2005; Christensen, 2006; Torres Daniel, 2005] han coincidido que, en principio, no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un único tipo de mantenimiento. Cada equipo ocupa una posición desigual en el proceso industrial y tiene características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Con el objetivo de decidir sobre el tipo de mantenimiento más apropiado en cada caso, se han presentado disímiles propuestas en la literatura. Estas pueden dividirse en dos tendencias fundamentales. La primera está relacionada con la presentación de metodologías que, al considerar varios factores, permiten decidir directamente la política de mantenimiento a seguir en

cada situación. Dentro de estas metodologías se destacan: la filosofía RCM (Reliability Centered Maintenance) [Moubray, 1997; Ellmann, 2001], el Análisis Multicriterio [Alsyouf, 2004; De Freitas Cordeiro, 2005; Forslund, 2006], el Análisis de Riesgo [Yáñez Medina, Gómez de la Vega y Valbuena Chourio, 2004; García González-Quijano, 2004], las estrategias de selección basadas en elementos económicos [Marín, 1994; Lofsten, 1999; Sondalini, 2002 y Alsyouf, 2004] y el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM) [Portuondo Pichardo et al., 1989; De la Paz Martínez, 1996; Aguilera Martínez, 2001] utilizado en varias industrias cubanas.

La segunda estrategia, de mucho auge en la actualidad, consiste en la determinación del nivel de criticidad de cada activo dentro del proceso productivo para luego, en función de este, asignar la política de mantenimiento que resulte pertinente.

1.12 La industria Farmacéutica

La industria farmacéutica es un importante elemento de los sistemas de asistencia sanitaria de todo el mundo; está constituida por numerosas organizaciones públicas y privadas dedicadas al descubrimiento, desarrollo, fabricación y comercialización de medicamentos para la salud humana y animal (Gennaro, 1990).

Su fundamento es la investigación y desarrollo (I+D) de medicamentos para prevenir o tratar las diversas enfermedades y alteraciones. Los principios activos que se utilizan en los medicamentos presentan una gran variedad de actividades farmacológicas y propiedades toxicológicas (Hardman, Gilman y Limbird, 1996; Reynolds, 1989). Los modernos avances científicos y tecnológicos aceleran el descubrimiento y desarrollo de productos farmacéuticos innovadores dotados de mejor actividad terapéutica y menos efectos secundarios. En este sentido los biólogos moleculares, químicos y farmacéuticos mejoran los beneficios de los fármacos aumentando la actividad y la especificidad. Estos avances suscitan, a su vez, una nueva preocupación por la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en la industria farmacéutica (Agius 1989; Neumann y cols. 1996; Sargent y Kirk 1988; Teichman, Fallon y Brandt-Rauf 1988).

Son muchos los factores dinámicos científicos, sociales y económicos que configuran la industria farmacéutica. Algunas compañías farmacéuticas trabajan tanto en los mercados nacionales como en los multinacionales. En todo caso, sus actividades están sometidas a leyes, reglamentos y

políticas aplicables al desarrollo y aprobación de fármacos, la fabricación y control de calidad, la comercialización y las ventas (Spilker 1994). Investigadores, tanto de instituciones públicas como del sector privado, médicos y farmacéuticos, así como la opinión pública, influyen en la industria farmacéutica. Los proveedores de asistencia sanitaria (ejemplo, médicos, odontólogos, enfermeras, farmacéuticos y veterinarios) de hospitales, clínicas, farmacias y consultas privadas pueden prescribir fármacos o recomendar cómo dispensarlos. Los reglamentos y las políticas de asistencia sanitaria aplicables a los productos farmacéuticos son sensibles intereses públicos, de grupos de defensa y privados. La interacción de todos estos complejos factores influye en el descubrimiento, desarrollo, fabricación, comercialización y venta de fármacos.

1.13 La Gestión integral del mantenimiento en la industria Farmacéutica en Cuba

Antes de 1959, no existía en Cuba una cultura de mantenimiento, salvo en algunas industrias como la eléctrica, refinación de petróleo y telefónica entre otros. A partir del Triunfo Revolucionario en 1959 cambió por completo la responsabilidad de la actividad de Mantenimiento de la industria cubana. Un país bloqueado económica y tecnológicamente tuvo que enfrentar la escasez de insumos, materiales y recursos humanos calificados para llevar a cabo esta actividad. Las acciones de Mantenimiento especializados y de gran envergadura, que antes del Triunfo de la Revolución eran contratados a firmas especializadas extranjeras, tuvieron que ser llevadas a cabo por el incipiente movimiento de mantenedores del país, los cuales desempeñaron un papel decisivo en mantener funcionando la industria.

Con el surgimiento del Ministerio de Industrias en Cuba, se introduce el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), el cual es adaptado a las condiciones específicas de cada ministerio en el país.

Desde 1961 ha existido un reconocimiento a la importancia del mantenimiento, en particular desde el proceso de institucionalización del país, a partir del cual se fomenta y establece su dirección por parte del Estado y el Partido, por su decisiva influencia en el ahorro de recursos.

El desarrollo tecnológico y el reordenamiento económico - social posterior a 1961, sentó pautas para crear empresas especializadas de servicios de reparación y mantenimiento en sectores industriales como la eléctrica, azucarera, salud, mecánica y transporte entre otras. Fueron

definidos los lineamientos para la preservación y mantenimiento de los medios básicos productivos en la industria y el sector de los servicios. Sin embargo, el mantenimiento en Cuba se caracterizó por los siguientes factores:

- 1 Falta de políticas generales de mantenimiento.
- 2 Se obviaron los avances de la práctica mundial en materia de gestión de mantenimiento.
- 3 Se copiaron esquemas tecnológicos de mantenimiento, los cuales se mantuvieron estancados, sin cambio alguno.
- 4 Deficiente capacitación y desarrollo de los recursos humanos dedicados a la actividad de mantenimiento.
- 5 Insuficiencia de recursos financieros que garantizaran el suministro sostenido de materiales, insumos y piezas de repuesto.
- 6 Deficiente gestión de mantenimiento, caracterizada por una burocracia poco racional e ineficaz.

La opinión del autor de la presente investigación es que una característica típica de cultura de mantenimiento industrial de Cuba (y que prevalece aún) responde al hecho de la capacidad innovadora y creadora para “solucionar” la disponibilidad de equipos, maquinarias y sistemas tecnológicos, sin contar con los recursos financieros y materiales necesarios. En muchos casos las “soluciones resuelven el problema”, pero: ¿Cuál es el costo de las consecuencias?.

Actualmente quedan muchos rezagos de una forma de proceder y del estilo de pensamiento, que si bien fue necesaria en una época de la vida Social - Cultural - Tecnológica del país, actualmente frena el desarrollo tecnológico y cultural de la actividad de mantenimiento de la industria cubana. Estilos de trabajo como el de “resolver la situación momentánea con cualquier cosa y a toda costa, sin prever las consecuencias futuras, donde en ocasiones ahorramos kilos y perdemos millones de pesos” no pueden continuar. Son necesarias estrategias de formación de nuevos valores según los requerimientos actuales que posibiliten un cambio de mentalidad y de forma de actuar y hacer las cosas. Este comportamiento no siempre es así, muchas soluciones aplicadas en mantenimiento constituyen un verdadero fruto autóctono del conocimiento científico - tecnológico y cultural de la actividad del mantenimiento. Es una lástima que también en ocasiones no es tomada en cuenta y

se prefiere la solución extranjera. Cuba no está exenta de dificultades enmarcadas en la Cultura de Mantenimiento.

En las producciones farmacéuticas, las exigencias con relación a las condiciones ambientales dependen básicamente de los tipos de producto y también se requiere producción en condiciones esterilizadas y no esterilizadas. Para las producciones esterilizadas, estas se basan en diversos códigos de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) para este tipo de producto, deja mucho que definir, cuando son las exigencias de clasificación de áreas limpias, de acuerdo con el grado de cualidades.

El personal responsable o encargado de mantener los requisitos originales y de diseño de las maquinarias, equipos, edificaciones y sistemas tecnológicos (personal de mantenimiento o mantenedores) poco podrán hacer si la actividad de mantenimiento no se considera como uno de los objetivos principales de la directiva de Empresas y Organizaciones. Las instituciones y sus gestores no deben permitir que el equipamiento y edificaciones se degraden hasta un estado de deterioro y de abandono que lo hace antieconómico. La dirección de las Empresas Organizaciones y Ministerios deberán ocuparse de proyectar como política, el hecho de ubicar y apoyar la actividad de Mantenimiento en su justo lugar de importancia.

1.14 Las herramientas informáticas en la gestión del mantenimiento

El desarrollo y posterior implantación de una herramienta informática para apoyar el proceso de toma de decisiones sobre el tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo en la empresa, representa para ésta una mejora tecnológica y organizativa. Para ello la informatización del mantenimiento debe estar orientada a desempeñar varias funciones principales:

- La entrada, salvaguarda y gestión de toda la información relacionada con el mantenimiento de forma que pueda ser accesible en cualquier momento de uno u otro modo.
- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.

- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.

Una herramienta informática, si es suficientemente flexible, puede adaptarse a los procesos de la propia empresa, permitiendo organizar y controlar el trabajo administrativo, también reduce el tiempo de trabajo burocrático [Martín Montoliu & Elaine Kepcia, 1995].

La incorporación de la informática al mantenimiento trae consigo varias ventajas, entre ellas se pueden citar las siguientes [Benaim et al., 1994] :

- Facilita la planificación del mantenimiento.
- Simplifica y optimiza el control de costos.
- Mejora el control de los trabajos.
- Facilita el manejo, control y documentación del espacio.
- Mejora la adquisición, manejo y aprovechamiento de los recursos.
- Permite tener información actualizada y rápidamente accesible para la toma de decisiones.
- Facilita el análisis de alternativas y la confección de estadísticas.
- Permite el control a distancia de los sistemas, mejorando la rapidez y eficacia.

Otro asunto a considerar es la selección del sistema informático más adecuado. Algunos autores como Pérez Tejeda [1992], Treto Cárdenas & Navarrete Pérez [1993], Ibáñez, del Olmo & Hernández [1992], Benaim et al. [1994], Fuertes, del Olmo & Hernández [1994], Brenes Trejo [2000], Lourival Tavares [1999] se refieren a la importancia y las razones para la elección de un software para la gestión de mantenimiento y las ventajas que reporta la aplicación del mismo. Gil Diez-Ticio & Madurga Rivera [1994], plantean que la elección de un adecuado software es una de las decisiones más importantes a ser tomada en la política de desarrollo de mantenimiento.

Existen en el mercado numerosas aplicaciones informáticas de mantenimiento, pero la implantación de cualquiera de ellas, es una tarea ardua cuya duración se estima en seis meses como promedio. Según Lourival Tavares & Silva Filho [2003] se comercializan en el mundo más de 300 software específicos de mantenimiento; este mercado representó en 1997 más de 900 millones de dólares, el 56.6 % en EUA, el 27.5 % en Europa, el 10.3 % en Asia y Oceanía y el 5.7 % en América Latina.

En Cuba se conocen muy pocas herramientas informáticas en el área de mantenimiento. Es conocido que en el Centro de Estudio de Ingeniería de mantenimiento (CEIM), perteneciente al Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, se ha desarrollado un software para ayudar en la resolución de problemas técnicos y de gestión de mantenimiento conocido por el nombre de Mantenimiento Asistido por Computadora sobre Windows (MacWin) que es aplicado actualmente en hospitales, entidades productivas y de prestación de servicios, según Barrios Arias [1996], Vicente Hernández [1996] y MacWin [2009].

Para el caso concreto de la metodología para la selección basadas en la clasificación del equipamiento (Análisis de Criticidad) no existen herramientas informáticas que soporten su aplicación por lo que el autor considera que el desarrollo y posterior implementación de una herramienta que tenga en cuenta el Análisis de Criticidad para la clasificación del equipamiento y posterior selección del tipo de mantenimiento a aplicar constituye una prioridad.

1.15 El proceso de desarrollo del software

Un proceso de desarrollo de software tiene como propósito la producción eficaz y eficiente de un producto software que reúna los requisitos del cliente. Dicho proceso, en términos globales se muestra en la figura 1.5. Este proceso es intensamente intelectual, afectado por la creatividad y juicio de las personas involucradas [Somerville ,2002]. Aunque un proyecto de desarrollo de software es equiparable en muchos aspectos a cualquier otro proyecto de ingeniería, en el desarrollo de software hay una serie de desafíos adicionales, relativos esencialmente a la naturaleza del producto obtenido. A continuación se explican algunas

particularidades asociadas al desarrollo de software y que influyen en su proceso de construcción.

Un producto software en sí es complejo, es prácticamente inviable conseguir un 100% de confiabilidad de un programa por pequeño que sea. Existe una inmensa combinación de factores que impiden una verificación exhaustiva de todas las posibles situaciones de ejecución que se puedan presentar (entradas, valores de variables, datos almacenados, software del sistema, otras aplicaciones que intervienen, el hardware sobre el cual se ejecuta, etc.).

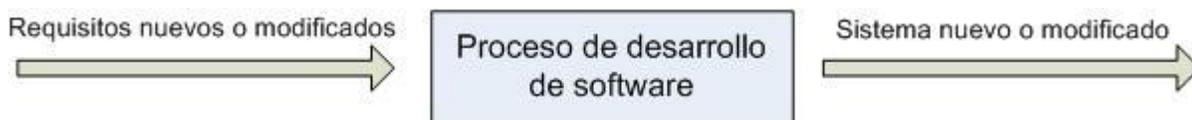


Figura 1.5: Proceso de desarrollo de software (Fuente: Jacobson [2000]).

Un producto software es intangible y por lo general muy abstracto, esto dificulta la definición del producto y sus requisitos, sobre todo cuando no se tienen precedentes en productos software similares. Esto hace que los requisitos sean difíciles de consolidar tempranamente. Así, los cambios en los requisitos son inevitables, no sólo después de entregado en producto sino también durante el proceso de desarrollo.

Además, de las dos anteriores, siempre puede señalarse la inmadurez de la ingeniería del software como disciplina, justificada por su corta vida comparada con otras disciplinas de la ingeniería. Sin embargo, esto no es más que un consuelo inútil.

El proceso de desarrollo de software no es único. No existe un proceso de software universal que sea efectivo para todos los contextos de proyectos de desarrollo. Debido a esta diversidad, es difícil automatizar todo un proceso de desarrollo de software.

A pesar de la variedad de propuestas de proceso de software, existe un conjunto de actividades fundamentales que se encuentran presentes en todos ellos Somerville (2002):

1. Especificación de software: se debe definir la funcionalidad y restricciones operacionales que debe cumplir el software.

2. Diseño e Implementación: se diseña y construye el software de acuerdo a la especificación.
3. Validación: el software debe validarse, para asegurar que cumpla con lo que quiere el cliente.
4. Evolución: el software debe evolucionar, para adaptarse a las necesidades del cliente.

Además de estas actividades fundamentales, Pressman (1997) menciona un conjunto de “actividades protectoras” que se aplican a lo largo de todo el proceso del software. Ellas se señalan a continuación:

- Seguimiento y control de proyecto de software.
- Revisiones técnicas formales.
- Garantía de calidad del software.
- Gestión de configuración del software.
- Preparación y producción de documentos.
- Gestión de reutilización.
- Mediciones.
- Gestión de riesgos.

Pressman [1997] caracteriza un proceso de desarrollo de software como se muestra en la figura 1.6. Los elementos involucrados se describen a continuación:

- Un marco común del proceso, definiendo un pequeño número de actividades del marco de trabajo que son aplicables a todos los proyectos de software, con independencia del tamaño o complejidad.
- Un conjunto de tareas, cada uno es una colección de tareas de ingeniería del software,
- Hitos de proyectos, entregas y productos de trabajo del software, y puntos de garantía de calidad, que permiten que las actividades del marco de trabajo se adapten a las características del proyecto de software y los requisitos del equipo del proyecto.
- Las actividades de protección, tales como garantía de calidad del software, gestión de configuración del software y medición, abarcan el modelo del proceso. Las actividades de protección son independientes de cualquier actividad del marco de trabajo y aparecen durante todo el proceso.

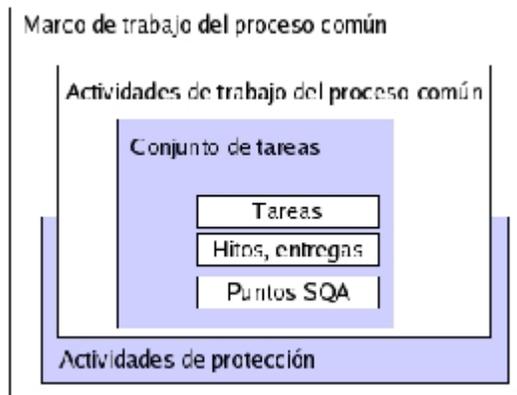


Figura 1.6: Elementos del proceso del software. Fuente: Pressman (1997).

Otra perspectiva utilizada para determinar los elementos del proceso de desarrollo de software es establecer las relaciones entre elementos que permitan responder quién debe hacer qué, cuándo y cómo debe hacerlo [Letelier, 2003].

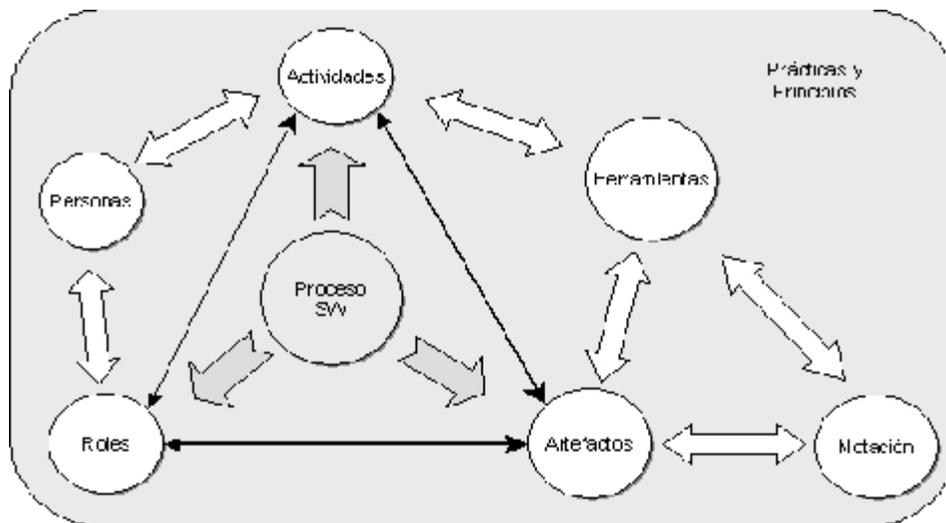


Figura 1.7: Relación entre elementos del proceso del software. Fuente: Letelier (2003).

En la figura 1.7 se muestran los elementos de un proceso de desarrollo de software y sus relaciones. Así las interrogantes se responden de la forma siguiente:

- Quién: las personas participantes en el proyecto de desarrollo desempeñando uno o más roles específicos.
- Qué: un artefacto¹ es producido por un rol en una de sus actividades. Los artefactos se especifican utilizando notaciones específicas. Las herramientas apoyan la elaboración de artefactos soportando ciertas notaciones.
- Cómo y cuándo: las actividades son una serie de pasos que lleva a cabo un rol durante el proceso de desarrollo. El avance del proyecto está controlado mediante hitos que establecen un determinado estado de terminación de ciertos artefactos.

La composición y sincronía de las actividades está basada en un conjunto de principios y prácticas. Las prácticas y principios enfatizan ciertas actividades y/o la forma como deben realizarse, por ejemplo: desarrollar iterativamente, gestionar requisitos, desarrollo basado en componentes, modelar visualmente, verificar continuamente la calidad, gestionar los cambios, etc.

1.16 Modelos de proceso de software

Somerville (2002) define a modelo de proceso de software como “una representación simplificada de un proceso de software, representada desde una perspectiva específica. Por su naturaleza los modelos son simplificados, por lo tanto un modelo de procesos del software es una abstracción de un proceso real.”

Los modelos genéricos no son descripciones definitivas de procesos de software; sin embargo, son abstracciones útiles que pueden ser utilizadas para explicar diferentes enfoques del desarrollo de software.

A continuación se listan algunos ejemplos de modelos de proceso de software:

- Codificar y corregir.
- Modelo en cascada.

- Desarrollo evolutivo.
- Desarrollo formal de sistemas.
- Desarrollo basado en reutilización.
- Desarrollo incremental.
- Desarrollo en espiral.

¿Cuál es el modelo de proceso más adecuado?

Cada proyecto de software requiere de una forma particular de abordar el problema. Las propuestas comerciales y académicas actuales promueven procesos iterativos, donde en cada iteración puede utilizarse uno u otro modelo de proceso, considerando un conjunto de criterios (Por ejemplo: grado de definición de requisitos, tamaño del proyecto, riesgos identificados, entre otros). En la tabla 1.4 se expone una comparación de los modelos de proceso de acuerdo con algunos criterios básicos para su selección.

Tabla 1.4.Comparación entre los modelos de proceso de software

Modelo de proceso	Funcionamiento con requisitos y arquitectura no predefinidos	Producción de software altamente fiable	Gestión de riesgos	Forma en que permite correcciones sobre la marcha	Visión del progreso por el cliente y el jefe del proyecto
Codificar y corregir	Bajo	Bajo	Bajo	Alta	Media
Cascada	Bajo	Alto	Bajo	Baja	Baja
Evolutivo exploratorio	Medio o alto	Medio o alto	Medio	Media o alta	Media o Alta
Evolutivo prototípico	Alto	Medio	Medio	Alta	Alta
Desarrollo formal de sistemas	Bajo	Alto	Medio	Baja	Baja

Desarrollo orientado a reutilización	Medio	Bajo a Alto	Medio	Alta	Alta
Incremental	Bajo	Alto	Medio	Baja	Baja
Espiral	Alto	Alto	Alto	Media	Media

Fuente: Elaboración propia.

Después de haberse realizado un estudio exhaustivo de los diferentes modelos de proceso de desarrollo de software se escogió el “Modelo en Espiral” el cual consiste en una serie de ciclos que se repiten en forma de espiral, comenzando desde el centro. Se suele interpretar como que dentro de cada ciclo de la espiral se sigue un Modelo Cascada, pero no necesariamente debe ser así. El Espiral puede verse como un modelo evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa del modelo MCP con los aspectos controlados y sistemáticos del Modelo Cascada, con el agregado de gestión de riesgos. Para un mejor entendimiento del mismo se exponen sus características en el epígrafe siguiente.

1.17 Modelo o Desarrollo en Espiral

La Ingeniería de software, se vale y establece a partir de una serie de modelos que establecen y muestran las distintas etapas y estados por lo que pasa un producto software, desde su concepción inicial, pasando por su desarrollo, puesta en marcha y posterior mantenimiento, hasta la retirada del producto. A estos modelos se les denomina «modelos de ciclo de vida del software». El primer modelo concebido fue el de Royce, más comúnmente conocido como *desarrollo en cascada* o *desarrollo lineal secuencial*. Este modelo establece que las diversas actividades que se van realizando al desarrollar un producto software se suceden de forma lineal.

Boehm, autor de diversos artículos de ingeniería del software; modelos de estimación de esfuerzo y tiempo que se consume en hacer productos software; y Modelos de Ciclo de Vida; ideó y promulgó un modelo desde un enfoque distinto al tradicional en Cascada: El Modelo Evolutivo Espiral. Su Modelo de Ciclo de Vida en Espiral tiene en cuenta fuertemente el **riesgo**

que aparece a la hora de desarrollar software. Para ello, se comienza mirando las posibles alternativas de desarrollo, se opta por la de riesgo más asumible y se hace un ciclo de la espiral. Si el cliente quiere seguir haciendo mejoras en el software, se vuelve a evaluar las distintas nuevas alternativas y riesgos y se realiza otra vuelta de la espiral, así hasta que llegue un momento en el que el producto software desarrollado sea aceptado y no necesite seguir mejorándose con otro nuevo ciclo.

Este modelo fue propuesto por Boehm en 1988. Básicamente consiste en una serie de ciclos que se repiten en forma de espiral, comenzando desde el centro. Se suele interpretar como que dentro de cada ciclo de la espiral se sigue un Modelo Cascada, pero no necesariamente debe ser así. El Espiral puede verse como un modelo evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa del modelo MCP con los aspectos controlados y sistemáticos del Modelo Cascada, con el agregado de gestión de riesgos.

En cada vuelta o iteración hay que tener en cuenta

Los Objetivos: Que necesidad debe cubrir el producto.

Alternativas: Las diferentes formas de conseguir los objetivos de forma exitosa, desde diferentes puntos de vista como pueden ser:

1. Características: experiencia del personal, requisitos a cumplir, etc.
2. Formas de gestión del sistema.
3. Riesgo asumido con cada alternativa.

Desarrollar y Verificar: Programar y probar el software.

Si el resultado no es el adecuado o se necesita implementar mejoras o funcionalidades

Se planificarán los siguientes pasos y se comienza un nuevo ciclo de la espiral. La espiral tiene una forma de caracol y se dice que mantiene dos dimensiones, la radial y la angular:

1. **Angular:** Indica el avance del proyecto del software dentro de un ciclo.

2. **Radial:** Indica el aumento del coste del proyecto, ya que con cada nueva iteración se pasa más tiempo desarrollando.

Este sistema es muy utilizado en proyectos grandes y complejos como puede ser, por ejemplo, la creación de un Sistema Operativo.

Al ser un modelo de Ciclo de Vida orientado a la gestión de riesgo se dice que uno de los aspectos fundamentales de su éxito radica en que el equipo que lo aplique tenga la necesaria experiencia y habilidad para detectar y catalogar correctamente los riesgos.

Tareas

Para cada ciclo habrá cuatro actividades:

- Determinar Objetivos
- Análisis del riesgo
- Planificación
- Desarrollar y probar



Determinar o fijar objetivos

- Fijar también los productos definidos a obtener: requerimientos, especificación, manual de usuario.
- Fijar las restricciones.
- Identificación de riesgos del proyecto y estrategias alternativas para evitarlos.
- Hay una cosa que solo se hace una vez: planificación inicial o previa.

Desarrollar, verificar y validar (probar)

- Tareas de la actividad propia y de prueba.
- Análisis de alternativas e identificación resolución de riesgos.
- Dependiendo del resultado de la evaluación de los riesgos, se elige un modelo para el desarrollo, el que puede ser cualquiera de los otros existentes, como formal, evolutivo, cascada, etc. Así si por ejemplo si los riesgos en la interfaz de usuario son dominantes, un modelo de desarrollo apropiado podría ser la construcción de prototipos evolutivos. Si lo riesgos de protección son la principal consideración, un desarrollo basado en transformaciones formales podría ser el más apropiado.

Planificar

- Revisamos todo lo hecho, evaluándolo, y con ello decidimos si continuamos con las fases siguientes y planificamos la próxima actividad.

Mecanismos de control

- La dimensión radial mide el coste.
- La dimensión angular mide el grado de avance del proyecto.

Variaciones del Modelo En Espiral

- Modelo en Espiral Típico de seis regiones.
- Modelo en espiral WIN.

Ventajas

El análisis del riesgo se hace de forma explícita y clara. Une los mejores elementos de los restantes modelos.

- Reduce riesgos del proyecto
- Incorpora objetivos de calidad
- Integra el desarrollo con el mantenimiento, etc.

Además es posible tener en cuenta mejoras y nuevos requerimientos sin romper con la metodología, ya que este ciclo de vida no es rígido ni estático.

Desventajas

- Genera mucho tiempo en el desarrollo del sistema
- Modelo costoso
- Requiere experiencia en la identificación de riesgos

1.18 Conclusiones Parciales

1. Se realizó una definición de los requisitos tanto de usuario como de software que condujeron a desarrollar la herramienta informática implementando de manera acertada la optimización del control de la planificación del mantenimiento en las diferentes áreas del CBQ.
2. El software emplea un modelo cliente / servidor desde una estructura WEB para la manipulación de los datos lo cual permite su utilización con un alto grado de fiabilidad. El empleo de este modelo permite centralizar y mejorar la seguridad ya que la cantidad de puntos de entrada para el acceso a la transformación de los datos no es importante.
3. Se determinó el modelo en espiral como el idóneo para el desarrollo en las diferentes etapas y estados por las que pasará el producto software, desde su concepción inicial,



pasando por su desarrollo, puesta en marcha y posterior mantenimiento, hasta la retirada del producto.

Capítulo 2

Introducción

El área de mantenimiento del Centro de Bioactivos Químicos no cuenta con sistema alguno de informatización para la realización de sus actividades. Según el resultado de las entrevistas aplicadas, los trabajadores reconocen la importancia y necesidad de un sistema automatizado para el área de mantenimiento, pero el centro no dispone de presupuesto destinado a la adquisición de un sistema informatizado para tal área y no han estado creadas las condiciones en cuanto a la información con el fin de programar sus mantenimientos y llevar la historia de cada uno de ellos.

El proceso de desarrollo de una herramienta que informatiza la programación del mantenimiento en el CBQ, basado en la clasificación ya realizada del equipamiento y la consecuente selección de los tipos de mantenimiento para cada equipo resultando de las mismas la selección del modelo a aplicar en cada caso, en la explotación de los recursos dentro del software necesarios para optimizar el control de la planificación a nivel centralizado como son la visualización del plan realizado para el mantenimiento de cada equipo, las alertas sobre el cumplimiento de lo planificado o el reporte de los problemas encontrados tanto de funcionamiento del software, como de errores o incumplimientos en la ejecución del mantenimiento proyectado, así como la facilidad para gestionar las ordenes de trabajo para ejecución del mismo, resulta de importancia vital dado que estas actividades no disponen de un Software que facilite su realización.

A este conjunto de actividades que resumen a grandes rasgos, las tareas que realizará el software lo denominaremos Optimización del control de la planificación del Mantenimiento (OGM) y en lo adelante utilizaremos estas siglas en los momentos donde sea menester.

La realización de forma manual de los procedimientos para garantizar una OGM se hace engorrosa y atenta contra su aplicación efectiva, recayendo en mala manipulación de la información tanto acerca del estado de los equipos como del mantenimiento que necesitan, en pérdidas de tiempo tan crecientes que derivan en el incumplimiento total del mantenimiento

preventivo de todos los equipos por citar ejemplos. Debido a esta situación fue necesario seleccionar un procedimiento de desarrollo de software que permitiera la correcta realización de una herramienta informática destinada al proceso de OGM. Para dar cumplimiento a este objetivo se seleccionó la Metodología de Desarrollo en Espiral por ser el modelo donde el análisis del riesgo se hace de forma explícita y clara y une los mejores elementos de los restantes modelos.

- Reduce riesgos del proyecto
- Incorpora objetivos de calidad
- Integra el desarrollo con el mantenimiento, etc.

Además es posible tener en cuenta mejoras y nuevos requerimientos sin romper con la metodología, ya que este ciclo de vida no es rígido ni estático permitiendo mayor flexibilidad en el desarrollo del software. Las diferentes fases o etapas de este modelo de desarrollo se exponen a continuación.

2.1 Fases o etapas del modelo de desarrollo

El Espiral puede verse como un modelo evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa del modelo MCP con los aspectos controlados y sistemáticos del Modelo Cascada, con el agregado de gestión de riesgos.

En cada vuelta o iteración hay que tener en cuenta:

- **Los Objetivos:** Que necesidad debe cubrir el producto.
- **Alternativas:** Las diferentes formas de conseguir los objetivos de forma exitosa, desde diferentes puntos de vista como pueden ser:
 1. Características: experiencia del personal, requisitos a cumplir, etc.
 2. Formas de gestión del sistema.
 3. Riesgo asumido con cada alternativa.

- **Desarrollar y Verificar:** Programar y probar el software.

2.2 Los Objetivos

Para definir las necesidades objetivas que debe cubrir el software luego de concluido se recurrió a hacer un diagnóstico del sistema aplicado junto al personal responsable del mantenimiento en el CBQ. A partir de aquí se definieron como necesidades a cubrir de manera automatizada puntos tales como:

- La visualización del plan realizado para el mantenimiento de cada equipo.
- Las alertas sobre el cumplimiento de lo planificado.
- Viabilizar el reporte de los problemas encontrados tanto de funcionamiento del software, como de errores o incumplimientos en la ejecución del mantenimiento proyectado.
- Facilidad para gestionar las ordenes de trabajo para ejecución del mismo.

2.3 Experiencia del personal

Los niveles de conocimiento acerca del concepto mismo de mantenimiento entre los operarios de equipos, técnicos y demás trabajadores en general son bajísimo no siendo así con respecto al personal al frente de la dirección de mantenimiento sobre todo el director quien fue el primero en denunciar la importancia de involucrar en el sistema de mantenimiento a todo el personal del centro. Partiendo de esta premisa y en aras de mejorar los niveles de eficiencia de la control de la planificación del mantenimiento fue que se determinaron los puntos necesarios a cubrir con la herramienta automatizada de manera que su divulgación y el uso de la misma promovido por la dirección y los responsables de áreas y talleres, dé al traste no solo con una mejora en la solución de la problemática planteada de manera lineal sino en una mejora exponencial al ser entonces el mantenimiento una función técnica supervisada por todo el personal.

2.4 Definición de los requisitos

La fase de definición de requisitos se divide en dos fases: análisis de requisitos de usuario y análisis de requisitos de software. La fase de análisis de **requisitos de usuario** (epígrafe 2.2.1) tiene como objetivo conocer las necesidades de los usuarios y cuáles deben ser los servicios que un sistema de software debe ofrecerles para satisfacerlas. La fase implica la creación de los **requisitos de usuario** que constituye la base para que, al final del desarrollo, el sistema sea aceptado por el usuario. La fase de análisis de **requisitos del software (RS)** (epígrafe 2.2.2) consiste en la construcción de un **modelo lógico** del sistema de software describiendo las funciones que sean necesarias (sin tomar ninguna decisión sobre cómo implementarlas) y las relaciones entre ellas suponiendo que no existen limitaciones de recursos.

Requisitos de usuario (RU)

El desarrollo de una herramienta informática para el caso específico de la OGM debe cumplir con los requerimientos siguientes:

1. Crear un sistema de software que garantice la visualización del plan realizado para el mantenimiento de cada equipo, las alertas sobre el cumplimiento de lo planificado o el reporte de los problemas encontrados tanto de funcionamiento del software, como de errores o incumplimientos en la ejecución del mantenimiento planificado, así como la facilidad para gestionar las ordenes de trabajo para ejecución del mismo.
2. El sistema debe poseer una interfaz sencilla que permita a los usuarios familiarizarse con su uso en poco tiempo.
3. El sistema debe permitir la captación y procesamiento de los datos y la obtención de los resultados de una forma rápida y fiable.

4. El sistema debe permitirle al usuario obtener e imprimir reportes sobre cualquier elemento que consulte acerca del equipamiento procesado.

Requisitos de software (RS)

El **propósito** que tiene es describir y formalizar aquellos requisitos que ha de cumplir el sistema a desarrollar, es decir, qué tiene que hacer el sistema y de qué manera desde el punto de vista del cliente.

Descripción general

La herramienta automatizada “Mantengo V1.0” implementará la metodología para la optimización del control de la planificación del mantenimiento. El sistema deberá interactuar con el usuario, entendiéndose por usuario a aquel que manipulará el software en búsqueda de los datos que le permitan comprender el mantenimiento programado, de acuerdo a fechas, tipos y/o modelos de mantenimiento, para cualquier equipo de la organización así como la vía de interactuar inmediatamente con la dirección de mantenimiento de haber alguna discrepancia o algún incumplimiento con respecto a la información encontrada en el sistema. Además la herramienta contará con un sistema de alertas automatizado para los estados de cumplimiento de dicha programación y con los medios para elaborar la orden de mantenimiento por los usuarios autorizados en el momento en que estos lo soliciten.

Acceso a la información

El sistema tendrá una estructura de funcionamiento de sitio WEB y el mismo será accesible utilizando un navegador de internet sin depender del tipo de sistema operativo que se utilice. Solo se requerirá autenticación de usuario en los casos en que se quiera acceder a la administración del sistema o se intente generar una orden de trabajo, por lo demás la estructura en que se presenta la página es de manera digital la misma que tiene el CBQ en su distribución física lo que hace sumamente fácil su uso. La base de datos, que estará centralizada, solo podrá ser transformada por usuarios autorizados.

Restricciones

- El software será accesible solo como página web por lo que es completamente dependiente de una red de computadoras y de un servidor web.

Suposiciones

Se asume que los requisitos descritos son estables una vez que sean aprobados por el usuario. Cualquier petición de cambios en la especificación debe ser aprobada por el diseñador y gestionada por el mismo. Éstas, y cualquier otra suposición, no violarán lo establecido por la metodología que se informatiza.

Requisitos funcionales

En este apartado se presentan los requisitos funcionales que deberán ser satisfechos por el sistema. Todos los requisitos aquí expuestos son esenciales, es decir, no sería aceptable un sistema que no satisfaga alguno de los requisitos aquí presentados. Estos requisitos se han especificado teniendo en cuenta, entre otros, el criterio de ejecución: dado un requisito, debería ser fácilmente demostrable si es satisfecho o no por el sistema.

- El sistema de software a desarrollar debe ser compatible con los sistemas operativos. En nuestro caso dado la estructura de página web del software es compatible con cualquier sistema operativo. Ello responde a la disponibilidad de SO que presentan las empresas en el entorno cubano.
- El sistema debe permitir a cualquier usuario buscar equipos en dependencia del tipo o modelo de mantenimiento sin ninguna restricción.
- El sistema debe permitir al usuario la opción de impresión de los resultados.

- El sistema debe permitir al usuario obtener la planificación del mantenimiento de todos los equipos que se encuentren en el sistema
- El sistema debe proporcionar una herramienta que le permita al usuario especializado establecer conexión con el servidor y la base de datos a utilizar así como la forma de autenticarse.
- El sistema debe proporcionar una ayuda que contenga todos los elementos necesarios para la comprensión del sistema.

Comunicación con futuras aplicaciones de la entidad

La comunicación con la base de datos se realizará mediante protocolos basados en estándares que permitan cumplir los demás requisitos del sistema y futura integración con otros sistemas.

Requisitos de rendimiento

La complejidad de la aplicación debe ser baja, y consumir pocos recursos de software y hardware.

Requisitos de desarrollo

El **ciclo de vida** elegido para desarrollar el sistema será el de “Espiral”, de manera que puede verse como un modelo evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa del modelo MCP con los aspectos controlados y sistemáticos del Modelo Cascada, con el agregado de gestión de riesgos. Por tanto este Modelo de Ciclo de Vida en Espiral tiene en cuenta fuertemente el **riesgo** que aparece a la hora de desarrollar software. Para ello, se comienza mirando las posibles alternativas de desarrollo, se opta por la de riesgo más asumible y se hace un ciclo de la espiral. Si el cliente quiere seguir haciendo mejoras en el software, se vuelve a evaluar las distintas nuevas alternativas y riesgos y se realiza otra vuelta de la espiral, así hasta que llegue un

momento en el que el producto software desarrollado sea aceptado y no necesite seguir mejorándose con otro nuevo ciclo.

2.5 Diseño de software

El proceso de diseño de datos consiste en identificar y definir los tipos de datos necesarios para la correcta aplicación de la metodología para la optimización del control de la planificación del mantenimiento.

Identificación de datos de entrada

Se refiere a todos aquellos datos que deben ser utilizados por el sistema para lograr su plena funcionalidad. Los datos que se le introducen al sistema son agregados solo por personal autorizado. Para un correcto entendimiento de los mismos seguidamente se establecerá una conceptualización a partir del nombre, descripción y tipo, divididos según su comportamiento como:

Datos de Conexión

Este es el tipo de datos que debe proporcionar el personal autorizado a transformar los valores dentro del software. El acceso a los servicios de la herramienta es libre en toda la empresa partiendo de una autenticación como usuario de la red a la que pertenece.

- Tipo de autenticación: Este dato debe proporcionársele al sistema con el objetivo de seleccionar el tipo de seguridad a emplear a la hora de verificar los permisos de acceso al servidor de base de datos y al servidor web. Existen dos tipos de seguridad a emplear en la autenticación. El primero de ellos permite utilizar la seguridad integrada de Windows NT, Linux o Mac indistintamente del SO utilizado y no necesita que el usuario introduzca luego al software los datos “Usuario” y “Contraseña” ya que a partir de aquí la consulta es libre y el segundo utiliza la seguridad para MySQL del Server PHP y requiere que el usuario introduzca al sistema los datos “Usuario” y “Contraseña” para

establecer la conexión, así como la autenticación en el servidor del sitio si el trabajo a realizar es directamente sobre la estructura y datos del mismo.

- Usuario: este dato proporciona al sistema el nombre de usuario requerido para establecer una conexión administrativa utilizando la seguridad del server PHP del sitio. Este dato es de tipo texto y no debe guardarse en el registro del SO para mayor seguridad debido a que va a ser leído por la administración del software cada vez que se solicite esta.
- Contraseña: este dato proporciona al sistema la contraseña requerida para establecer una conexión administrativa utilizando la seguridad del server PHP del sitio. Este dato es de tipo texto y no debe guardarse en el registro del SO para mayor seguridad debido a que va a ser leído por la administración del software cada vez que se solicite esta.
- Por otra parte nos queda especificar el protocolo de conexión HTTP que es el comúnmente usado en la gestión de páginas y sitios web como en el caso de nuestra herramienta.

Datos relacionados con la programación del mantenimiento

Datos Predefinidos

En esta sección se muestran los datos automatizados que dan estructura a la forma de trabajo del software. Son los que se muestran de manera predeterminada y en forma de botón al levantar la herramienta y mediante los cuales se guiarán los usuarios para hacer las consultas.

Áreas: El CBQ está dividido en tres grandes áreas:

- Área Fabril
- Área Química
- Área Biológica

Cada una de ellas está definida como un campo dentro del programa a partir de los cuales se referencian los tipos y modelos de mantenimiento aplicados en las mismas.

Mantenimiento por tipo: Este campo almacena los datos correspondientes a los tipos de mantenimientos que están en uso dentro del centro y los vínculos a las especificidades de cada uno por equipo.

Mantenimiento por modelos: Este campo almacena los datos correspondientes a los modelos de mantenimientos que están en uso dentro del centro y los vínculos a las especificidades de cada uno por equipo.

Datos a definir o variables

Equipos: En este campo se introducen todos los datos concernientes a cada equipo.

- Número de Inventario
- Nombre
- Área a la que pertenece
- Modelo de mantenimiento aplicado

Generándose además el enlace mutuo para habilitar los tipos de mantenimientos.

Mantenimientos: Este campo es dependiente de lo introducido en Equipos y en tipos de mantenimiento definiendo de ambos el nombre y el tipo y solo agregando los datos concernientes a las fechas en que se planifica servir el equipo.

Estructura funcional básica

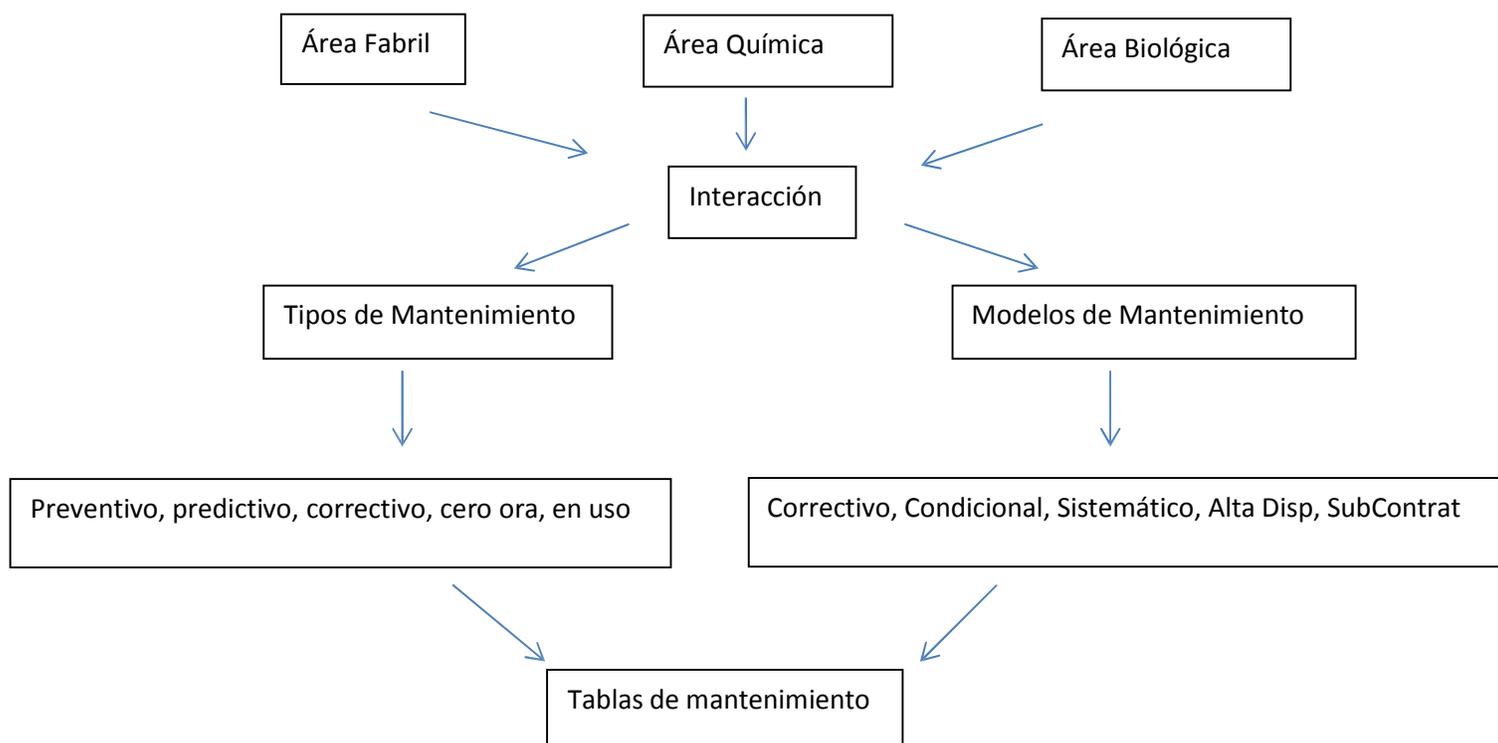


Fig. 2.1 Estructura básica funcional

El cuadro interacción hace una referencia virtual al hecho de que cada una de las áreas interactúa con cada uno de los tipos y modelos. Por ejemplo al ser ejecutada el botón del área fabril se abrirá una página donde aparece el interior del campo área fabril con todos los tipos y

modelos de mantenimiento aplicables a esa área. El cuadro tablas de mantenimiento, como se verá en la figura 2.2 se hace referencia al mecanismo diseñado para la visión y control del mantenimiento planificado.

Ejemplo Tabla de mantenimiento

Invent.	Equipo	E	F	M	A	M	J	J	S	O	N	D
275619	Agitador			♣				♣				♣
276172	Baño de agua					♣				♣		
277391	Aspiradora		♣			♣			♣			
277444	Secador de mano		♣			♣			♣			
288025	Tamizador		♣			♣			♣			
295337	Estufa de circulación		♣			♣				♣		
303367	Balanza		♣			♣			♣			
311501	Nevera		♣			♣				♣		
♣ - Alerta de mantenimiento ya pasado y no realizado ♣ - Alerta de mantenimiento a efectuar en los próximos 5 días ♣ - Alerta de mantenimiento a efectuar en el futuro ♣ - Alerta de mantenimiento efectuado satisfactoriamente												

Fig. Ejemplo de la tabla de reporte del mantenimiento planificado y controlado.

2.6 Estructura de sitio WEB

Al utilizarse una estructura de sitio web para el desarrollo de un software se generan facilidades de acceso en el funcionamiento del mismo. La misma estructura en sí no es más que una colección de páginas web relacionadas y comunes a un dominio de Internet o subdominio en la World Wide Web en Internet. Una página web es un documento HTML/XHTML accesible generalmente mediante el protocolo HTTP de Internet.

Todos los sitios web públicamente accesibles constituyen una gigantesca *World Wide Web* de información (un gigantesco entramado de recursos de alcance mundial).

A las páginas de un sitio web se accede frecuentemente a través de un URL raíz común llamado portada, en este caso sería “Mantengo”, que normalmente reside en el mismo servidor físico. Los URL organizan las páginas en una jerarquía, aunque los hiperenlaces entre ellas controlan más particularmente cómo el lector percibe la estructura general y cómo el tráfico web fluye entre las diferentes partes de los sitios.

Algunos sitios web requieren una suscripción para acceder a algunos o todos sus contenidos. Ejemplos de sitios con suscripción incluyen muchos portales de pornografía en Internet, algunos sitios de noticias, sitios de juegos, foros, servicios de correo electrónico basados en web, sitios que proporcionan datos de bolsa de valores e información económica en tiempo real, etc.

Visión general de sitios web

Un sitio web es un gran espacio documental organizado que la mayoría de las veces está típicamente dedicado a algún tema particular o propósito específico. Cualquier sitio web puede contener hiperenlaces a cualquier otro sitio web, de manera que la distinción entre sitios individuales, percibido por el usuario, puede ser a veces borrosa.

No debemos confundir sitio web con página web; esta última es sólo un archivo HTML, una unidad HTML, que forma parte de algún sitio web. Al ingresar una dirección web, como por ejemplo www.wikimedia.org, siempre se está haciendo referencia a un sitio web, el que tiene

una página HTML inicial, que es generalmente la primera que se visualiza. La búsqueda en Internet se realiza asociando el DNS ingresado con la dirección IP del servidor que contiene el sitio web en el cual está la página HTML buscada.

Los sitios web están escritos en código HTML (*Hyper Text Markup Language*), o dinámicamente convertidos a éste, y se acceden aplicando un software conveniente llamado navegador web, también conocido como un cliente HTTP. Los sitios web pueden ser visualizados o accedidos desde un amplio abanico de dispositivos con conexión a Internet, como computadoras personales, portátiles, PDAs, y teléfonos móviles.

Un sitio web está alojado en una computadora conocida como servidor web, también llamada servidor HTTP, y estos términos también pueden referirse al software que se ejecuta en esta computadora y que recupera y entrega las páginas de un sitio web en respuesta a peticiones del usuario. Apache es el programa más comúnmente usado como servidor web (según las estadísticas de Netcraft) y el Internet Information Services (IIS) de Microsoft también se usa con mucha frecuencia. Un sitio web estático es uno que tiene contenido que no se espera que cambie frecuentemente y se mantiene manualmente por alguna persona o personas que usan algún tipo de programa editor. Hay dos amplias categorías de programas editores usados para este propósito que son

- Editores de texto como Notepad, donde el HTML se manipula directamente en el programa editor o
- Editores WYSIWYG como por ejemplo Microsoft FrontPage y Adobe Dreamweaver, donde el sitio se edita usando una interfaz GUI y el HTML subyacente se genera automáticamente con el programa editor.

Un sitio web dinámico es uno que puede tener cambios frecuentes en la información. Cuando el servidor web recibe una petición para una determinada página de un sitio web, la página se genera automáticamente por el software, como respuesta directa a la petición de la página; Por lo tanto se puede dar así un amplio abanico de posibilidades, incluyendo por ejemplo: (a)

Mostrar el estado actual de un diálogo entre usuarios, (b) Monitorizar una situación cambiante, o proporcionar información personalizada de alguna manera a los requisitos del usuario individual, etc.

Hay un amplio abanico de sistemas de software, como los lenguajes de programación PHP (PHP es un acrónimo recursivo que significa *PHP Hypertext Pre-processor* (inicialmente *PHP Tools*, o, *Personal Home Page Tools*); Active Server Pages (ASP); y Java Server Pages (JSP) que están disponibles para generar sistemas de sitios web dinámicos. Los sitios dinámicos a menudo incluyen contenido que se recupera de una o más bases de datos o usando tecnologías basadas en XML como por ejemplo el RSS.

El contenido estático puede también ser generado periódicamente de manera dinámica, o si ocurren ciertas y determinadas condiciones; con esta estrategia se evita la pérdida de rendimiento por causa de iniciar el motor dinámico para cada usuario o para cada conexión.

Hay *plugins* disponibles para navegadores, que se usan para mostrar *contenido activo* como Flash, Silverlight, Shockwave o applets, escritos en Java. El HTML dinámico también proporciona interactividad para los usuarios, y el elemento de actualización en tiempo real entre páginas web (i.e, las páginas no tienen que cargarse o recargarse para efectuar cualquier cambio), principalmente usando el DOM y JavaScript, el soporte de los cuales está integrado en la mayoría de navegadores web modernos.

Este tema es muy amplio y cada día hay nuevos modelos de páginas muy profesionales.

Últimamente, dado el compromiso social de muchos gobiernos, se recomienda que los sitios web cumplan determinadas normas de accesibilidad, para que éstos, puedan ser visitados y utilizados por el mayor número de personas posibles, independientemente de sus limitaciones físicas o derivadas de su entorno. La accesibilidad web viene recogida en las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web WCAG 1.0 del W3C.

Tipos de sitios web

Existen muchas variedades de sitios web, cada uno especializándose en un tipo particular de contenido o uso, y ellos pueden ser arbitrariamente clasificados de muchas maneras. Unas pocas clasificaciones pueden incluir:

- Sitio archivo: usado para preservar contenido electrónico valioso amenazado con extinción. Dos ejemplos son: Internet Archive, el cual desde 1996 ha preservado billones de antiguas (y nuevas) páginas web; y Google Groups, que a principios de 2005 archivaba más de 845.000.000 mensajes expuestos en los grupos de noticias/discusión de Usenet, tras su adquisición de Deja News.
- Sitio weblog (o *blog*): sitio usado para registrar lecturas online o para exponer diarios en línea; puede incluir foros de discusión. Ejemplos: Blogger, LiveJournal, WordPress.
- Sitio de empresa: usado para promocionar una empresa o servicio.
- Sitio de comercio electrónico: para comprar bienes, como Amazon.com.
- Sitio de comunidad virtual: un sitio o portal social donde las personas con intereses similares se comunican unos con otros, normalmente por chat o foros o simples mensajes. Por ejemplo: MySpace, Facebook, Hi5, Orkut, Habbo, Multiply, Quepas.
- Sitio de Base de datos: un sitio donde el uso principal es la búsqueda y muestra de un contenido específico de la base de datos, como por ejemplo Internet Movie Data base.
- Sitio de desarrollo: un sitio con el propósito de proporcionar información y recursos relacionados con el desarrollo de software, diseño web, etc.
- Sitio directorio: un sitio que contiene contenidos variados que están divididos en categorías y subcategorías, como el directorio de Yahoo!, el directorio de Google, y el Open Directory Project.
- Sitio de descargas: estrictamente usado para descargar contenido electrónico, como software, juegos o fondos de escritorio: Download, Tucows, Softonic, Baulsoft.

-
- Sitio de juego: un sitio que es propiamente un juego o un «patio de recreo» donde mucha gente viene a jugar, como MSN Games, Minijuegos.com, Pogo.com y los MMORPGs *VidaJurásica*, *Planetarion* y *Kings of Chaos*.
 - Sitio de información: contiene contenido que pretende informar a los visitantes, pero no necesariamente de propósitos comerciales; tales como: Free Internet Lexicon y Encyclopedia. La mayoría de los gobiernos e instituciones educacionales y sin ánimo de lucro tienen un sitio de información.
 - Sitio de noticias: Similar a un sitio de información, pero dedicada a mostrar noticias y comentarios de la actualidad.
 - Sitio pornográfico: muestra imágenes y vídeos de contenido sexual explícito.
 - Sitio de promoción web: usado para promocionar otras páginas webs por medio de publicación de artículos de opinión.
 - Sitio buscador: un sitio que proporciona información general y está pensado como entrada o búsqueda para otros sitios. Un ejemplo puro es Google, y el tipo de buscador más conocido es Yahoo!.
 - Sitio shock: incluye imágenes u otro material que tiene la intención de ser ofensivo a la mayoría de visitantes.
 - Sitio de subastas: subastas de artículos por internet, como eBay.
 - Sitio personal: Mantenido por una persona o un pequeño grupo (como por ejemplo familia) que contiene información o cualquier contenido que la persona quiere incluir: Facebook, Fotolog.
 - Sitio portal: un sitio web que proporciona un punto de inicio, entrada o portal a otros recursos en Internet o una intranet.

- Sitio Web 2.0: un sitio donde los usuarios son los responsables de mantener la aplicación viva, usando tecnologías de última generación: pikeo, flickr.
- Creador de sitios: es básicamente un sitio que permite crear otros sitios, utilizando herramientas de trabajo en línea, como PageCreative.
- Wiki: un sitio donde los usuarios editan colaborativamente (por ejemplo Wikipedia).
- Sitio político: un sitio web donde la gente puede manifestar su visión política. Ejemplo: New Confederacy.
- Sitio de *rating*: un sitio donde la gente puede alabar o menospreciar lo que aparece.
- Sitios educativos: promueven cursos presenciales y a distancia, información a profesores y estudiantes, permiten ver o descargar contenidos de asignaturas o temas.
- Sitio *spam*: sitio web sin contenidos de valor que ha sido creado exclusivamente para obtener beneficios y fines publicitarios, engañando a los motores de búsqueda.

2.7 Implementación

El sistema **Mantengo V1.0**, se desarrolló utilizando el modelo en Espiral que en su primera etapa comprende la definición de los requisitos de usuario y del sistema, en una segunda etapa su diseño, en una tercera la implementación y pruebas unitarias, en una cuarta la integración y pruebas del sistema con datos en tiempo real; cerrando así el primer ciclo de desarrollo de software. El diseño de la página se estructuró partiendo de herramientas como Adobe PhotoShop y Fireworks CS4. En la fase de programación, se usó el lenguaje PHP mediante el uso de la herramienta Zend Studio en su versión 5. En esta fase se estructuraron los campos y las variables que darían valor a lo diseñado anteriormente y creando los respectivos enlaces entre ellos, a partir de aquí se pasó a exportar lo programado a una estructura de fácil acceso para una cómoda administración futura y uso para ello una plataforma Joomla logrando así un

desarrollo y publicación del software que se adapte con flexibilidad a las demandas de los clientes, y que facilite un futuro desarrollo en su proceso de adaptación y evolución cumplimentando las necesidades siempre crecientes de sus clientes y las no recogidas en una primera iteración o vuelta del modelo espiral. La base de datos del sistema **Mantengo V1.0**, al estar construida en MySQL es exportable a cualquier servidor PHP

2.8 Pruebas del sistema

Debido a que el proceso de pruebas es un proceso técnico especializado de investigación fue necesario reunir un equipo de profesionales capacitados en lenguajes de desarrollo que se encargaron de probar la presencia de errores en el sistema de software desarrollado. Algunos clientes (usuarios finales del software) también aportaron ideas para la corrección de algunas de las fallas detectadas.

Se realizaron por parte del equipo de profesionales pruebas funcionales que no son más que pruebas basadas en la ejecución, revisión y retroalimentación de las funcionalidades previamente diseñadas para el software. Las pruebas funcionales se desarrollaron mediante el diseño de modelos de prueba que buscaban evaluar cada una de las opciones con las que cuenta el sistema de software desarrollado. Además de las pruebas anteriormente citadas se realizaron por parte de estos especialistas pruebas de validación que no es más que el proceso de revisión del sistema de software producido cumple con las especificaciones y que cumple su cometido. Se realizaron pruebas de rendimiento del sistema y se llevaron a cabo pruebas de aceptación por algunos de los usuarios finales del software (clientes). Todas las fallas (“bugs”) y defectos de forma fueron documentados. Esta documentación paso nuevamente a los desarrolladores del sistema y fueron corregidas.

También, para llevar a cabo las pruebas de validación, se utilizó la información previamente calculada manualmente y revisada por los especialistas, no detectándose diferencias en los resultados.

2.9 Mantenimiento del software

Para llevar a cabo el mantenimiento del sistema de software desarrollado se utilizaron las políticas siguientes:

- Perfectivo: durante la etapa de desarrollo de software se realizó el “tratamiento de errores” del sistema que permitió a los desarrolladores corregirlos antes de que estos se presentarán. Es necesario aclarar que aunque el sistema ha pasado todas las etapas del ciclo de vida de desarrollo de software no está exento de posibles errores dado que existen disímiles casos de uso que quizás aún no hayan sido probados.
- Evolutivo: se realizaron las incorporaciones, modificaciones y eliminaciones necesarias en el producto software que permitieron cubrir los cambios (expansiones y contracciones) en las necesidades de los usuarios.
- Correctivo: este permitió a los desarrolladores del sistema, mediante su puesta en marcha, realizar la corrección de todas las fallas (bugs) y defectos de forma del sistema cada vez que se presentaban.

Por otra parte, se dispone de la documentación necesaria del software que posibilitará realizar con facilidad las transformaciones que se consideren necesarias. Esto permitirá subsanar errores o realizar modificaciones en función de las necesidades y deseos de los usuarios. Además, cada línea de código ha sido comentada adecuadamente de modo tal que sea comprensible por cualquier desarrollador que deba enfrentar su modificación.

2.10 Conclusiones parciales

1. La metodología de desarrollo en espiral empleada para el desarrollo de Mantengo V1.0 permite realizar este proceso de una forma relativamente sencilla pero logrando

niveles adecuados de calidad en el proceso que conducen a una satisfacción alta de los clientes del mismo.

2. Al software desarrollado se le aplicaron un conjunto de pruebas que permitieron comprobar su factibilidad y viabilidad para implementar la metodología para la optimización del control de la planificación del mantenimiento y aportar los resultados necesarios para apoyar el proceso de toma de decisiones en este sentido.

3. La falta de una herramienta automatizada para el control de la planificación del mantenimiento, que permita consultas de una forma relativamente sencilla y fiable para cualquier trabajador y de manera interactiva al sistema aplicado, se soluciona mediante el software Mantengo.

Capítulo 3

3.1 Características generales del Centro de Bioactivos Químicos

El Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) es uno de los centros de Investigación – producción – comercialización perteneciente a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), subordinada al Ministerio de Educación Superior. Se encuentra situado en el Km. 5 1/2 de la Carretera a Camajuaní. El centro se dedica al desarrollo de entidades moleculares (Investigación – Producción – Comercialización de sustancias químicas) que presentan actividad biológica (Bioactivos) para salud humana, veterinaria, sanidad vegetal y está, conformado por tres áreas fundamentales: Investigación, integrada por la división química y biológica; el área de Producción, dedicada a la producción del G-1 y Vitrofurax (la Planta de Producción) y el área de Comercialización que es la encargada de comercializar y buscar mercado a los productos que han sido investigado y producido por el centro.

El Centro de Bioactivos Químicos (CBQ) surge en 1991 a partir de las investigaciones desarrolladas por un grupo multidisciplinario de especialistas que desde 1979 hasta el presente vienen desarrollando nuevas entidades moleculares inexistente en el mercado internacional, con una potente doble acción bactericida y fungicida y con un mecanismo de acción que difieren de los antibióticos y fungicidas que se utilizan en la actualidad. Se ha llevado a cabo la proyección, construcción y puesta en marcha de una planta para la producción del producto a escala de una tonelada al año que incluye el sistema de control de calidad. Se han desarrollado estudios microbiológicos que comprueban la potente doble acción, se ha iniciado el estudio de mecanismo de acción y se han llevado a cabo estudios toxicológicos agudos y de mutagenesis que caracterizan el riesgo tóxico y genotóxico de la molécula. Se ha logrado una protección de la propiedad intelectual en Cuba y en el extranjero.

A partir de un estudio de diagnóstico comenzado y desarrollado por un grupo de expertos encaminados a detectar cuellos de botella, puntos de fayas recurrentes y demás elementos que debiliten el desempeño eficiente del Centro se hizo evidente, al recaer la atención en la dirección de mantenimiento, la necesidad de varias mejoras entre ellas la de insertar mecanismos de automatización en este sector. En base a ello se ha desarrollado esta tesis como un primer paso en ese largo camino cuya meta se encuentra en la excelencia empresarial.

3.2 Requerimientos del sistema

El Sistema de Control de planificación del Mantenimiento “Mantengo V1.0” es una herramienta informática creada para optimizar el control de la planificación del mantenimiento al equipamiento productivo y no productivo de cualquier empresa.

Fue además creada, con toda intención, acorde con las necesidades específicas del Centro de Bioactivos Químicos de la UCLV y como tal se diseñó y programó pero, por su característica de sitio web, no es menos cierta su fácil adaptación a cualquier otro ambiente de producción. Se recomienda su aplicación en entidades de producción de bienes, aunque puede ser empleada igualmente en otros tipos de entidades como en el caso de hospitales y clínicas debido a que en estos hay también altos niveles de inventario con respecto a los insumos activos y pasivos pero no exentos de planificación del mantenimiento.

Sistema operativo

El Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0” se ejecuta sobre cualquier sistema operativo ya que los servidores de que depende, en su calidad de sitio web, son open source y por ende aplicables en cualquier lugar.

- **Windows**
- **Linux**
- **Mac**

Por citar los más conocidos.

Procesador

El sistema opera en ordenadores que poseen procesadores Intel Pentium o superiores. El procesador debe poseer un mínimo de 166 MHz de velocidad. O sea las condiciones mínimas donde, por ejemplo, puede ser levantado un internet explorer 6 incluso 5.

Memoria (RAM)

Se recomienda utilizar como mínimo 128 Mb, aunque es posible ejecutar el sistema con solo 64 Mb. O sea las condiciones mínimas donde, por ejemplo, puede ser levantado un internet explorer 6 incluso 5.

Resolución de pantalla

Se recomienda utilizar 1024 x 768 pixeles - color verdadero 32 (bits)

Aunque puede ser utilizado con menos de 32 bits de colores en las configuraciones siguientes:

- 800 x 600 pixeles
- 1024 x 768 pixeles
- 1280 x 1024 pixeles

E incluso mayores.

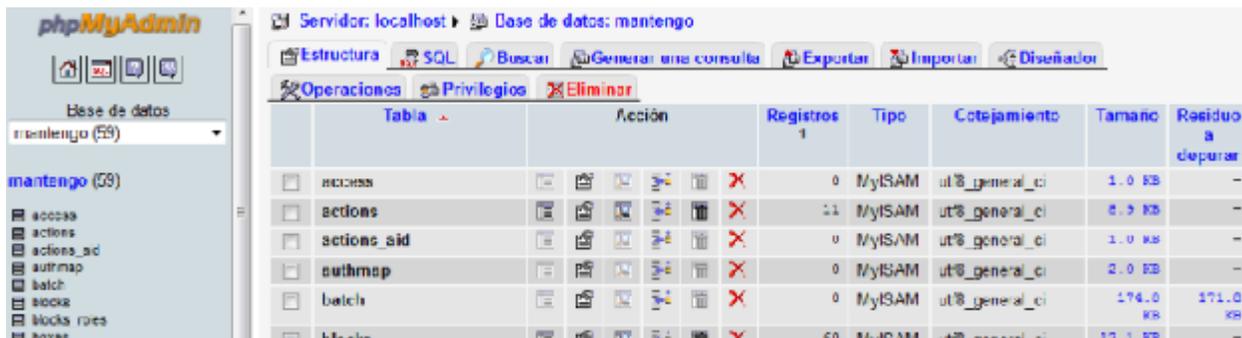
3.3 La puesta en marcha

Para poner en marcha el Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0” a un nivel centralizado, es importante matizar algunos pormenores pues, como todo sistema, está integrado por varios componentes de los cuales algunos funcionan prácticamente independientes y otros con total dependencia del sistema en sí, por esto se hace imprescindible caracterizar la conformación y funcionamiento de los principales componentes de este software el cual, al funcionar como un sitio web y no como un programa ejecutable posee características muy particulares.

Bases de Datos

El sistema es un sitio web montado con la tecnología Apache-PHP-MySQL, es decir, servidor web Apache, programación en PHP y gestor de base de datos MySQL. La gestión final del sitio fue hecha sobre una plataforma Joomla. Joomla es un sistema de gestión de contenidos, y entre sus principales virtudes está la de permitir editar el contenido de un sitio web de manera sencilla. Es una aplicación de código abierto programada mayoritariamente en PHP bajo una licencia GPL. Este administrador de contenidos puede trabajar en Internet o intranets y requiere de una base de datos MySQL, así como, preferiblemente, de un servidor HTTP Apache.

En Joomla! se incluyen características como: mejorar el rendimiento web, versiones imprimibles de páginas, flash con noticias, blogs, foros, *polls* (encuestas), calendarios, búsqueda en el sitio web e internacionalización del lenguaje. Su nombre es una pronunciación fonética para anglófonos de la palabra swahili *joomla*, que significa "todos juntos" o "como un todo". Se escogió como una reflexión del compromiso del grupo de desarrolladores y la comunidad del proyecto.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a MySQL database named 'mantengo'. The main window displays a table structure with the following columns: Tabla, Acción, Registros, Tipo, Cotejamiento, Tamaño, and Residuo a depurar. The table 'acciones' is highlighted, showing 11 records, MyISAM type, utf8_general_ci collation, and a size of 8.9 KB.

Tabla	Acción	Registros	Tipo	Cotejamiento	Tamaño	Residuo a depurar
acciones		11	MyISAM	utf8_general_ci	8.9 KB	-
acciones_sid		0	MyISAM	utf8_general_ci	1.0 KB	-
authmap		0	MyISAM	utf8_general_ci	2.0 KB	-
batch		0	MyISAM	utf8_general_ci	174.0 KB	171.0 KB
blocks		50	MyISAM	utf8_general_ci	17.1 KB	-

Fig. 3.1 Base de datos Mantengo

En la puesta en marcha del Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0” esta información es primordial para el personal responsable de dicha puesta ya que, al usuario que comúnmente utilizará el sistema este tipo de datos le es totalmente transparente. No obstante es imprescindible, para el espíritu de esta tesis, explicar completamente los requisitos a cumplir para el exitoso funcionamiento del sistema. MySQL es muy utilizado en aplicaciones web, como Drupal, phpBB o Joomla en plataformas (Linux/Windows-Apache-MySQL-PHP/Perl/Python), y por herramientas de seguimiento de errores como Bugzilla. Su popularidad como aplicación web está muy ligada a PHP, que a menudo aparece en combinación con MySQL. MySQL es una base de datos muy rápida en la lectura cuando utiliza el motor no transaccional MyISAM, pero puede provocar problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación. En aplicaciones web hay baja concurrencia en la modificación de datos y en cambio el entorno es intensivo en lectura de datos, lo que hace a MySQL ideal para este tipo de aplicaciones. Sea cual sea el entorno en el que va a utilizar MySQL, es importante adelantar monitoreo sobre el desempeño para detectar y corregir errores tanto de SQL como de programación.

El Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0” será instalado en los servidores centrales de la organización y desde ahí se pondrá en marcha como un servicio web mas del CBQ el cual, al igual que los demás servicios, estará disponible en la red y accesible desde cualquier computadora de su dominio.

Uso del Sistema de Control de la Planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0”

Desde cualquier máquina que cumpla con los requisitos necesarios de conexión se podrá acceder al software. Estos requisitos de máquina están establecidos por las reglas de seguridad informática y son contar con un IP controlado por los servidores del sistema y pertenecer al dominio de la empresa. Luego de cumplido esto solo resta que el presunto usuario con sus requisitos de acceso a la red proporcionando nombre de usuario y contraseña. A partir de aquí solo resta cargar un navegador de internet y escribir el nombre del sitio para levantarlo.

<http://mantengo.uclv.edu.cu>

El resultado será la siguiente página:

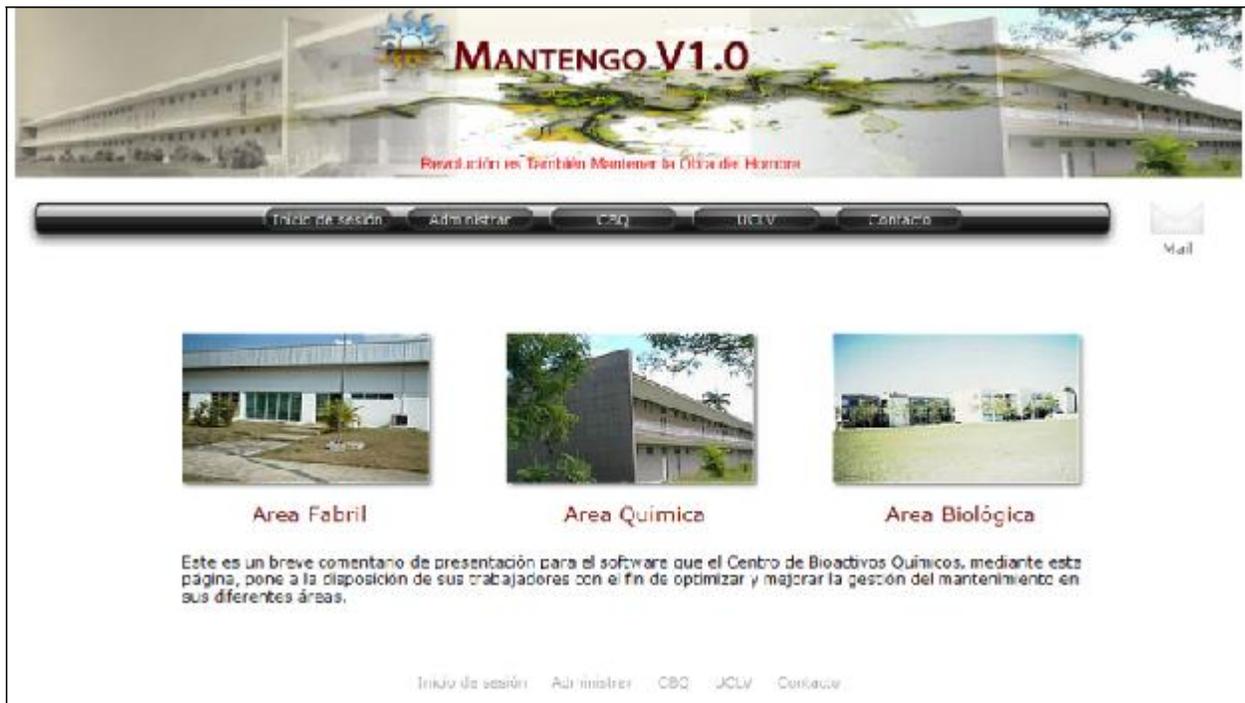


fig. 3.2 Página principal del sitio

En la misma, como se aprecia, aparece una barra de menú la cual cuenta con cinco botones



Fig. 3.3 Barra de menú interactivo

Y un sexto botón independiente a su derecha el cual, como su nombre lo indica, es un acceso a correo que en este caso se comporta como un vínculo directo al sitio de correo de la UCLV. Ahora el primer botón (Inicio de Sesión) tiene la función de permitirle al usuario volver, desde cualquier página del sitio, a la página principal. El segundo botón (Administrar) genera un vínculo con la página de administración del sitio que ha sido establecida sobre una plataforma Joomla. El acceso a esta página es restringido ya que le permite al usuario autorizado transformar el contenido de todo el sitio.



Fig. 3.4 Control de acceso a la administración del sitio

El tercer y cuarto botón son vínculos directos las páginas correspondientes al Centro de Bioactivos Químicos y la UCLV respectivamente. El quinto botón (Contacto) utiliza un vínculo prediseñado en el paquete Joomla para funciones como la que aquí le dimos, generar un correo directo a la dirección de mantenimiento del centro, de incumplimientos y problemas en general con respecto al plan trazado para el mantenimiento de cualquier equipo. El contacto, al ser predeterminado, ya tiene por defecto la dirección del destinatario elegido por la dirección para recibir este tipo de mensajes por lo que el usuario solo deberá llenar el formulario básico del mensaje y a continuación describir el motivo del mismo.



Esta es la información de contacto...

Escriba su nombre y apellidos:

Dirección de e-mail:

Tema del mensaje:

Escriba su mensaje:

Enviar una copia de este mensaje a su propio E-mail

Fig. 3.5 Contacto. Mensaje pre elaborado para hacer cualquier reporte.

En la sección inferior a la barra de menú de la página principal, se muestran los datos automatizados que dan estructura a la forma de trabajo del software. El CBQ está dividido en tres grandes áreas y utilizando este mismo orden de trabajo se proyectó la forma de trabajo del software, consiguiendo así que a los usuarios, concedores de esta estructura, se les hiciera muy fácil y atractivo el uso de Mantengo V1.0.

La sección está conformada por tres grades botones como se muestra en la figura los cuales hacen referencia a la planificación del mantenimiento en las tres áreas en que se divide el Centro.



fig. 3.6 Botones principales de trabajo.

Cada uno de estos botones tiene como objeto la misma acción, pero enmarcada en el área a la que hace referencia, de mostrar la página donde están distribuidos los tipos y modelos de mantenimientos para el área en sí.



Fig. 3.7 Interior de una de las áreas solicitadas (caso área fabril) donde se muestran los mantenimientos por tipo y modelos.

Como se puede apreciar, la página está estructurada de una manera bien sencilla y fácil de utilizar de manera tal que el usuario consultante se sienta cómodo en su desempeño. Eligiendo el tipo o el modelo automáticamente irá a las tablas de control de mantenimiento para los equipos que se encuentren en esta planificación dentro de esta área.



Fig. 3.8 Ejemplo de tabla de control de mantenimiento para los equipos.

Estas tablas automatizadas están diseñadas no solo para el control de los datos de cada equipo como su número de inventario, nombre del equipo y fecha en que tiene planificado el mantenimiento sino además tiene agregado un sistema de alertas para el control de las fechas planificadas. Este sistema de alertas funciona a partir de los colores que toma el señalador de mensualidad ya que, aunque no se muestre lo planificado en función de los días, los señaladores si están planificados a partir de estos según la proximidad con que estén del día planificado para el mantenimiento o del incumplimiento del mismo como se mostró en la figura anterior.

3.4 Control especializado

El Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0” está pensado como un primer paso para la inserción de todo el personal, involucrado en un proceso de producción o servicio, en el sistema de mantenimiento implantado en la empresa. Una de

características que debe primar en un sistema de control de la planificación como este es su nivel de actualización no solo con respecto a los equipos que están en funcionamiento sino, además, con respecto a los equipos que entran o salen de servicio y a los cambios que puedan estar sometidos, cualquiera de ellos, en cuanto al mantenimiento que se les planifique. Para transformar cualquiera de estos datos dentro del Sistema de control de la planificación, se debe ser un usuario autorizado por la dirección de mantenimiento el cual a partir de una autenticación (fig. 3.4) previa, podrá ingresar a la página de administración del sitio. Una vez aquí activará el componente Mantengo V1.0 dentro de la plataforma Joomla

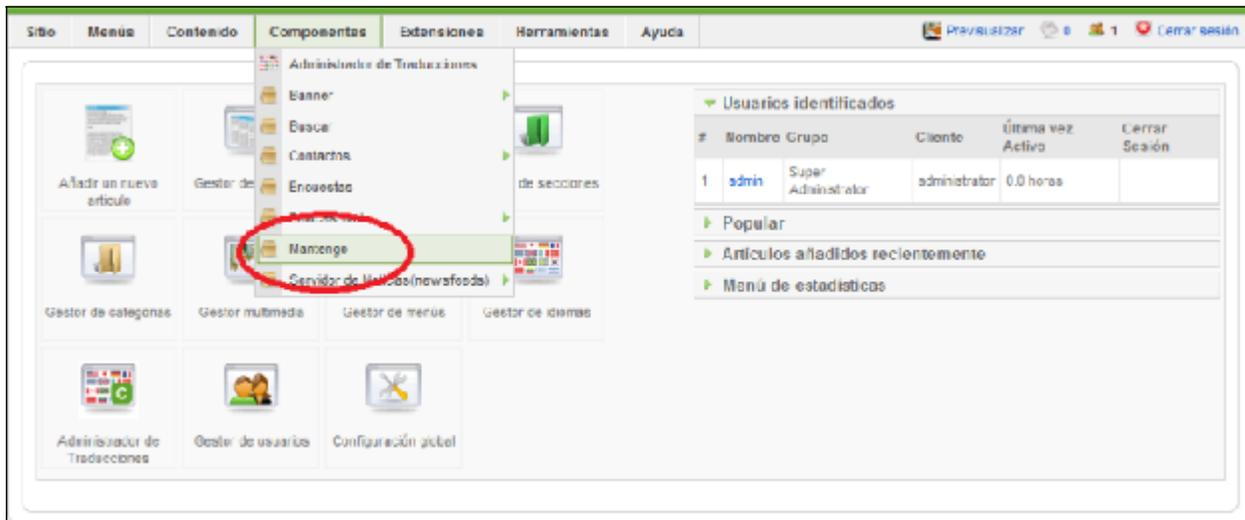


Fig. 3.9 Página de administración del sitio.

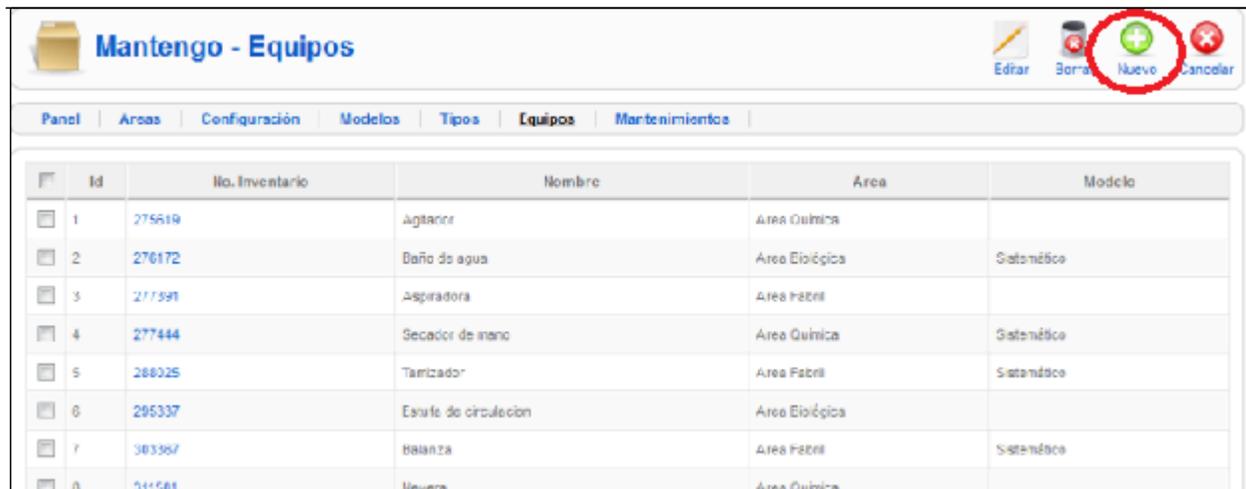
y allí, a partir del panel que se muestra, tomará varios caminos según la tarea que quiera realizar.



Fig. 3.10 Panel de control.

En este panel aparecen los diferentes aspectos que, de momento, conforman el sitio. El contenido de algunos de ellos será inalterable mientras “Mantengo V1.0” se adecue al CBQ, este el caso de Áreas ya que aquí se comprenden las tres grandes porciones en que está dividido el Centro, el contenido de otros como modelos y tipos tampoco estarán sujetos a grandes cambios ya que en estas áreas solo se agregan o quitan los modelos o tipos (valga la redundancia) con que se pretende trabajar y casi siempre se integraran los mismos en cualquier empresa. Ahora bien en el caso de configuración se introduce la información que se muestra en la página principal. Este es un espacio pensado para generar informaciones globales en función de la dirección de mantenimiento del CBQ.

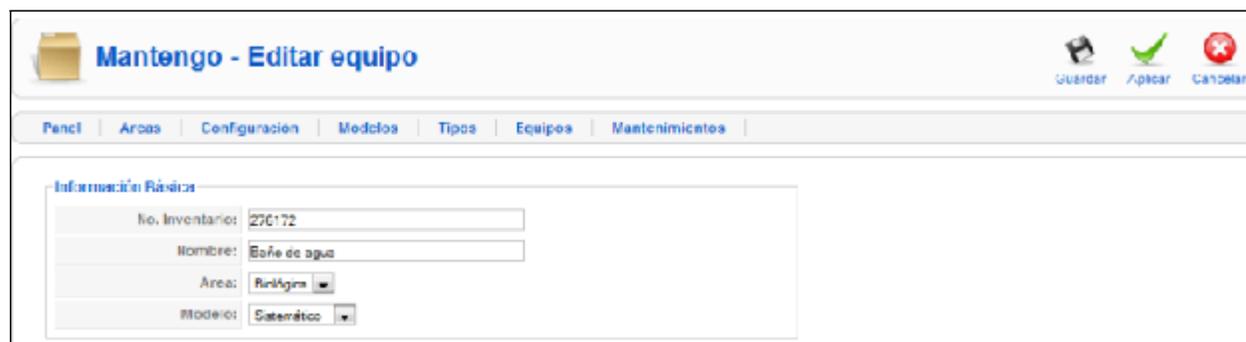
Los dos campos que nos quedan por explicar si son un poco más complejos pero esto es parte del precio para la sencillez con que reciben la información los consultantes. Lo primero es comprender que ambos campos están relacionados muy estrechamente y en un orden lineal y de un solo sentido o sea, en la inserción de los datos para agregar un equipo y planificarle su mantenimiento comienza por el campo Equipos donde deberá presionar la tecla “nuevo” para el fin que se desea.



Id	No. Inventario	Nombre	Area	Modelo
1	275619	Agitador	Area Química	
2	276172	Baño de agua	Area Biológica	Sistemático
3	277591	Aspiradora	Area Fabril	
4	277444	Secador de mano	Area Química	Sistemático
5	288025	Tamizador	Area Fabril	Sistemático
6	295337	Estufa de circulación	Area Biológica	
7	303367	Balanza	Area Fabril	Sistemático
8	311581	H nevera	Area Química	

Fig. 3.11 Control de equipos.

Seguidamente aparecerá una página con la solicitud de los datos necesarios para el nuevo ingreso, los cuales son No. de inventario, nombre, área y modelo.



Información Básica

No. Inventario:

Nombre:

Area:

Modelo:

Fig. 3.12 Edición de equipo nuevo.

Seguidamente se procede a aplicar y guardar la información y el sitio volverá a la página anterior donde se lleva el control de equipos (fig. 3.11). Luego de realizar esto la siguiente fase es editar, para el modelo seleccionado, los tipos de mantenimiento que corresponden al equipo en cuestión y planificar la frecuencia con que se realizaran los mismos.

Para esto se activará el campo Mantenimientos donde se encuentra el control de lo planificado para cada equipo y se procederá a presionar el botón nuevo para editar las frecuencias y tipos de mantenimiento que se aplicaran al equipo ingresado en la etapa anterior.



	Id	Equipo	Tipo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 1	Añador(275619)	Preventivo	+				+			+				+
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 2	Baño de agua(276172)	Preventivo		-			-				+			
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 3	Aspiradora(277301)	Preventivo			+				+					+
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 4	Secador de mano(277444)	Correctivo			+				+					+
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 5	Tomizador(288025)	Preventivo	+				+			+				+
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 6	Estufa de circulación(295337)	Preventivo	+				+			+				+
<input type="checkbox"/>	Mantenimiento 7	Vacío(0)	Preventivo	+						-					+

Fig. 3.13 Control de mantenimientos.

Al solicitar un nuevo mantenimiento se pasa a otra página donde serán solicitados los datos necesarios para la planificación tales como equipo (donde aparece un menú desplegable con todos los equipos en existencia dentro del sistema junto a su número de inventario), tipos (donde aparece un menú desplegable con todos los tipos de mantenimiento que va a aplicar al equipo) y los meses, cada uno por separado, donde también aparecen menús desplegables en cada mes con los días del mismo para seleccionar y las opciones de no hay y cumplido para los casos en que en un mes en cuestión no se planifique mantenimiento (lo que haría aparecer la casilla en blanco en la tabla de control) y los casos se haya efectuado el mantenimiento satisfactoriamente. Cualquiera de los datos ingresados en el menú de los meses esta automáticamente chequeado contra el sistema de fechas del servidor donde se aloja el sitio, lo que hace que se active automáticamente el sistema de alertas de lo planificado con respecto al tiempo real, por este motivo todo el personal involucrado en el mantenimiento de un equipo deberá estar al tanto de efectuar el reporte de cumplimiento para poder ser actualizado pues de lo contrario, pasada la fecha, el sistema te marcaría el mes con la alerta de no realizado.

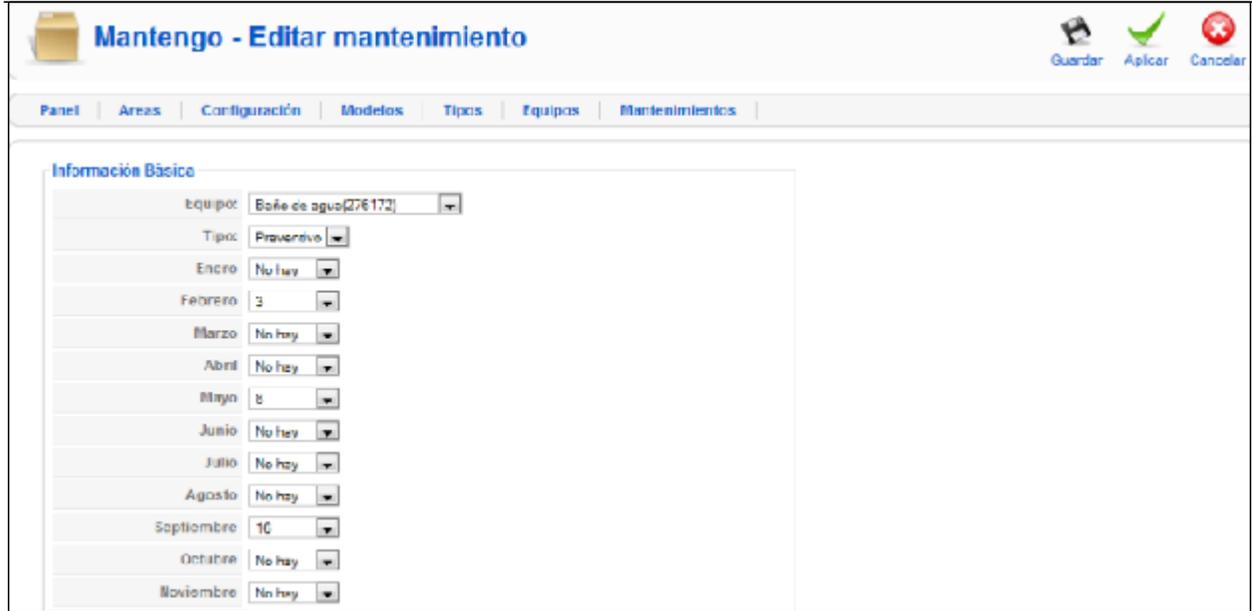


Fig. 3.14 Edición del mantenimiento.

3.5 Conclusiones parciales

- El Sistema de control de la planificación de Mantenimiento “Mantengo V1.0”, por su condición de sitio web, posee la cualidad de ser visualizado en cualquier punto de la empresa sin necesidad de ser instalado en ninguna computadora lo que le permite una fácil accesibilidad y una exigencia mínima de recursos.
- El Sistema cubre las necesidades básicas de un Sistema de control de la planificación de Mantenimiento, lo cual permite la aplicación inmediata del mismo debido a que su crecimiento como software, basado en un modelo de desarrollo en espiral, es constante incrementándose, con su edad, sus herramientas de trabajo y las cualidades de las mismas.

Conclusiones

Conclusiones Generales

1. La inminencia de contar con una herramienta que genere interactividad entre todos los implicados en el mantenimiento de un equipo incluyendo al propio operario y permita consultas de una forma relativamente sencilla y fiable para cualquier trabajador de aspectos como el mantenimiento planificado para su equipo de trabajo, se logra utilizando para ello el sistema de control de la planificación del mantenimiento MantengoV1.0.
2. El análisis de la situación problemática que fundamenta la presente investigación motiva la necesidad de desarrollar un procedimiento general dentro de la dirección del CBQ para el desarrollo y crecimiento del software de manera que, poco a poco, el mismo sea más adecuado a las demandas de automatización que vayan surgiendo.
3. El software desarrollado como parte de esta investigación permite de una manera relativamente sencilla y con una interfaz amigable al usuario, captar toda la información necesaria para evaluar y reportar cualquier eventualidad concerniente a su puesto de trabajo.
4. La aplicación de prueba permitió demostrar las ventajas que ofrece disponer de una herramienta informatizada en función del control de la planificación del mantenimiento del mantenimiento al reducirse los incumplimientos y de hacerlo recibir de inmediato los afectados una razón acorde al problema presentado por los responsables, al aumentar la disponibilidad de la información sobre la planificación del mantenimiento para todos los trabajadores y al tener la dirección de mantenimiento un medio para potenciar y promover comportamientos frente a las nuevas exigencias crecientes debido a la calidad de sitio del software.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Continuar el seguimiento a las aplicaciones que se hagan del software como forma de comprobar su factibilidad y fiabilidad y realizar los mantenimientos pertinentes.
2. Realizar los trámites necesarios para el registro de Mantengo V1.0 como producto informático.
3. Incorporar Mantengo V1.0 como un módulo a un sistema de gestión de mantenimiento enfocado a facilitar el proceso de optimización de la ejecución del mantenimiento.
4. Asegurar, en todas las computadoras del centro, el acceso a la red de datos.

...80

Bibliografia

Bibliografía

1. Aguilera Martínez, A. F. [2001] “Perfeccionamiento de la planificación de recursos humanos en el Sistema Alternativo de Mantenimiento (SAM). Una aplicación en la Industria Textil Cubana”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de las Villas (UCLV). Santa Clara. Cuba.
2. Alfonso Llanes, A. et al., [2003a] “Integración Mantenimiento (RCM) – Gestión de la Producción. Su influencia en el mejoramiento de la Confiabilidad Operacional de la empresa”. http://www.confabilidad.net/art_05/RCM/rcm_11.pdf. Última consulta: 24.03.2009
3. Alfonso Llanes, A. et al., [2006d] “Elementos de una metodología para la selección del tipo de mantenimiento a aplicar al equipamiento productivo de la empresa”. Cuarto Congreso Cubano de Ingeniería de Mantenimiento, CCIM 2006. La Habana, Cuba.
4. Alfonso Llanes, A. et al., [2007] “Metodología para la selección del tipo de mantenimiento.
5. Especificaciones para empresas de producción continua”. 10ma Convención de las
6. Industrias Metalúrgica, Mecánica y del Reciclaje (METANICA 2007). Cuba.
7. Alfonso Llanes, A. et al., [2008d] “Propuesta de procedimiento para la realización del análisis de criticidad del equipamiento productivo en la empresa.”. Informe de Investigación Terminada. Fondos de la biblioteca “Chiqui Gómez Lubián”, código 658. 27/Alf/P. UCLV, Santa Clara, Cuba.
8. Alfonso Llanes, A. et al., [2008h] “Propuesta de procedimiento para la selección de proveedores de actividades de mantenimiento del equipamiento productivo de los

- centrales azucareros.” Revista Centro Azúcar No. 1, Año 35, Enero-Marzo 2008, pp 51-56.
9. Alkaim, J. L. [2003] “Metodología para incorporar conocimiento intensivo às tarefas de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
 10. Alsyouf, I. [2004] “Cost Effective Maintenance for Competitive Advantages”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Filosofía. Universidad de Vaxjo, Suecia.
 11. Amaris Arias, J. B. [2006] “Un modelo de gestión de mantenimiento hacia la excelencia”.
 12. Ponencia presentada en el V Congreso Cubano de Mantenimiento. III CIMEI. Santa Clara, Cuba.
 13. Barraza Calvo, J. C. [2003] “Contribución a la validación de sistemas complejos tolerantes a fallos en la fase de diseño. Nuevos modelos de fallos y técnicas de inyección de fallos”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ingeniería de Sistemas Informáticos. Universidad Politécnica de Valencia. España. Barba-Romero, S. y Pomerol, J. C. [1997]
 14. “Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica”. Universidad T. [1997] “An Application of Analytical Hierarchy Process to Supplier Selection Problem”. Production and Inventory Management Journal, Primer trimestre, pp 14-21.
 15. Barrios Arias, U. [1996] “Implantación del sistema GMAC en el Hospital Clínico Quirúrgico
 16. "Hermanos Ameijeiras". Ciudad de la Habana, ISPJAE. Trabajo de Diploma.
 17. Batista Rodríguez, C. [2000] “Contribución al diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para los centrales azucareros cubanos”. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Holguín. Cuba.
 18. Benaim, S. et al. [1994] “Mantenimiento de edificios para la salud”. Buenos Aires, Argentina, OPS, CAM.

19. Bevilacqua, M.y Braglia, M. [2000] “The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection”. Reliability Engineering and System Safety, No. 70. pp. 71-83.
20. Borroto Pentón, Yodaira [2005] “Contribución al mejoramiento de la gestión del mantenimiento en hospitales en Cuba. Aplicación en hospitales de la provincia Villa Clara”. Tesis en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. UCLV. Santa Clara, Cuba.
21. Braglia, M., Fantoni, G. y Frosolini, M. [2007] “The house of reliability”. International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 24, No. 4, 2007. pp. 420-440.
22. Brenes Trejo, M. A. [2000] “Un software para mantenimiento”. Revista Mantenimiento, Costa Rica. No 10, pp. 10-13.
23. Cardoso de Moráis, V. [2004] “Metodología de priorização de equipamentos médico- hospitalares em programas de manutenção preventiva”. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Biomédica. Universidad de Campiñas. Brasil.
24. Christensen, C [2006] “Críticidad de equipos”. www.clubdemantenimiento.com.ar Última consulta: 16.04.2009.
25. Colombi, M. [2006] “Gestione e politiche di manutenzione”. MEMC Electronic Materials
26. SPA. Revista Manutenzione, Tecnica e Management, mayo, 2006. pp. 19-25
27. Da Silva Neto, J. C. y Gonçalves de Lima, A. M. [2002] “Implantação do Controle de Manutenção”. Revista Club de Mantenimiento. No. 10, Septiembre, 2002. http://www.clubdemantenimiento.com.ar/r11t6_controle.htm Última consulta: 04.04.2009.
28. De Freitas Cordeiro, L. A. [2005] “Ferramenta de seleção de fornecedores e formação de rede de fornecimento – aplicação na área de itens estampados”. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
29. Dixon, W. J. y Massey, F. J. [1976] “Introducción al análisis estadístico”. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. pp. 489.

30. Dos Santos Mendes, A. L. [2002] “Gestão do valor nas operações de manutenção”. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil
31. Ellmann, E. P. [2001] “Nuevas Estrategias de Mantenimiento”. Revista Ingeniería de Planta No. 36, Abril 2001.
http://www.servic.cl/art_rm/rev.html/rev36.html/rev36_art3/rev36_art3.html
32. Espinosa Fuentes, F. F. [2005] “Auditoría para la efectividad del mantenimiento”. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de TALCA. Colombia.
<http://ing.otalca.cl/~fepinos/1-AUDITORIA PARA LA EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO.pdf> Última consulta a:
33. 18.03.2009.
34. Fabro, E. [2003] “Modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo”. Tesis en opción al grado académico de Master en Ingeniería de Producción. Universidad Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Brasil.
35. Fernández Pérez, A. J. et al., [2003] “Optimización del mantenimiento. Implantación de la metodología RCM en máximo”. Revista Ingeniería y Gestión de Mantenimiento. No. 2, Sep/oct, 2003, pp. 40-45.
36. Forslund, H. [2006] “Supplier Selection – A Study of the Supplier Selection Process within the Sporting Goods Manufacturing Industry”. Tesis en opción al grado académico de Máster en Administración Logística. Escuela de Administración y Economía, Universidad de Vaxjo. Escocia.
37. Fuertes, A., del Olmo, R. y Hernández, C. [1994] “La gestión informatizada de mantenimiento: una fuente de ventajas competitivas para la empresa”. Revista Mantenimiento, España. No. 79, pp. 5-14.
38. García González-Quijano, J [2004] “Mejora en la confiabilidad operacional de las plantas de generación de energía eléctrica: desarrollo de una metodología de

- gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)". Tesis en opción al grado académico de
39. Máster en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico. Universidad Pontificia Comillas, Madrid. España.
40. García Garrido, S. [2003] "Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial". Editorial Díaz de Santos. Madrid, España
41. Ahumada, F. [2001]. "Función del mantenimiento y las nuevas tecnologías". Revista Mantenimiento, No. 141, enero/febrero 2003. España.
42. Gil Díez-Ticio, J. R y Madurga Rivera, J. [1994] "Informatización de la gestión de mantenimiento. Una necesidad". Revista Mantenimiento, España. No. 80, pp. 35-41.
43. González Danger, A. H. y Hechavarría Pierre, L. [2002] "Metodología para seleccionar sistemas de mantenimiento". Revista Club de Mantenimiento, No. 8; año 2, marzo, 2002. <http://www.datastream.net/latinamerica/mm/articulos/club.asp> Última consulta: 11.04.2009
44. González Fernández, F. J. [2007] "Contratación avanzada del mantenimiento". Editorial Díaz de Santos, S. A. España. pp. 260
45. Huerta Mendoza, R [2001] "El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional". Revista Club de Mantenimiento, No. 6. http://www.confiabilidad.net/art_05/RCM/rcm_8.pdf Última consulta: 21.03.2009
46. Huerta Mendoza, R [2006] "El Análisis de Criticidad, una Metodología para Mejorar la Confiabilidad". Curso dictado en el Instituto Argentino del Petróleo y del Gas (IAPG).
47. Ibáñez, M. del Olmo, R. y Hernández, C. [1992] "El mantenimiento preventivo como elemento de optimización de la gestión empresarial". Revista Mantenimiento, España. No.60, pp. 23-30
48. Jacobson, I., Booch, G., y Rumbaugh J. [2000] "El Proceso Unificado de Desarrollo de Software", Addison Wesley.

-
49. Jeira, C. y Gibson, P. [2004] “Las tendencias del mercado moderno. Outsourcing”. KPMG Auditores Consultores Ltda. http://www.kpmg.cl/documentos/Final_Presentacion_BPO_July_2004.pdf Última consulta: 12.04.2009.
50. . Kothari, V. [2004] “Assessment of Dynamic Maintenance Management”. Tesis en opción al grado académico de Máster en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Estatal de Virginia, USA.
51. Lodola, E. [2006] “Maintenance global service contracts: a guide to develop maintenance management strategies and performance indicators”. Tesis en opción al grado académico de Máster en Gestión de la Ingeniería, Universidad de Pisa. Italia.

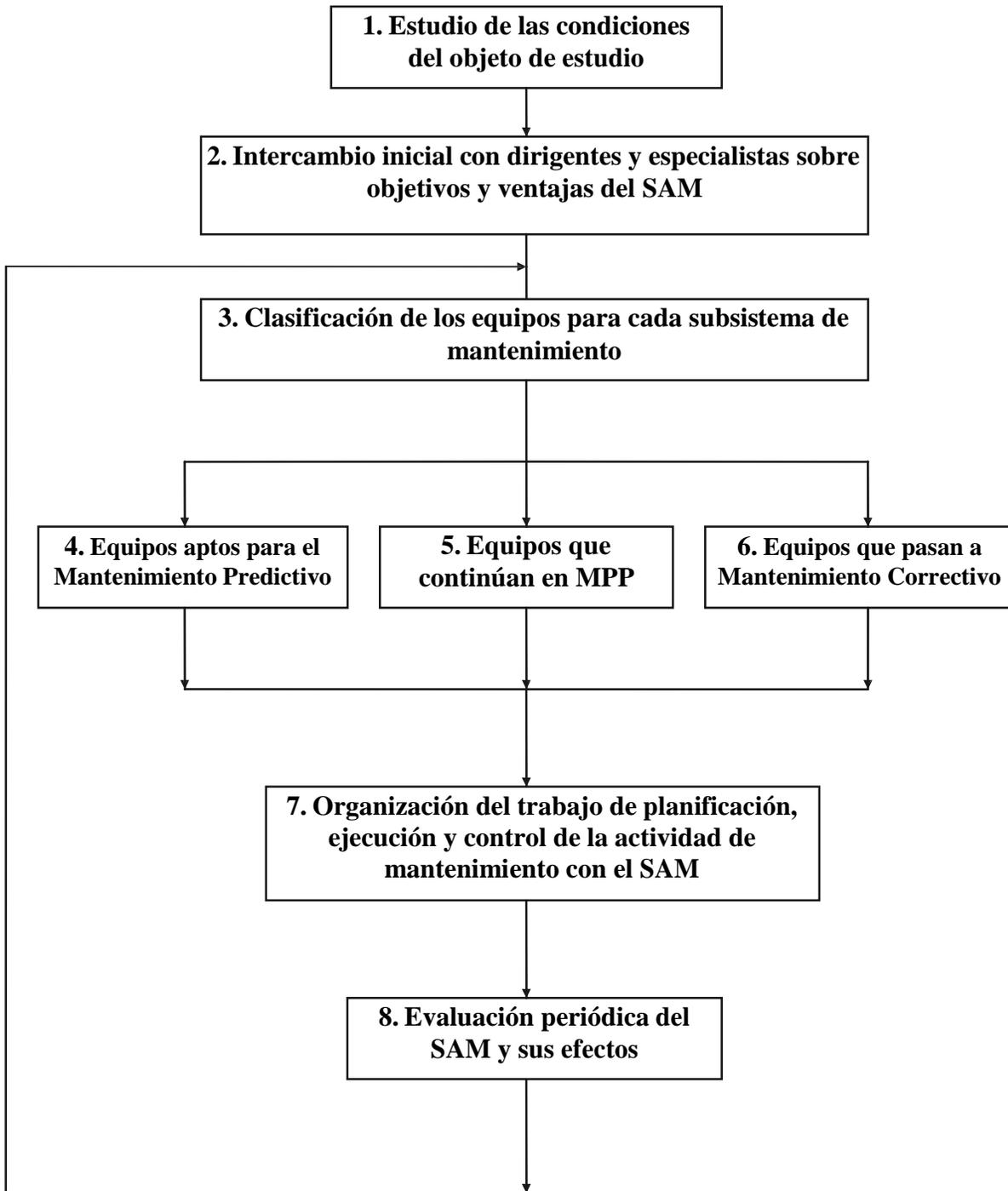
Anexos

Anexo 1.

Operación del sistema mantenimiento en la empresa



Anexo2. Procedimiento General para la aplicación del SAM



Anexo 5. Propuesta de variante de mantenimiento para el equipamiento

Plan de Mantenimiento							
Cate- goría	Equipo	N.I.	Área	Variantes de Mtto			
				Periodo de Fácil Detección	Periodo de Difícil Detección	Aleatorio Poco Frecuente	Aleatorio muy Frecuente
	Campana de extracción de gases	273519					
	Extractor pasillo	275156					
	Extractor pasillo	275157					
	Tamizador	288027					
	Termostato	276362					
	Agitador baño	275620					
	Agitador baño 5 plaza	265091					
	Agitador baño 5 plaza	265086					
	Agitador baño 1 plaza	265088					
	Agitador baño 2 plaza	265087					
	Baño de aceite 3 plaza	276205					
	Baño de agua 2 plaza	276169					
	Baño de agua 4 plaza	276170					
	Termostato UH	273317					
	Bomba peristáltica	287237					
	Bomba peristáltica	287238					
	Extractor de aire	264808					
	Campana de extracción de gases	273516					
	Motor agitador 1 C	274042					
	Motor agitador 5A	274043					
	Motor agitador 5A	274044					
	Motor agitador M	275323					
	Motor bomba residuales	637375					
	Motor bomba vacío	639503					
	Bomba vacío	250769					
	Ventilador G-O	250105					
	Ventilador G-O/Vitrofural	273543					
	Ventilador Vitrofural	250107					
	Ventilador G-1	274874					
	Ventilador 15 Toneladas	273797					
	Ventilador 5 toneladas	274875					
	Baño de 4 plaza	276172					
	Centrifuga	288017					
	Campana de extracción de gases	273530					