

# Plan piloto de mantenimiento preventivo a aplicar en el Edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios



# Abstract

The present studio consist in the proposition of a prevention maintenance pilot plan for the Hospital San Juan de Dios Oncology building, in specific for two of the four levels that presents similar hospitalization conditions. With the available information analyzed in maintenance department we have seen that in the period of June to October the preventive maintenance did not exist at all, only corrective maintenance occurred, and when we analyzed the causes we had determined that in the application of preventive maintenance near 23% the main causes of incidence can reduce in 85,71% the quantity of corrective maintenance orders. In addition we can generate a reduction of 85,03% of the corrective maintenance costs.

With the information registered from the hospital buildings the maintenance department has | the information system and based in the application of Law 80-20 we designed a preventive maintenance software that has a chronogram and cost list for materials and man power with the objective of calculate the total cost of the maintenance different activities.

Keys: preventive maintenance, corrective maintenance.

# Resumen

En presente estudio consiste en proponer un plan piloto de mantenimiento preventivo para el edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios, específicamente para dos de los cuatro niveles que presentan condiciones similares de hospitalización. A través del análisis de la información disponible de la oficina de mantenimiento del hospital se evidencia que para el periodo de junio a octubre no existió mantenimiento preventivo, únicamente se actuó de forma correctiva y al analizar las causas se determina que aplicando mantenimiento preventivo a un 23% de las causas de mayor incidencia se disminuye un 85,71% la cantidad de solicitudes de trabajos correctivos. Aunado a esto se genera una disminución de un 85,03% de los costos correctivos.

Con los registros de los edificios del hospital que tiene el departamento de mantenimiento del hospital y con base en la aplicación de la Ley 80-20 se diseña un software de mantenimiento preventivo que contiene un cronograma y listas de costos de materiales y mano de obra, con el fin de calcular los costos totales de efectuar cada una de las diferentes actividades.

Palabras claves: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

# **Plan piloto de mantenimiento preventivo a aplicar en el Edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios**

**SHIRLEY MORERA HERNANDEZ**

Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Marzo del 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Prefacio

Actualmente el Departamento de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios no cuenta con una planificación para abordar las acciones de mantenimiento, en las diferentes unidades del centro médico y la mayor parte de sus actividades responden a acciones de mantenimiento correctivo, lo cual repercute en insatisfacción de los usuarios, gastos de reparación, áreas en desuso o condiciones críticas de seguridad, hacinamiento y demás factores que inciden en el buen funcionamiento y adecuada atención de los pacientes del hospital.

Por lo tanto se plantea un plan piloto de mantenimiento preventivo, tomando como base el edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios. El presente documento desarrolla métodos que ofrecen la posibilidad de poner en práctica un mantenimiento preventivo del edificio y sus principales elementos constituyentes dentro del campo electromecánico, a fin de que se convierta en una herramienta que permita facilitarle al departamento de mantenimiento las labores de planeamiento, programación y control de las diferentes actividades de mantenimiento requeridas en los edificios de este centro hospitalario.

Finalmente se le agradece al Departamento de Mantenimiento del Hospital San Juan de Dios por toda la información y la colaboración brindada para la elaboración de este estudio, a la ingeniera Giannina Ortiz quien condujo la dirección y el enfoque, profesora de la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica y muy especialmente al ingeniero Diego Cartín por su invaluable colaboración y apoyo.

# Resumen ejecutivo

Como todos los centros médicos del país el Hospital San Juan de Dios, a través de su departamento de mantenimiento ha conducido y administrado las labores de planificación, la adecuada ejecución y el debido control de todas las actividades de mantenimiento, a fin de hacer efectivo el objetivo de brindar las condiciones aptas para el desempeño de todas las labores y procesos de hospitalización, minimizando los riesgos y optimizando los recursos en todos los edificios del conjunto hospitalario Hospital San Juan de Dios.

En la actualidad, la oficina de mantenimiento no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, lo cual ha hecho que se actúe únicamente de manera correctiva, al ser un inmueble de gran antigüedad y extenso en área de construcción se recomienda planificar las actividades de mantenimiento, abordando aquellas que son críticas y generan la mayor cantidad de solicitudes de atención, pues con esto se considera que se podría disminuir significativamente la cantidad de recursos consumida.

El estudio se enmarca en el campo de mantenimiento de edificios, principalmente en las áreas arquitectónica y electromecánica y se basa en cómo reducir el mantenimiento correctivo a través de acciones preventivas para un edificio de servicios de hospitalización y atención en un centro médico. En este caso se desarrolla para el edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios, el cual cuenta con los elementos básicos de la hospitalización y consultas médicas.

A través del aporte de información de la oficina de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios se toma como muestra un periodo de cinco meses y se determina que las actividades ejecutadas por los técnicos de mantenimiento en las áreas más representativas del edificio de Oncología son en su mayoría correctivas en un 80%, seguidamente los trabajos varios representan un 20%, evidenciando la ausencia total de acciones de índole preventiva.

A partir de ahí se plantea un plan piloto que consiste en abordar aproximadamente el 23% de las causas que generan el 85,71% de las solicitudes de atención, (utilizando el análisis de Pareto). Este 23% de causas se catalogó como actividades críticas, que se deberán atender preventivamente mediante procedimientos de mantenimiento establecidos para cada una de ellas.

Con la aplicación de un mantenimiento preventivo a las actividades consideradas como críticas, (según su grado de incidencia) se estima una reducción promedio de un 85,03% del costo correctivo, registrado en los servicios de Radioterapia y Oncología Hombres.

Finalmente con base en este análisis y con el apoyo de la oficina de mantenimiento se inicia el desarrollo de un software, en donde se controlarán los elementos básicos (desde el punto de vista de construcción civil) de todos los edificios del inmueble, un cronograma de actividades de mantenimiento preventivo y una contabilización de los costos en los que se incurre al ejecutar cada actividad de mantenimiento.

# Introducción

Los recientes acontecimientos lamentables que han afectado más fuertemente los hospitales del Seguro Social, son los incendios sucedidos en el Hospital Tony Facio de Limón y en el Hospital Calderón Guardia en San José, ambos en el 2005, demuestran la vulnerabilidad que tienen actualmente algunos de estos centros médicos y la importancia de adecuar su infraestructura para que sea funcional y haya seguridad para todo el personal que la utiliza.

Considerando en este caso el Hospital San Juan de Dios de aproximadamente 57.000 m<sup>2</sup> de construcción, distribuido en 38 edificios de los cuales una gran parte presenta acelerado deterioro general se ha visto altamente comprometido principalmente en aspectos de seguridad y funcionabilidad frente a los medios de prensa, la Administración del Seguro Social y el público en general.

El Hospital San Juan de Dios como muchas de las estructuras antiguas del país ha sido declarado patrimonio nacional, ya que una gran parte de sus edificios fue construida en el año 1845, lo que dificulta en gran medida el realizar cambios y modificaciones en la arquitectura del mismo.

Este centro médico al poseer edificaciones tan antiguas, que en su mayoría presentan instalaciones eléctricas inseguras (muchas de estas inadecuadas para el consumo requerido), bastas y antiguas estructuras de madera en techos, paredes y cielos, pabellones carecientes de vías alternas para evacuación en caso de emergencia, falta de señalización adecuada, ausencia de una brigada de emergencias y demás situaciones y aspectos peligrosos, requiere de una inyección significativa de recursos para implementar sistemas integrales que disminuyan estos riesgos ante un siniestro.

Adicional a esto, al ser el Hospital San Juan de Dios un centro de atención médica clase A, debe poseer una edificación capaz de soportar condiciones adversas cuando otras estructuras han colapsado, es decir ante desastres naturales, epidemias y otras situaciones que generan alta demanda en servicios médicos y hospitalarios, que convierten al centro médico en la edificación

más importante dentro de una ciudad, por lo que es fundamental su capacidad de estar en pie de forma segura y habitable para proveer atención integral a todos los pacientes.

Paralelamente a la antigüedad del inmueble existe otro riesgo, el de los diseños y los métodos constructivos aplicados en el pasado, por un lado diseños de distribución de espacios, de estructuración de edificios, de seguridad funcional, señalan que estas edificaciones deben ser tratadas con gran cuidado y precisión. Además de los factores antes mencionados el uso de estos espacios lo hacen principalmente “pacientes”. El atender el buen funcionamiento de los elementos vulnerables de los edificios, (como lo son la red de distribución eléctrica, la distribución del agua potable, distribución de gases médicos, almacenamiento de combustibles entre otros), se vuelve de suma importancia, ya que las revisiones reguladas garantizan en un alto grado detectar, reparar y determinar los recursos necesarios para evitar fallas y consecuentemente desastres con pérdidas lamentables.

El Hospital San Juan de Dios consta de edificios entrelazados unos con otros, a través de pasillos generales, juntas de construcción, escaleras, ascensores y demás elementos estructurales y no estructurales que lo convierten en una compleja distribución de áreas por delimitar. Uno de los edificios del complejo hospitalario es el edificio de Oncología, el cual consta de cuatro niveles de construcción, en los que actualmente se ubican:

- En el primer nivel; consultas de oncología y consultas de puvoterapia y la sala de máquinas.
- En el segundo nivel; Radioterapia; donde se dan los tratamientos de radiación a pacientes con cáncer, contiene la bomba de cobalto y el simulador entre otros.
- En el tercer nivel; salones en donde se albergan pacientes internos de oncología quienes están en tratamiento y requieren supervisión constante o se encuentran en condiciones críticas y de observación.

Actualmente en este tercer nivel se atiende a muchos de los pacientes del Servicio de Oncología Hombres del Hospital Calderón Guardia.

- En el cuarto nivel; se encuentra en proceso de remodelación se albergarán dos unidades de servicio: Gastroscofia y Ecocardiología.

## Objetivo general

Elaborar un plan piloto en mantenimiento preventivo para todas aquellas situaciones que hayan requerido de mantenimiento correctivo en el edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios y que por su grado de frecuencia consumen en gran medida los recursos de la institución.

## Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico de la situación actual para determinar el estado real del edificio.

Recopilar información de las solicitudes de mantenimiento, realizadas en el año 2005 provenientes del edificio de Oncología.

Analizar con el diagrama de Pareto las causas más frecuentes de estas solicitudes.

Analizar los costos que se generaron motivo de las acciones correctivas de mantenimiento.

Determinar en términos económicos la diferencia entre mantenimiento preventivo y correctivo de las actividades de mayor incidencia.

Proponer los procedimientos para ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo de las principales causas de falla en el edificio de Oncología.

## Exclusiones

Pese a que durante la etapa de elaboración de una planeación preliminar de mantenimiento se requiere de un diagnóstico inicial de los recursos humanos (capacidad, conocimiento técnico entre otros), recursos materiales (maquinaria, equipo, herramientas, otros) el presente estudio no contempla estos análisis.

El plan de mantenimiento propuesto no

diferencia los elementos constituyentes de la edificación actual con relación a los considerados patrimonio nacional.

No se considera la parte que envuelve el mantenimiento del equipo médico ya que esta área es muy extensa y compleja y considera los equipos de medicina propiamente, los cuales son transferibles, además de que pertenecen a cada unidad de servicio y en su mayoría están bajo contratación de mantenimiento preventivo y correctivo por terceros.

Es importante aclarar que alguna información es de uso exclusivo del centro médico por lo tanto es confidencial.

## Limitaciones

El tiempo para desarrollar el estudio, ya que la investigación se desarrolló en un periodo de cuatro meses naturales aproximadamente.

Políticas presupuestarias del centro médico, el cual tiene un presupuesto asignado para compras.

Acceso limitado a la información considerada confidencial, por lo que el hospital se reserva su divulgación.

Sesgos en la información recopilada, producto de la manipulación de las dependencias involucradas en el procesamiento.

Estructura organizacional del centro médico, es decir priorización según decisiones previas de jerarquías influyentes.

Disposiciones y regulaciones de los servicios de hospitalización, ya que algunas áreas son de difícil acceso.

Cultura organizacional de la institución, y la actitud de los técnicos respecto a calidad y producción en toda la masa de funcionarios.

Planes operativos aprobados y programados a corto y mediano plazo.

# Marco teórico

## Mantenimiento preventivo y correctivo<sup>1</sup>

Desde los inicios de la historia la humanidad ha tratado de edificar obras que se mantengan a través de los milenios con muy poca ayuda de sus descendientes, así por ejemplo las pirámides de Egipto construidas con gigantescos bloques de granito han soportado el desgaste provocado por la ventisca del Sahara durante miles de años.

En América Central se encuentran ejemplos de edificios construidos para perdurar, como Tikal en Guatemala y las esferas monolíticas del sur de Costa Rica.

Puesto que no todas las obras son moles de piedra, el hombre tuvo que aprender a mantener en funcionamiento algunos aparatos y estructuras que forzosamente debía usar para subsistir. Conforme pasaron los siglos y la civilización hizo uso de las leyes fundamentales de la física para la construcción de edificaciones y máquinas que requirieron de las actividades de mantenimiento.

En la época actual no se concibe ninguna actividad humana que no vaya acompañada de la acción de mantenimiento. El mantenimiento debe estar basado en la prevención de lo que puede ocurrir y no en lo que uno quiere que ocurra.

Una definición del mantenimiento muy generalizada es la siguiente: *el mantenimiento es el conjunto de acciones que conserva en constante y perfecto estado todas las partes de un sistema operacional.*

Una buena gestión de mantenimiento contempla en primera instancia: los recursos humanos debidamente calificados, recursos materiales y sobre todo la tecnología adecuada. Por otro lado, toda institución que requiera ejercer un plan de mantenimiento debe organizarse a través de una buena planificación, programación y de un adecuado control.

La *planificación*: por medio de una buena planificación y ejecución del mantenimiento, se

logra producir mayor cantidad a un menor costo, dentro de las normas de calidad del mercado.

*La programación*: El fin de la programación es mantener un balance adecuado entre la capacidad de trabajo y las labores por realizar.

*El control*: como cualquier otra actividad es factible evaluar, medir y controlar cada una de las actividades de los programas de mantenimiento, comparándolas con normas de ejecución establecidas de antemano. El control llevado en un programa de mantenimiento aumenta en importancia de acuerdo con la complejidad de la actividad, puesto que permite operar el programa al máximo de la eficiencia posible dentro de las restricciones propias de la institución.

## Mantenimiento preventivo

*El mantenimiento preventivo* es una forma de evitar las fallas, a diferencia del mantenimiento correctivo que repara los daños una vez que estos hayan ocurrido, el mantenimiento preventivo bien aplicado conserva el edificio en las mejores condiciones funcionamiento. Esta estrategia como proceso aplicado adecuadamente tiende a minimizar los tiempos muertos sobre los espacios y sobre los recursos, disminuir los costos debidos a tiempos extraordinarios, reducir la cantidad de reparaciones y por ende del costo de las mismas; aumentar la vida útil del edificio y equipo, hace que se trabaje con mayor, lo cual disminuye los riesgos, baja los costos de seguros por accidentes y mejora la salud ocupacional.<sup>1</sup>

En síntesis *el sistema de mantenimiento preventivo es de importancia en la economía de la institución, ya que tiende a elevar la productividad por colón invertido, disminuye los costos de mantenimiento y mejora las condiciones laborales del personal de operación.*

Como base fundamental del pensamiento predictivo la planeación tiende a ser la base del mantenimiento preventivo, dentro de esta se

---

<sup>1</sup> Notas tomadas de Bravo y Barrantes ver 3 referencias

pueden visualizar principalmente tres tipos de planeación:

- *El primero* abarca la planeación a largo plazo de las necesidades de mantenimiento y se encuentra íntimamente relacionado con los pronósticos de producción de la institución.
- *El segundo* tipo de planeamiento preventivo es el de corto plazo, el cual prevé las necesidades del sistema por periodos no mayores a dos años. Se incluye dentro de los presupuestos por programas que elaboran las instituciones.
- *El tercer* tipo de planeamiento comprende planes inmediatos de mantenimiento preventivo y es planeado por el personal a cargo de las operaciones de mantenimiento preventivo.

Inicialmente para elaborar una planeación preliminar de mantenimiento preventivo, es necesario realizar una recopilación y un procesamiento de la información sobre el edificio, la maquinaria y el equipo. En ella se proyecta el ordenamiento necesario para que el sistema sea funcional, para lo anterior se realiza una inspección inicial de todos los componentes que requieren mantenimiento, evaluándose el edificio según las condiciones de construcción, iluminación, ventilación, servicios de los trabajadores y limpieza, seguido a esto se evalúa el personal de mantenimiento con que se cuenta por medio de entrevistas directas con el operario para determinar el nivel de capacitación y entrenamiento de cada uno de los responsables y operadores de mantenimiento.

Una vez recopilada la información se hace un inventario de los edificios con el fin de brindar un panorama general de la extensión del plan y se utiliza como guía de las partes que se deben inspeccionar en cada edificio para seleccionar las actividades que se les dará mantenimiento preventivo.

Es necesario decidir cual zona o elemento se le dará mantenimiento preventivo, por lo que con la finalidad de priorizar las actividades se deben considerar los siguientes factores:

- Que una falla pueda causar lesión o pérdida de una vida
- Que un paro de una zona afecte seriamente la atención o el servicio de hospitalización.
- Que se cuente con material o elementos sustitutos en caso de falla.

- Que el costo de hacer la inspección de mantenimiento preventivo sea mayor que el costo que tendría reparar la falla.

Una vez terminada la etapa de planeamiento, se programa la ejecución detallada de cada una de las operaciones requeridas para lograr la capacidad a un máximo de productividad y a un mínimo costo.

Al programar es preciso obtener un balance adecuado entre la capacidad de trabajo y las labores por realizar.

Se recomienda establecer programas preliminares basados en planeamiento a corto plazo de periodos aproximados de 12 meses, que coincidan con el presupuesto de ejecución por programas.

Para iniciar un programa se deben considerar algunos principios básicos:

- Los programas deben basarse en lo que es más probable que ocurra y no en lo que se quiere que suceda.
- Se debe tener en cuenta la posibilidad de realizar cambios en el programa.
- Las fechas de finalización de los trabajos deberán tener un margen razonable de tiempo, que incluya planear, obtener los materiales, ejecutar trámites, disponer de equipo, maquinaria y mano de obra.
- Las órdenes de trabajo deben suministrar la suficiente información para permitir la programación y ejecución de los trabajos.
- Se debe prever que los materiales, herramientas, personal y accesorios se encuentran en el tiempo y el lugar que se requiere.
- Las programaciones deben basarse en el principio fundamental con el costo más bajo, en el tiempo mínimo.

Como cualquier otra tarea es posible evaluar y controlar cada una de las actividades de un programa de mantenimiento preventivo comparándolas con las normas de ejecución escogidas de antemano.

El control de un programa aumenta en importancia con la complejidad del edificio que mantiene, puesto que permite operar el programa al máximo de eficiencia posible, dentro de las restricciones propias de cada institución.

Los principios básicos del control del mantenimiento preventivo son:

- Establecer un sistema de órdenes de trabajo preventivas para la organización y autorización del trabajo.
- Establecer un sistema de prioridad para controlar la secuencia del trabajo.

- Utilizar criterios de estimación para determinar la magnitud de los trabajos.
- Formular un programa laboral para relacionar el total de las tareas autorizadas con el tiempo y mano de obra disponibles.
- Establecer un sistema de control de horas para conocer los costos reales y compararlos con los estimados.
- Utilizar un sistema adecuado de información.
- Utilizar normas o estándares de trabajo tanto de tiempo, costo y especificaciones técnicas.

## Mantenimiento correctivo

*El mantenimiento correctivo* es el conjunto de operaciones que permite que un determinado elemento o actividad vuelva a trabajar en óptimas condiciones, después de un periodo de falla ya sea parcial o totalmente.

Para poder efectuar el mantenimiento correctivo del departamento debe programar la adquisición del material o el repuesto que se estima va a fallar.

Este mantenimiento debe ser efectuado con gran destreza y cuidado para garantizar que no va a fallar y puede ser incluido dentro del mantenimiento preventivo.

## Teoría de Pareto<sup>2</sup>

En 1897 el economista italiano V. Pareto con su fórmula demostró *en términos de ingresos* que la mayoría de las pérdidas se debían a unos pocos tipos de defectos y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas, al comprobarse su veracidad se le llamó a este análisis teoría de Pareto. *Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales se podrá eliminar casi todas las pérdidas*, concentrándose en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. A esta teoría se le conoce como la Ley 80-20, donde el 80% de los problemas obedece al 20% de las causas.

Aplicando este concepto a la calidad se obtuvo lo que hoy se conoce como la regla 80/20.

<sup>2</sup> Véase referencias de Pareto.

Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema.

Por lo tanto, el Análisis de Pareto es una técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”. Una gráfica de Pareto es utilizada para separar visualmente los aspectos significativos de un problema desde los triviales de manera que un equipo sepa dónde dirigir sus esfuerzos para mejorar.

Reducir los problemas más significativos (las barras más largas en una Gráfica Pareto) servirá más para una mejora general que reducir los más pequeños. Con frecuencia, un aspecto tendrá el 80% de los problemas. En el resto de los casos, entre 2 y 3 aspectos serán responsables por el 20% de los problemas.

En relación con los estilos gerenciales de Resolución de Problemas y Toma de Decisiones (Conservador, Bombero, Oportunista e Integrador), se ha comprobado como la utilización de esta herramienta puede resultar una alternativa excelente para un gerente de estilo Bombero, quien constantemente a la hora de Resolver problemas solo “apaga incendios”, es decir, pone todo su esfuerzo en los “muchos triviales”. Este análisis puede utilizarse en los siguientes casos:

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc.)
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

Pareto es una herramienta de análisis de datos ampliamente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades. En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas, causas) son

responsables por la mayor parte el impacto negativo sobre la calidad. Si se enfoca la atención en estos pocos vitales, se obtiene la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos por mejorar la calidad. Un equipo puede utilizar la gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados
- Para planear una mejora continua

Las Gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar qué progreso se ha logrado. Como tal, la gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa.

Los diagramas de Pareto fueron clasificados como:

## Diagrama de Pareto de fenómenos

En el cual se relacionan los resultados indeseables y se utiliza para averiguar cual es el principal problema.

*Calidad:* defectos, fallas, fracasos, quejas, items devueltos, reparaciones.

*Costo:* magnitud de las pérdidas, gastos.

*Entrega:* Escasez de inventarios, demora en los pagos, demora en la entrega.

*Seguridad:* cadentes, errores, interrupciones.

## Diagrama de Pareto de causas

Relaciona los resultados indeseables como los presentados a continuación, y se utiliza para averiguar cual es el principal problema.

*Operario:* turno, grupo, edad, experiencia, destreza.

*Máquina:* máquinas, equipos, herramientas, organizaciones, modelos, instrumentos.

*Materia prima:* productor, planta, lote, clase.

*Método operacional:* condiciones, órdenes, disposiciones, métodos.

Para fines del presente estudio se utiliza el análisis de Pareto debido a que los recursos tanto humanos como materiales y de equipamiento institucional son limitados y las áreas de atención son muy extensas, por lo que con este método se garantizan buenos resultados tratando solo una parte de los aspectos involucrados y con una pequeña inversión inicial de recursos.

Inicialmente se identificaron 26 causas de incidencia de fallas en los niveles del edificio en mención y mediante la técnica de Pareto se pretende identificar las mayores ocurrencias y así focalizar los esfuerzos de mantenimiento.

# Situación actual

El Hospital San Juan de Dios cuenta con un departamento de mantenimiento que está encargado del adecuado mantenimiento de todos los edificios, contempla la funcionalidad en equipos y espacios, además de realizar todas aquellas pequeñas construcciones, remodelaciones y restauraciones requeridas en el centro médico.

El departamento de mantenimiento está dividido en ocho talleres de trabajo y cuenta con el apoyo administrativo de la oficina de mantenimiento. Los talleres con que cuenta el departamento son:

- Taller de pintura: con siete técnicos y un supervisor,
- Taller de fontanería: con seis técnicos y dos supervisores,
- Taller de carpintería: con siete técnicos (dos de ellos cerrajeros, un tapicero) y dos supervisores.
- Taller de obra civil: con ocho técnicos y un supervisor,
- Taller de electromedicina: ocho técnicos.
- Taller de electricidad: con siete técnicos (uno en refrigeración y uno en telefonía) y dos supervisores,
- Taller de mecánica: con ocho técnicos y dos supervisores,
- En la planta de calderas: cuatro técnicos y dos supervisores.

Adicionalmente se cuenta con tres jefes de mantenimiento: en electromedicina, electromecánica y obra civil.

A inicios del 2005 se incorporó al sistema como jefe del departamento un profesional en ingeniería y posteriormente dos ingenieras que brindan asesoría y apoyo técnico administrativo al mismo.

Según estadísticas de manejo interno de la institución este departamento ha sufrido una baja en su producción en los últimos años, lo cual es el resultado de haber operado por periodos irregulares sin la dirección de un profesional en ingeniería o bien por periodos insuficientes, sin que se haya logrado establecer una organización funcional completa del departamento, mientras tanto es evidente el marcado deterioro presente

que indica una mala atención de las actividades que debe realizar todo equipo de mantenimiento . abarcar todas las deficiencias acumuladas a la fecha requiere de una fuerte inversión de recursos, que según las jerarquías de la institución no se tiene.

Son muchos los problemas que afectan a esta unidad de soporte del hospital y que se han venido dando durante los últimos años, estas se pueden evidenciar con el acelerado deterioro de la planta física general del inmueble, la inconformidad de los usuarios y de los mismos funcionarios pertenecientes a otras unidades del hospital, las afectaciones sociales que conlleva la paralización de espacios o de servicios debido a una tardada acción o a ausencia de reparación.

El departamento de mantenimiento actualmente trabaja en función de las solicitudes de los diferentes servicios del hospital, según las necesidades en las áreas de trabajo mencionadas. Estas solicitudes se plasman a través de órdenes de trabajo, esto es parte de un sistema integral de mantenimiento para los hospitales de la Caja Costarricense del Seguro Social. La órdenes de trabajo son emitidas por cada jefe de servicio y dirigidas a los talleres de mantenimiento, en estas el solicitante define la siguiente información:

- La reparación de la situación que genera el inconveniente.
- La unidad o servicio que emite la orden, esto con el fin de cargar a esta unidad el costo de la reparación.
- La persona que conoce la situación a fin de que una vez realizado el trabajo esta firme como recibido conforme.

La boleta contiene un número único para el control interno del departamento y la cantidad de horas hombre invertidas en este trabajo así como la lista de materiales requeridos.

Es importante recalcar que todo técnico requiere de una orden de trabajo firmada por un jefe de servicio para poder retirar materiales de las bodegas del Hospital.

Estas boletas, una vez hecha la reparación pasan al departamento de mantenimiento para alimentar un informe mensual en el que se detalla la producción por

taller mensualmente en horas ejecutadas contra número de órdenes de trabajo atendidas.

La oficina de mantenimiento cuenta con un software de órdenes de trabajo que utiliza la información de estas solicitudes y genera las tablas de costos, fecha de emisión de la solicitud, de inicio y ejecución del trabajo, lo cual facilita el sistema de registro y manejo de información de interés para el mantenimiento del inmueble. Este programa se implementó a partir de mayo del año 2005 y provee información útil y real para este plan de actividades preventivas.

Es importante hacer notar que la mayor cantidad de órdenes de trabajo generadas por los distintos servicios del hospital obedece a desperfectos o deterioros del inmueble o de equipos es decir, acciones de mantenimiento correctivo y no a acciones de revisión periódica.

Dentro de este contexto y para efectos en adelante se define mantenimiento correctivo como:

*todas aquellas acciones y/o actividades generadas con motivo a la elaboración de una orden de trabajo, y como mantenimiento preventivo:*

*todas aquellas acciones y/o actividades que han sido corregidas y que en adelante se deban ejecutar con determinada frecuencia para evitar un reporte a través de una orden de trabajo.*

# Metodología

Para iniciar un programa de actividades de mantenimiento es necesario conocer el área de acción, por lo tanto en principio se realiza el seccionamiento del edificio de Oncología por niveles y se hace un levantamiento de información del estado y cantidades reales de los principales elementos que lo conforman. Para esto se inicia un recorrido por el edificio, nivel por nivel, separando las actividades por área civil y electromecánica y se visualiza el estado de cada uno de los principales componentes del nivel en cuestión, tanto interna como externamente.

Para efectos comparativos de resultados se consideran principalmente los niveles segundo y tercero, pues tienen condiciones semejantes, a diferencia del primer nivel que en su mayor parte es casa de máquinas y sus reparaciones se cargan a un centro de costo general para el servicio de oncología. El cuarto nivel en teoría no genera órdenes de trabajo significativas para evidenciar las afectaciones generales del edificio, debido a que recientemente fue remodelado.

Consecuentemente se seleccionan todas las órdenes de trabajo referentes al área civil y electromecánica registradas procedentes de los niveles analizados del edificio de Oncología, emitidas a partir del 31 de mayo hasta el 27 de octubre del presente año 2005, para ser analizadas y categorizadas según el tipo de actividad a que pertenecen. Así se clasifican las solicitudes emitidas por los servicios de Radioterapia y Oncología Hombres, según el tipo de acción (preventiva, correctiva u otra), y se determina cuales son las actividades críticas, es decir las que generan más problemas o solicitudes. Definidas estas, se propone una estrategia para disminuir su incidencia mediante la aplicación de la teoría conocida como "Análisis de Pareto", en la cual se plantea atacar la mayor parte de solicitudes reconociendo las causas críticas.

Por medio de entrevistas a técnicos de basta experiencia en diversas áreas del ambiente hospitalario, revisión de catálogos y manuales se determina cual es la frecuencia con la que se debe efectuar cada intervención preventiva,

según las actividades de mantenimiento definidas. Paralelamente se reúne información para estructurar los pasos a seguir para efectuar las labores de mantenimiento preventivo, basados en el estado de los materiales, el tipo de exposición o uso y el grado de disponibilidad del área. De esta forma se establecen las tareas a realizar y los pasos para lograrlas.

Con ayuda de la oficina de mantenimiento se inicia el desarrollo de un software de mantenimiento preventivo que se persigue llegue a funcionar para todo el hospital, en este caso se modela con el edificio de Oncología.

Este software vincula información tal como: *identificación edificio, servicios en los que se divide, actividades y subactividades de mantenimiento con sus respectivas divisiones cualitativas y cuantitativas*, con costos de mano de obra y de materiales, rendimientos, frecuencia de ejecución, vida útil de los elementos, e información definida de antemano y provista por el personal apto para cada caso.

Es necesario mencionar que la mano de obra técnica del departamento de mantenimiento tiene mucha experiencia en sus especialidades, por tanto algunos de sus aportes fueron analizados para el desarrollo del proyecto. Con esta información se le propone al departamento de mantenimiento desarrollar un software para controlar las actividades preventivas planteadas de forma anual.

# Resultados

## Diagnóstico

Para la elaboración del diagnóstico se considera únicamente condiciones arquitectónicas y electromecánicas de los cuatro niveles del edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios.

En los cuadros de diagnóstico (apéndices, cuadros 14 al 31), se establecen las actividades por piso, enumeradas del 1 al 27, indicando los parámetros que definen su estado general, cantidad y unidad, constituyendo así un diagnóstico de las principales actividades que evalúan el estado real del edificio.

En el primer nivel, o planta baja se ubican las consultas de oncología y puvaterapia, este nivel contiene el cuarto de máquinas donde se alberga el tanque de agua caliente, tanque de agua potable, equipos de soporte para uso de equipamiento médico. El porcentaje de buen estado menor corresponde al tanque de agua caliente y muebles principalmente.

En el segundo nivel se ubica la unidad de Radioterapia, que por sus condiciones de manejo de radiación debe contemplar aspectos de seguridad y protección de alto cuidado e importancia, además de un acceso restringido. Este piso presenta pocas afectaciones generales, una de las causas del buen estado general es la reciente remodelación del mismo hace siete años, sumado a eso al no albergar pacientes internos se conserva y mantiene funcionando bien y con un nivel de estética aceptable dentro del Hospital. Las principales afectaciones apuntan a los muebles y los marcos de madera de las ventanas.

En el tercer nivel se ubican salones de encamados de hombres de oncología que actualmente ocupan los pacientes de oncología del Hospital Calderón Guardia, los cuales fueron recibidos un día después del incendio sucedido en este centro médico.

En este piso, lo que presenta el mayor grado de deterioro son los marcos de madera de las ventanas, los muebles y algunos desperfectos en sonido principalmente.

En el cuarto nivel se ubicarán el servicio de Gastroscopia y Ecocardiología; en este nivel se ubicó la antigua Pensión Llorente. Actualmente se encuentra en proceso de remodelación para ser ocupado por los anteriores mencionados. La remodelación consiste en nuevas conexiones mecánicas y eléctricas, pintura general, construcción de muebles y estantes a la pared, modificaciones en puertas y ventanas principalmente, los porcentajes menores acusan detalles que se pueden corregir; estos son básicamente el rodapié vinílico (el cual en algunas esquinas presenta desprendimientos), el cielo suspendido (que no se sustituyó completamente) y al estar en un último nivel evidencia cualquier filtración de agua de lluvia, por lo que se requiere mejorar todos estos detalles.

La estructura del edificio está construida basada en mampostería tipo ladrillo y bloques de barro como muros de carga, vigas y columnas en concreto armado conformadas mediante un modelo de marcos estructurales, los entresijos son prefabricados de viguetas y bloques tipo k. El inmueble se encuentra seccionado en módulos mediante la separación de sus elementos estructurales, estas juntas son cubiertas para darles un mejor acabado. Con esta información se reconoce el área y se considera que la edificación tiene a la fecha una antigüedad de aproximadamente 35 años.

Los principales problemas advertidos a través del diagnóstico presentes en el área pudieron ser resueltos con una debida planeación de los procesos, entre otros se pueden citar:

- El edificio presenta solamente una línea de desagüe recayendo en esta las aguas negras y las servidas, paralelamente a este aspecto los diámetros de abastecimiento, no son funcionales ya que muchas veces son los mismos a través de una red completa de abastecimiento.
- La mayor parte de la pintura en externa se encuentra altamente desgastada y descascarada, gran parte de esto se

debe a fuentes de humedad no tratadas o bien por la antigüedad de la misma.

Por otro lado se encuentra un problema que representa un importante factor de riesgo, que es la carencia de un sistema integral de seguridad en caso de emergencias y de un sistema de pararrayos en buen estado, ya que los existentes pertenecen a un modelo antiguo y su vida útil ya caducó.

A continuación se muestra el cuadro 1 el resumen del diagnóstico, en el cual se da un porcentaje de buen estado promedio de los principales componentes arquitectónicos y electromecánicos.

Igualmente el área y la distribución se puede visualizar en las plantas arquitectónicas del edificio adjuntas en los anexos.

<b>CUADRO 1: DIAGNOSTICO EDIFICIO ONCOLOGIA</b>		
<b>#</b>	<b>Actividad</b>	<b>% Buen estado general</b>
1	Piso	89
2	Rodapié	95
3	Ventanas	63
4	Puertas y cerrajería	92
5	Acabados de pared	92
6	Cielo raso	87
7	Piezas sanitarias	98
8	Paredes	93
9	Muebles	81
10	Sistema de sonido	89
11	Telefonía	84
12	Tableros de distribución	84
13	Tomacorrientes	93
14	Iluminación	99
15	Aire acondicionado	88
16	Agua potable	79
17	Aguas servidas y aguas negras	91
18	Techos	82
19	Hojalatería	93
20	Área de repello liso exterior	83
21	Acometida eléctrica	95
22	Sistema de emergencia	100
23	Ascensores	100

<b>CUADRO 2: TIPO DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>Ubicación</b>	<b>Acción Correctiva %</b>	<b>Acción Preventiva %</b>	<b>Trabajos Varios %</b>
Radioterapia	66,67	0,00	33,33
Oncología Hombres	93,33	0,00	6,67
<b>Promedio</b>	<b>80,00</b>	<b>0,00</b>	<b>20,00</b>

Todas las solicitudes que fueron atendidas provenientes de Radioterapia y Oncología Hombres (segundo y tercer piso del edificio) en el periodo de junio a octubre del año 2005 (véase en apéndices cuadro 31: Registro de actividades de mantenimiento realizadas en periodo junio-octubre 2005) se analizan y se determina el tipo de acciones realizadas ya sea tipo correctiva, preventiva o trabajos varios, (véase en cuadro 2: Tipo de actividades de mantenimiento), para esto se descarta el primer y el cuarto nivel, ya que no presentan condiciones similares a estos dos pisos y su aporte no generaría información representativa.

Seguidamente se presenta la incidencia y el tipo de actividad a la cual pertenece la acción de mantenimiento en el cuadro 3: Incidencia de actividades correctivas. El número de eventos se refiere a la cantidad de reportes registrados.

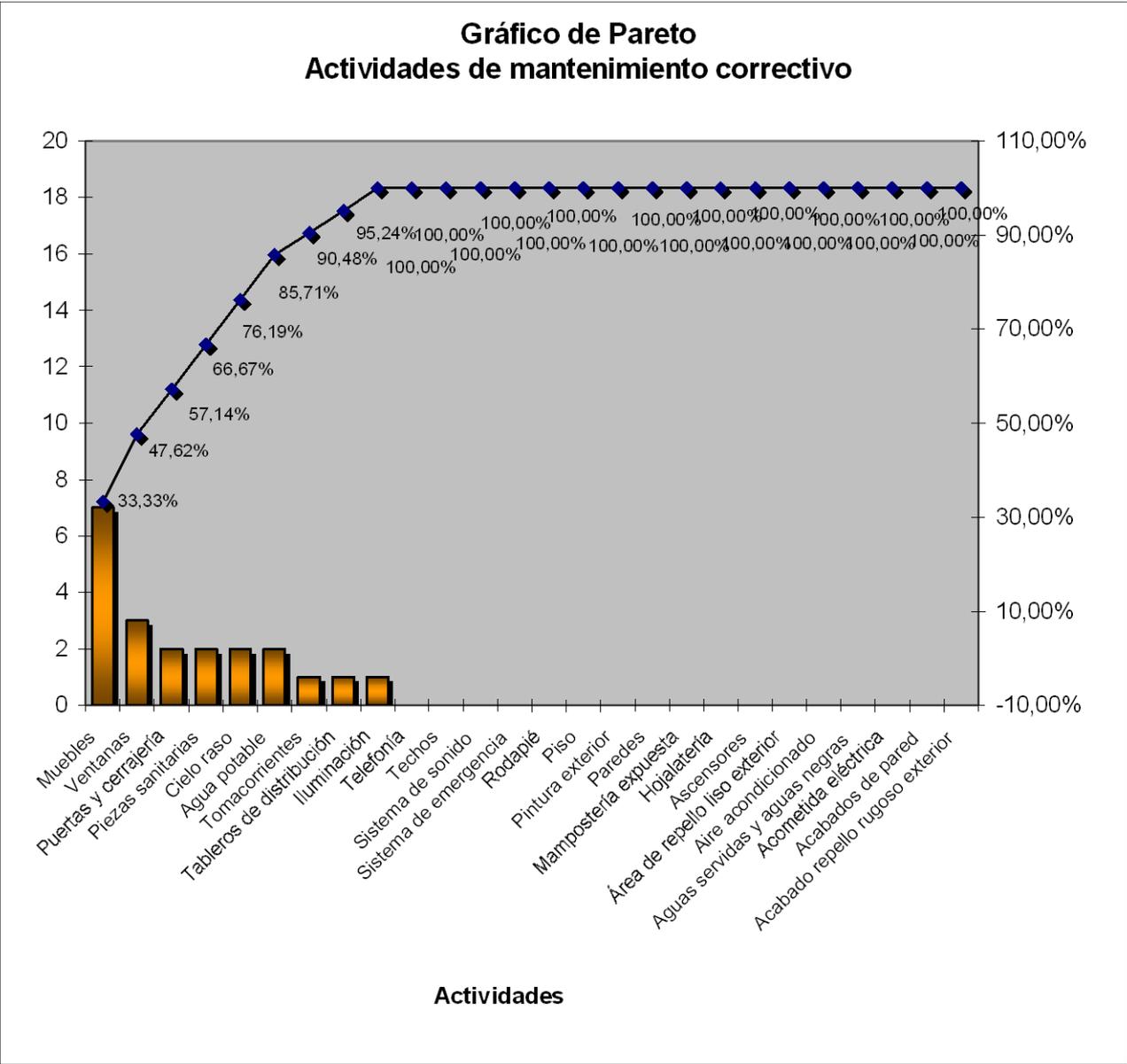
<b>CUADRO 3: INCIDENCIA DE ACTIVIDADES CORRECTIVAS</b>		
<b># Id</b>	<b>Actividad</b>	<b>No. Eventos</b>
1	Piso	0
2	Rodapié	0
3	Ventanas	3
4	Puertas y cerrajería	2
5	Acabados de pared	0
6	Cielo raso	2
7	Piezas sanitarias	2
8	Paredes	0
9	Muebles	7
10	Sistema de sonido	0
11	Telefonía	0
12	Tableros de distribución	1
13	Tomacorrientes	1
14	Iluminación	1
15	Aire acondicionado	0
16	Agua potable	2
17	Aguas servidas y negras	0
18	Techos	0
19	Hojalatería	0
20	Área de repello liso exterior	0
21	Pintura exterior	0
22	Mampostería expuesta	0
23	Área de acabado repello	0
24	Acometida eléctrica	0
25	Sistema de emergencia	0
26	Ascensores	0
<b>Total de muestras: 21</b>		

En el cuadro 4: Análisis de Pareto de causas, se muestran todas las actividades correctivas ordenadas según su incidencia en forma absoluta, acumulada, porcentual y acumulada porcentual.

Para un total de 26 causas analizadas, y 21 reportes atendidos, 18 de los reportes se debe solo a 6 causas, lo que representa un 85,71% de reportes debido a un 23% del total de causas.

<b>CUADRO 4: ANÁLISIS DE PARETO DE CAUSAS</b>				
<b>Actividades</b>	<b>Absoluto</b>	<b>Acumulado</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado</b>
Muebles	7	7	33,33%	33,33%
Ventanas	3	10	14,29%	47,62%
Puertas y cerrajería	2	12	9,52%	57,14%
Piezas sanitarias	2	14	9,52%	66,67%
Cielo raso	2	16	9,52%	76,19%
Agua potable	2	18	9,52%	85,71%
Tomacorrientes	1	19	4,76%	90,48%
Tableros de distribución	1	20	4,76%	95,24%
Iluminación	1	21	4,76%	100,00%
Telefonía	0	21	0,00%	100,00%
Techos	0	21	0,00%	100,00%
Sistema de sonido	0	21	0,00%	100,00%
Sistema de emergencia	0	21	0,00%	100,00%
Rodapié	0	21	0,00%	100,00%
Piso	0	21	0,00%	100,00%
Pintura exterior	0	21	0,00%	100,00%
Paredes	0	21	0,00%	100,00%
Mampostería expuesta	0	21	0,00%	100,00%
Hojalatería	0	21	0,00%	100,00%
Ascensores	0	21	0,00%	100,00%
Área de repello liso exterior	0	21	0,00%	100,00%
Aire acondicionado	0	21	0,00%	100,00%
Aguas servidas y aguas negras	0	21	0,00%	100,00%
Acometida eléctrica	0	21	0,00%	100,00%
Acabados de pared	0	21	0,00%	100,00%
Acabado repello rugoso exterior	0	21	0,00%	100,00%

Aplicando el diagrama de Pareto para las causas analizadas (de las actividades correctivas) se grafican los porcentajes acumulados de incidencia.



**Figura 1:** Gráfica de incidencia en actividades correctivas de mantenimiento.

# Análisis comparativo de costos de mantenimiento

## Costo de actividades correctivas de mantenimiento

En el cuadro 5: Costo Unitario de Mantenimiento Correctivo se resume la información registrada en los dos niveles analizados del edificio de Oncología. En la columna "Costo Total" se indica el costo total generado por actividad proveniente de atender el número de órdenes de trabajo que se indican en la columna de "Cantidad", para el periodo de junio a octubre del 2005. en la columna Costo unitario se determina a partir de dividir el "costo total" entre "cantidad" y representa lo que costó atender correctivamente la actividad en un periodo de cinco meses.

Esta información se detalla en el Cuadro 33: Registro de actividades de mantenimiento realizadas periodo junio-octubre 2005, en los anexos.

<b>CUADRO 5: COSTO UNITARIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total (¢)</b>	<b>Costo unitario (¢)</b>
Muebles	10 unid	220.136,83	22.013,68
Ventanas	3 unid	19.583,50	6.527,83
Puertas y cerrajería	2 unid	7.408,74	3.704,37
Loza sanitaria	2 unid	26.084,57	13.042,28
Cielos	80 m <sup>2</sup>	1.111.554,10	13.894,43
Agua potable	6 m	12.845,80	2.140,97

## Costo de actividades preventivas de mantenimiento

A continuación se estima el costo de atender preventivamente las seis actividades de mayor incidencia.

Para lo anterior se considera el costo por hora de técnico, utilizando un valor promedio de salarios netos de técnico de mantenimiento por hora, leído de una base de datos que proporciona el área de recursos humanos del hospital al departamento de mantenimiento.

El costo de materiales se utiliza la base de datos existente provista por la unidad de recursos materiales del hospital, esta se actualiza cada tres meses.

Se estima inicialmente el costo de realizar una actividad trivial preventiva asignando los recursos involucrados, se utiliza la frecuencia recomendada para cada actividad y luego se traslada el costo total para un periodo de cinco meses, a fin de compararlo con el costo correctivo unitario analizado anteriormente.

### Muebles

Se tomó como muestra un mueble de madera de 1,10m de ancho por 0.95 m de alto y 0.55 m de fondo aproximadamente, que se utiliza para la visita que realiza el médico a los pacientes. A un lado tiene los compartimentos de las placas de rayos x y al otro lado los compartimentos de los expedientes de los pacientes, contiene varias divisiones en plywood, se moviliza por medio de cuatro rodines. El sobre, laterales y divisiones son de plywood, los dos primeros están recubiertos de formica y las divisiones internas son pintadas. Según el diagnóstico se encuentra en un 80% de buen estado general.

Las sustituciones incluyen la desinstalación e instalación de una división del mueble con su respectivo tratamiento y acabado.

<b>CUADRO 6 ACTIVIDAD: MUEBLES</b>		
<b>Subactividad</b>	<b>Material</b>	<b>Mano de obra</b>
Inspección visual de mueble	0	5 min
Sustitución de división	¼ lam plywood x ¢7.500 / lam	60 min
Acabado lija y pintura a dos manos	3 pliegos lija 80 x ¢50 / pliego + 1/16 gal esmalte x ¢ 12.000 / gal	60 min
Limpieza de rodines	0	15min
Traslado de material	0	20min
<b>Total</b>	<b>¢2.775</b>	<b>160min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), ¢3.066,66.

Costo de material: ¢2.775.

Se considera una frecuencia de dos veces al año; para cinco meses: ¢5.841,66 x 5/6 año = ¢4.868,05/unid /año

### Ventanas y marcos

Se toma como muestra una ventana de 2,5m de largo por 1m de altura del segundo nivel ya que existen ventanales de 4m de largo por 2,5m de alto y ventanales de mucho menor dimensión. El vidrio es claro de 3mm.

<b>CUADRO 7 ACTIVIDAD: VENTANAS</b>		
<b>Subactividad</b>	<b>Material</b>	<b>Mano de obra</b>
Inspección visual marco	0	10 min
Sustitución de marco	1 ¼" x 4" x 2.5 var. x ¢443 / var.	20 min
Sustitución de venilla	½" x ½" x 5 var. x ¢240 /var.	10 min
Acabado a todo el marco	1/8gal x¢12.000/gal	90 min
Traslado de material	0	20min
<b>Total</b>	<b>¢3.807,5</b>	<b>150 min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), ¢2.875.

Costo de material: ¢3.807,5.

Se considera una frecuencia de seis meses; para cinco meses: ¢6.682,5 x 5/6 = ¢5.568,33 /unid.

## Puertas y cerrajería

Se toma una muestra de las puertas del tercer nivel sección de Oncología hombres, las puertas con un 90% de buen estado y la cerrajería con un 50% de buen estado según diagnóstico\*.

<b>CUADRO 8 ACTIVIDAD: PUERTAS Y CERRAJERIA</b>		
Subactividad	Material	Mano de obra
Inspección visual llavín y puerta	0	5 min
Lubricación de llavín con grafito	0	5 min
Resoque de llavín	0	15 min
Resoque de bisagra	0	10min
Reclavar pieza de marco	0	15min
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>50 min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), = ¢ 958,33.

Costo de material: ¢ 0.

Se considera una frecuencia de seis meses; para cinco meses: ¢958,33 x 5/6 veces = ¢ 798,61/unid.

## Loza sanitaria

Se toma como muestra la atención preventiva de un inodoro de tanque.

<b>CUADRO 9 ACTIVIDAD: LOZA SANITARIA</b>		
Subactividad	Costo material	Mano de obra
Inspección visual completa y pruebas	0	15 min
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>15 min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), = ¢287,5

Costo de material: ¢0, ya que solo es revisión, cualquier cambio o sustitución forma parte esencial del elemento y se cataloga como reparación.

Se considera una frecuencia de tres meses; para cinco meses: ¢287,5x 5/3 = ¢ 479,16/unid.

## Cielo suspendido

Se realiza el cálculo para 100m<sup>2</sup> para mostrar el costo por m<sup>2</sup>. Como está a un 95% de buen estado en el tercer nivel, el mantenimiento preventivo consistirá en este caso la sustitución de un 5% del total de área.

<b>CUADRO 10 ACTIVIDAD: CIELOS</b>		
Subactividad	Material	Mano de obra
Inspección visual cielo y estructura	0	10 min
Sustitución de láminas	6,7lamx¢700/lam	60 min
Fijación de estructura con alambre	0,25kgx¢230/kg	168 min
Traslado de material	0	20min
<b>Total</b>	<b>¢4.865</b>	<b>258 min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), = ¢4.945.

Costo de material ¢4.865.

Esto es para 100m<sup>2</sup>, se considera una frecuencia de tres meses y para cinco meses: ¢98,1 x 5/3 = ¢163,50 /m<sup>2</sup>.

## Agua potable

Se toma como muestra la revisión de una línea de tubo de 6 m con 4 acoples, baja por el cielo raso y es de 25,40 mm de diámetro y se reduce a 12,7 mm de diámetro. Se considera la revisión visual a cada 2m desinstalando las láminas de cielo suspendido y volviéndolas a colocar.

<b>CUADRO 11 ACTIVIDAD: AGUA POTABLE</b>		
Subactividad	Costo material	Mano de obra
Inspección visual de tramo de 6 m a través del cielo suspendido	0	30 min
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>30 min</b>

Costo de mano de obra: (1 hr = ¢1.150), = ¢575, esto es para 6m de tramo.

Total de material: ¢ 0, ya que es revisión, no se repara a menos que se detecte una fuga o alguna falla.

Se considera una frecuencia de tres meses; para cinco meses:  $¢95,83 \times 5/3 = ¢159,72 /m$ .

El cuadro a continuación resume los costos unitarios estimados de las actividades analizadas, tomando el costo preventivo de los estimados anteriormente.

Seguidamente los costos unitarios de atender preventiva y correctivamente las seis actividades críticas.

En la gráfica se representa la diferencia unitaria de los costos por cada actividad atendida en un periodo analizado de cinco meses.

<b>CUADRO 12: COSTO UNITARIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Costo unitario</b>
Muebles	¢4.868,05/unid.
Ventanas	¢5.568,33 /unid
Puertas y cerrajería	¢ 798,61/unid.
Loza sanitaria	¢479,16/unid.
Cielos	¢163,50 /m <sup>2</sup> .
Agua potable	¢159,72 /m.

<b>CUADRO 13: COSTOS UNITARIOS DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Costo preventivo unitario (¢)</b>	<b>Costo correctivo unitario (¢)</b>	<b>Diferencia (¢)</b>	<b>Diferencia (%)</b>
Muebles (unid)	4.388,88	22.013,18	17.624,30	80,00
Ventanas (unid)	5.568,33	19.583,5	14.015,17	71,56
Puertas y cerrajería (unid)	798,61	6.527,3	5.728,69	87,76
Piezas sanitarias (unid)	479,16	13.042,29	12.563,13	96,32
Cielo raso (m <sup>2</sup> )	163,50	13.894,43	13.730,93	98,82
Agua potable (m)	159,72	2.140,97	1.981,25	92,53
<b>Ahorro esperado</b>	<b>11.558,20</b>	<b>77.201,67</b>	<b>65.643,47</b>	<b>85,03</b>

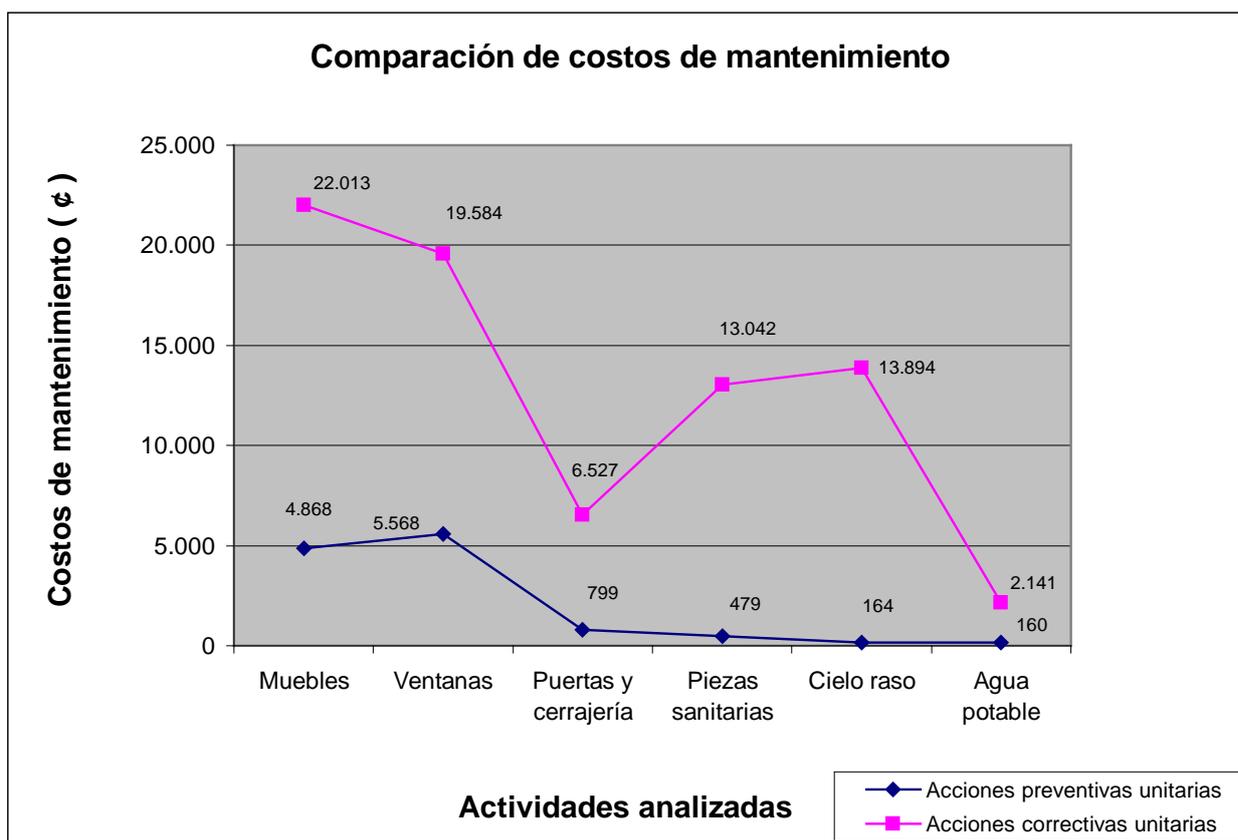


Figura 2: Gráfica comparativa de costos de mantenimiento

## Software de apoyo<sup>3</sup>

A continuación se detalla el software de mantenimiento a desarrollar con la ayuda del departamento de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios.



**Figura 3.** Pantalla inicial del software de Mantenimiento Preventivo de Edificios

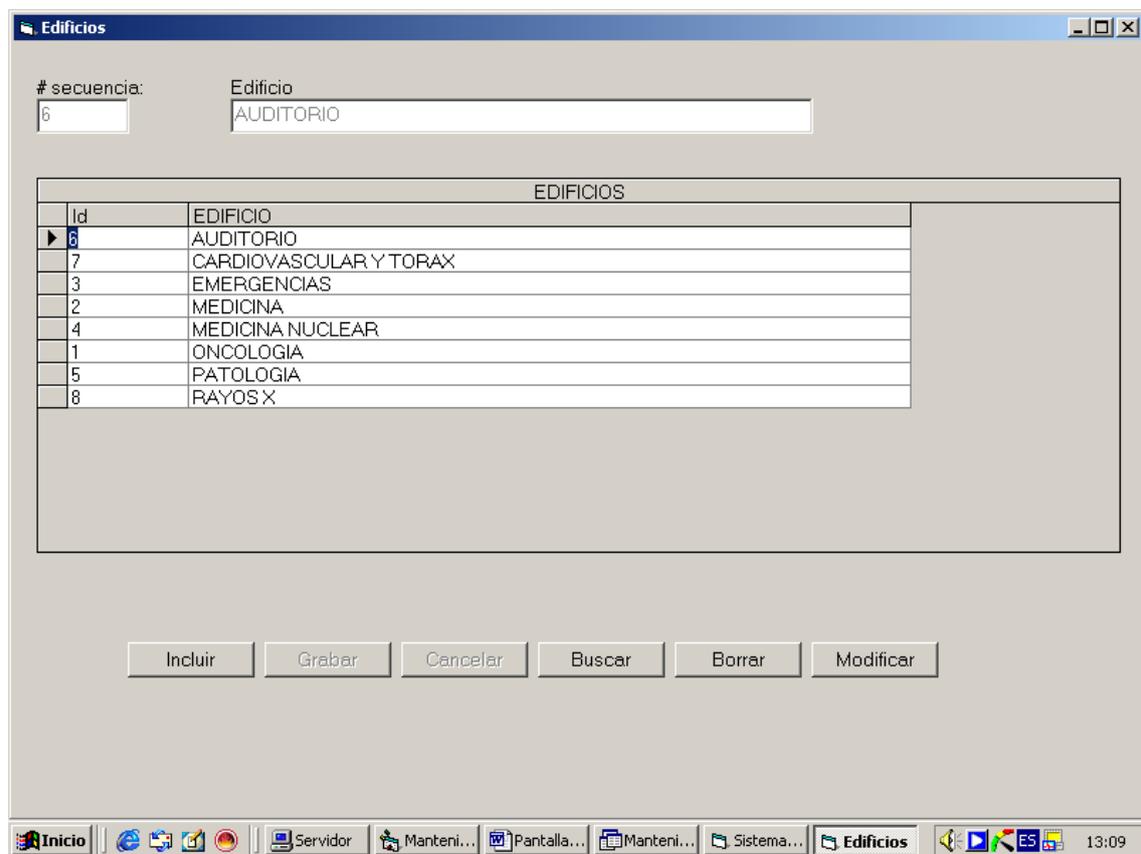
Esta es la pantalla inicial del programa de mantenimiento preventivo de edificios, el cual se encuentra en proceso de desarrollo. Se vincula la información recavada del edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios.

Los edificios a servir serán:

1. Lavandería central y recursos materiales (1 nivel).
2. Rehabilitación y Neurología (2 niveles).
3. Taller de lavandería (1 nivel).
4. Bodega de ferretería y activos de mantenimiento (1 nivel).
5. Planta de calderas (1 nivel).
6. Centro de acopio (1 nivel).
7. Gimnasio (1 nivel).
8. Talleres de mantenimiento (1 nivel).
9. Anexo de patología (1 nivel).
10. Oficinas de mantenimiento, maxilofacial
11. Taller de mantenimiento 2 (1 nivel).
12. Patología (3 niveles).
13. Pabellón Bansen (1 nivel).
14. Morgue (1 nivel).
15. Consultorios de especialidades (1 nivel).
16. Lab. Nefrología y fisiopatología (1 nivel).
17. Medicina nuclear (1 nivel).
18. Vigilancia y jefatura medicina (2 niveles).
19. Ropería, hemodiálisis (1 nivel).
20. Laboratorio clínico (2 niveles).
21. Nutrición (3 niveles).
22. Rayos x , microfilm (2 niveles).
23. Salas de operaciones, archivo, estadística (3 niveles).
24. Edificio cirugías (4 niveles).
25. Cuidados intensivos, unidad coronaria (2 niveles).
26. Edificio medicina (6 niveles).
27. Auditorio (1 nivel).
28. Dirección general (1 nivel).

<sup>3</sup> Véase referencias

29. Centro de equipos, administración (3 niveles).
30. Cardiovascular y tórax (3 niveles).
31. Maternidad, capilla de velación (2 niveles).
32. Neonatología, Urología (2 niveles).
33. Litotripsia (1 nivel).
34. Tomografía axial (1 nivel).
35. Emergencias traumatológicas (3 niveles).
36. Consulta externa, oncología mujeres (2 niveles).
37. Educación en servicio (1 nivel).
38. Oncología (4 niveles).



**Figura 4.** Base de selección de edificios.

Esta base deberá estar alimentada con la información anterior de cada edificio, aquí se selecciona el edificio de interés para editarlo, el mismo ya contiene la información de cantidades, unidades y frecuencia de actividades.

Inicialmente solo se alimenta con el edificio de Oncología para realizar las pruebas y enlaces necesarios, ya que se requiere realizar el levantamiento de información de los demás edificios del centro médico.

Se selecciona en la barra superior el botón que dice "Mantenimiento Preventivo" véase la Figura 3.

En esta pantalla de Mantenimiento Preventivo se selecciona el edificio, el nivel al cual se le va a realizar la acción, se selecciona la actividad de la base de datos, si no está se puede incluir y se indica el año.

Una vez incluida la actividad el programa muestra la cantidad total de unidades que contiene ese edificio respecto a la actividad seleccionada y marca en el cronograma la frecuencia a la que el usuario definió previamente que debe realizarse. El usuario le indica de la cantidad total cuánto se va atender en esta acción, utilizando las mismas unidades de medida. En este apartado el usuario incluye todas las actividades que requiere realizar, o bien si requiere enterarse cada cuánto se han definido las actividades lo puede visualizar incluyéndolas en el cronograma del sistema.

La unidad de medida, la frecuencia y la cantidad total son leídas de una base de datos predefinida.

Con el botón doc.word accesa al texto correspondiente a la actividad. En este caso se incluirá el procedimiento de ejecución preventivo.

Lo que se requiere con este software de mantenimiento preventivo de edificios es registrar todas las actividades y subactividades realizadas, cada una con sus recursos consumidos y compararlos con los establecidos por el sistema, para su aplicación y perfeccionamiento.

**Figura 5.** Pantalla de registro de las actividades y su distribución en el año.

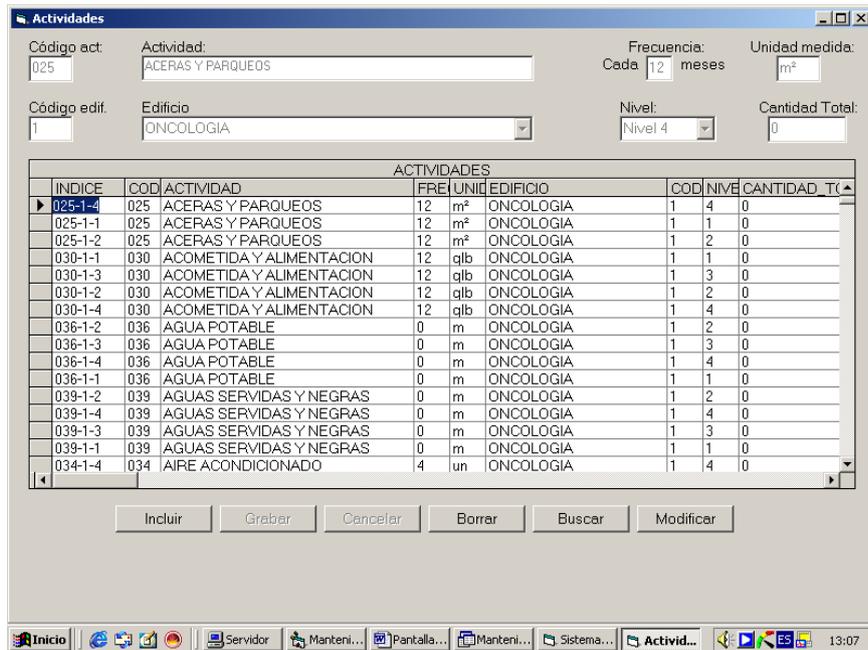


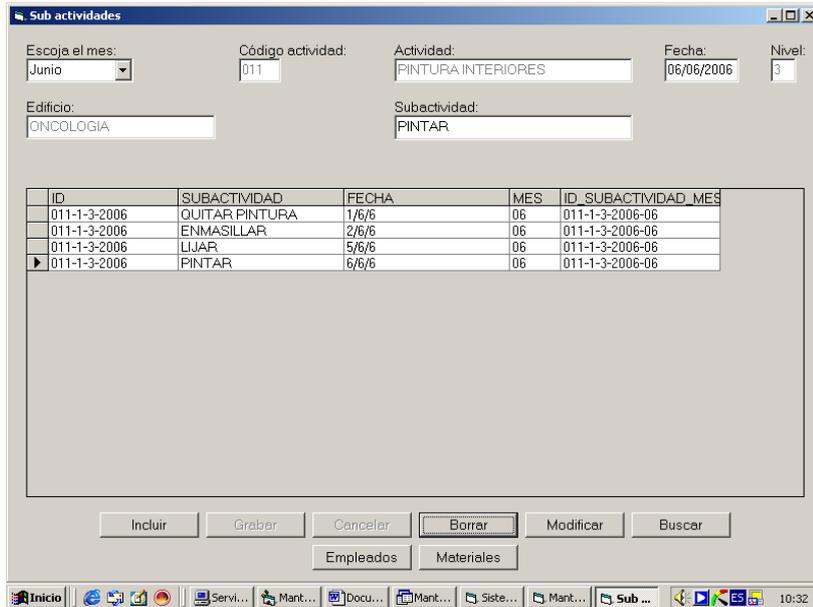
Figura 6. Pantalla de actividades

Una vez incluidas las actividades por edificio, indicando el nivel se le asigna automáticamente un código, el cual es el número de actividad, el número de edificio, el nivel y la partida presupuestaria a la que recae el costo.

Ahora bien, activa el botón de subactividades y pasa a la pantalla en la que se incluyen todas las subactividades necesarias para ejecutar la actividad que se está programando con sus respectivas fechas.

Cuando ya se ha ejecutado la actividad el usuario retroalimenta el sistema, indicando cuanto se consumió en materiales, mano de obra y cuales fueron las subactividades realizadas, definiendo la fecha de cada una.

En la ventana de subactividades se escogen los materiales utilizados para cada subactividad. Véase figura 6.



**Figura 7.** Pantalla de registro de subactividades de un mes determinado.

Para lo cual selecciona de una lista para incluir las horas de un determinado funcionario, de una base de datos que asigna según el salario, cuánto corresponde el tiempo de cada uno específicamente, esta base de datos pertenece a la información suministrada por el departamento de personal y se actualiza cada seis meses.

Igualmente contiene un botón de materiales en el que se seleccionan los materiales utilizados de una base de datos existente que tiene un costo definido para cada unidad.

El material se selecciona de una base de datos existente, y se digita la cantidad conservando las unidades que usa el sistema.

En la ventana de materiales se selecciona el edificio y la subactividad, ya que se podrá incluir todas las actividades para los edificios y visualizarlos a través de un filtro por edificio.

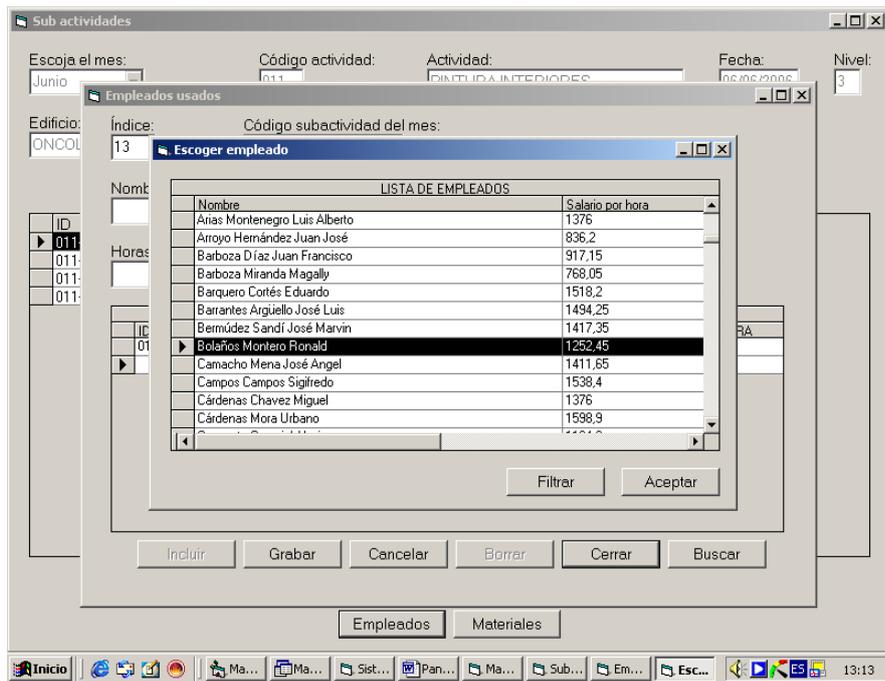


Figura 8. Selección de personal.

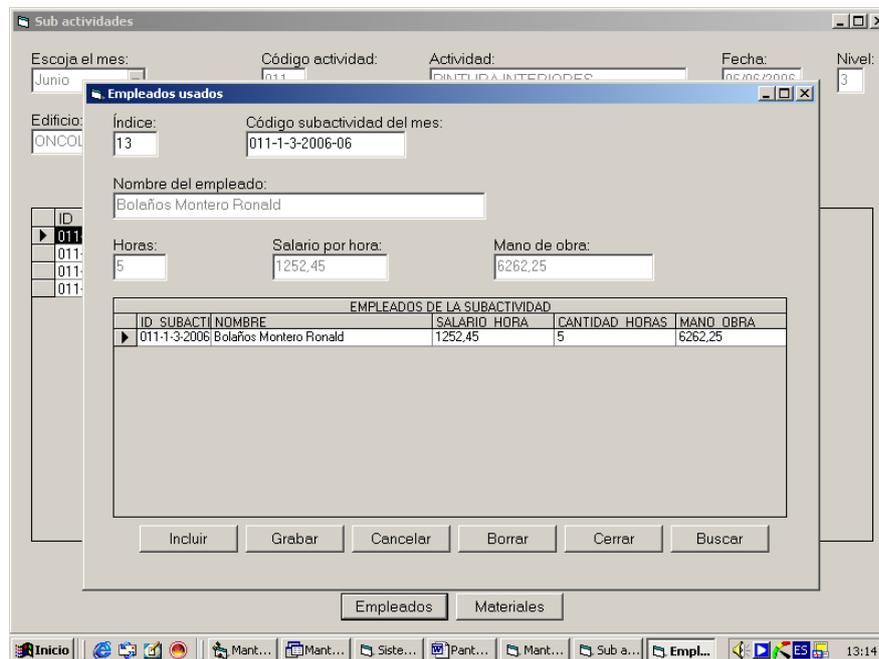


Figura 9. Personal asignado.

Materiales de ferretería

Código: 196030001 Material: ACEITE 3 EN 1 GRANDE 90ml U. M.: LT Precio: 410,55 Fecha act:

P.P.: 2256 P.E.: 2205 Exist: Z

LISTA DE MATERIALES			
Código	Material	Unidad	M Partida_P
196030001	ACEITE 3 EN 1 GRANDE 90ml	LT	2256
196030001	ACEITE 3 EN 1 PEQUEÑO 30ml	LT	2256
196030001	ACEITE GRAFITO	LT	2256
196030001	ACEITE LUBRICANTE PENZOIL SAE 20W-50	LT	2256
196030001	ACEITE PARA COMPRESOR CAMPBELL 1/4	LT	2256
196030001	ACEITE PENZOIL HD SAE 40	LT	2256
196030001	ACEITE PENZOIL SAE 20W-50	LT	2256
196030001	ACEITE PERMATEX PENETRANTE	LT	2256
196030001	ACEITE QUAKER STATE SAE 40 CTO	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL FUERA BORDA 1/8	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL NAUTILUS (1/4)	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL PLUS 20W/50 1/4	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL ROTELLA T30 1/4	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL ROTELLA T30 GL	LT	2256
196030001	ACEITE SHELL ROTELLA T40 1/4	LT	2256
272030050	ACELERADOR MAQUINA UNIVERSAL TW SL1200	LT	2270

Incluir Grabar Cancelar Borrar Modificar Filtrar

Inicio Servidor Manteni... Pantalla... Manteni... Sistema... Materi... 13:09

Figura 10. Base de selección materiales

Esta base de datos es la utilizada para determinar la producción mensual del departamento de mantenimiento, y requiere ser actualizada periódicamente.

Todas las bases de datos fueron creadas en la oficina de mantenimiento para estimar la producción y son de uso exclusivo de esta.

# Análisis de los resultados

## Diagnóstico

Según lo indica el diagnóstico de la situación actual de los principales problemas del edificio de Oncología en general, (tomando en cuenta todos los niveles) se deben a desperfectos en aspectos menores como muebles, marcos de puertas y cerrajería, luminarias de áreas de mayor consumo que requieren sustituirse y tuberías de desagüe principalmente.

Todos y cada uno de estos acontecimientos deben ser atendidos de forma inmediata correctivamente, ya que pueden generar situaciones problemáticas como desatención de pacientes con cáncer, contaminación a pacientes vulnerables, o disfunción de condiciones apropiadas para la operación de algún equipo, salón y/o área específica. Todas estas situaciones se resuelven actualmente a través de acciones de emergencia, lo que significa que los técnicos atienden sin previo planeamiento cualquier tipo de situación emergente.

Otro aspecto es que al no contar con la planeación de esta actividad es posible que los recursos materiales no estén disponibles para su entrega inmediata en las bodegas del hospital, por lo que en este caso para su obtención limitada deberá de efectuarse una compra de emergencia a través de un trámite de caja chica. Esto genera un mayor tiempo de respuesta en la resolución de una solicitud, y cualquier otra consecuencia, que deban manejar los médicos, enfermeras, conserjes y demás usuarios (incluidos pacientes). Todas estas situaciones apuntan a la necesidad inmediata de personal, recursos materiales y tiempo, que pudo haber sido mitigada con un planteamiento funcional propio de la labor de un profesional analítico. Es necesario mencionar en este apartado que la

principal limitación para la implementación del plan es que en el inicio su enfoque se verá afectado por el estado actual de todos los elementos involucrados, ya que a partir del estado en el que se encuentran se planeará el tipo de acción de mantenimiento a seguir.

## Análisis de Pareto

Las solicitudes analizadas en el cuadro 20 pertenecen a acciones de mantenimiento correctivo en un 80%, preventivo en un 0% y trabajos varios en un 20%, por lo que se analiza únicamente el porcentaje de acciones correctivas el cual es el mayor y se requiere revertirlo.

Aplicando la teoría de Pareto (expuesta en el Marco teórico) para la información recavada en el cuadro 21, se deben atender las primeras seis actividades: “muebles”, “ventanas”, “puertas y cerrajería”, “piezas sanitarias”, “cielo raso” y el “agua potable” ya que según la gráfica de Pareto estas representan un 23.0% del total de causas analizadas y su incidencia alcanza hasta un 85.71% de los problemas o solicitudes, comprobándose así que aproximadamente el 20% de las causas genera el 80% de los problemas.

De manera que se coincide casi completamente con las actividades incluidas en el 23% que señala Pareto a través del diagrama de causas. Estas actividades producidas por la mayoría de las solicitudes podrán ser atendidas preventivamente siguiendo los procedimientos descritos en los anexos donde se detallan las principales subactividades que componen la actividad en sí, este procedimiento indica la

frecuencia en meses a la que se requiere sea ejecutado.

La frecuencia de las intervenciones se establecen en los procedimientos de mantenimiento y se introducen en el software de mantenimiento preventivo, definiendo la frecuencia a la que deben ejecutarse.

Respecto a este método se espera que al enfatizar el mantenimiento preventivo en las actividades que indica Pareto como críticas por un periodo continuo, se mejorará su buen estado general, lo cual resultará en una disminución de las órdenes de trabajo debidas a estas causas, incrementando la incidencia de reportes en algunas otras, que se podrán determinar al aplicar nuevamente el análisis de Pareto, y así consecuentemente hasta lograr un equilibrio de incidencia.

## **Análisis comparativo de costos**

Anteriormente se calculó el costo de atender preventivamente las mismas seis actividades: “piezas sanitarias”, “agua potable”, “cielo suspendido”, “muebles”, “puertas y cerrajería” y “ventanería” utilizando el costo neto de mano de obra leído de la base de datos de Recursos Humanos, este se estima par aun período de cinco meses (para poder ser comparado con la muestra analizada de costos correctivos).

En la gráfica de comparación de costos de mantenimiento se comparan los costos unitarios estimados, resultado de atender las actividades críticas preventivamente, contra el costo que resultó atenderlas correctivamente. La misma ayuda a visualizar a través de una línea de puntos la diferencia en colones de cada actividad, por lo tanto se evidencia que es mucho menos costoso aplicar prevención y evitar la falla que proceder a corregirla una vez producida.

El hecho de programar las actividades preventivamente demanda una determinada frecuencia para ejecutar la acción, pero se demuestra que el costo de invertir en prevenir las fallas de las seis actividades analizadas es mucho más bajo, generando un ahorro promedio

de 85,03%, es decir que el gasto incurrido de actuar correctivamente analizando las actividades críticas durante el plazo establecido de cinco meses fue de ¢77.201,67 y pudo haber sido ¢11.558,20, es decir un 85,03% más barato. Con lo que se determina que el costo preventivo oscila entre un 10 y un 15 % del correctivo.

## **Software de mantenimiento preventivo**

Con el apoyo de la oficina de mantenimiento a través de un programador de software se trabaja en un programa de mantenimiento preventivo para el hospital, el cual está diseñado para mostrar según el edificio cuáles son las actividades que requieren acciones de mantenimiento preventivo. Lo que se busca es visualizar en un cronograma la frecuencia a la que se deben llevar a cabo las acciones. Una vez que se selecciona la actividad se presentará la opción de ver el procedimiento a seguir para ejecutar esa actividad específica.

Finalmente se le incorporará una tabla de costos de material y mano de obra (los cuales son utilizados por la oficina de mantenimiento para presupuestar los gastos)

Una vez implementado el plan y se estén realizando las actividades de mantenimiento preventivo, el software provee junto a la hoja de procedimiento una tabla en la que el técnico anotará los tiempos y los materiales utilizados para ejecutar cada tarea, esta información alimentará al software para determinar cual es el costo de la actividad, según horas hombre y materiales. El software aplicado durante un periodo de un año sobre las actividades críticas de cada edificio (determinadas según el diagrama de Pareto) dará como resultado un costo total del plan de mantenimiento, además de una mejoría en el servicio de mantenimiento del Hospital San Juan de Dios.

Este software determinará los costos de mantenimiento por edificio y esto servirá de base para la elaboración del presupuesto para el centro médico.

# Conclusiones

A través del diagnóstico se determina un índice de buen estado porcentual por actividad, basado en revisiones e inspecciones visuales, de funcionamiento y vida útil de los elementos constituyentes de los cuatro niveles del edificio de Oncología (en los campos arquitectónico y estructural), el cual indica condiciones aceptables con posibilidades de mejorar.

Con base en los registros que tiene el departamento de mantenimiento sobre el edificio de Oncología, específicamente de las unidades de Radioterapia y Oncología Hombres (correspondientes al segundo y tercer nivel del edificio respectivamente) que fueron analizados conjuntamente por tener condiciones similares de funcionamiento, se determinó que las actividades que generan mayores solicitudes de mantenimiento son acciones correctivas en un 80%, 20% de trabajos varios y 0% de acciones preventivas.

Se determinó que de estas acciones correctivas reportadas las actividades de mayor incidencia son: *muebles, ventanas, agua potable, piezas sanitarias, cielo raso, puertas y cerrajería*, correspondientes a un 85,71% del total de los reportes atendidos.

Con base en la aplicación del método de Pareto a la información recopilada, se comprueba la ley 80-20 ya que el 85,71% de los problemas se debe al 23% de las causas.

Al estimar los costos unitarios de las seis actividades de mayor incidencia y compararlos con los costos correctivos registrados, provenientes de estas mismas actividades, se determinó que los costos preventivos son en promedio un 14,97% de los costos correctivos, para esto se tomó una muestra de periodo de cinco meses.

Por medio del desarrollo de un software de mantenimiento preventivo para los edificios del conjunto hospitalario Hospital San Juan de Dios se dispondrá de información ordenada, de fácil acceso y programada, lo cual ayudará a obtener datos más precisos y estandarizados, de utilidad

tanto para el departamento como para las decisiones económicas de las jerarquías respectivas.

Con la aplicación de procedimientos preventivos estandarizados, para la ejecución de las actividades se persigue normar y registrar rendimientos de mano de obra y materiales en el sector hospitalario y prevenir malas prácticas.

# Recomendaciones

Una vez hecho el estudio y el análisis de dichas acciones se puede concluir que conviene:

*Reducir la incidencia en las solicitudes de acciones de mantenimiento correctivo* a través de abarcar las causas señaladas por Pareto, ya que estas implican la mayor parte de los costos generados por el edificio.

*Desarrollar el programa de mantenimiento y aplicarlo* a los edificios del hospital a fin de organizar las actividades de mantenimiento preventivo y normarlas para garantizar su adecuado cumplimiento.

Se visualiza como oportunidades de mejora internas del departamento de mantenimiento:

*Reforzar la acción de supervisión* mediante mecanismos de control, para mejorar el nivel de calidad de las obras y de los acabados en general.

*Promover la capacitación* actualizada del personal técnico con las nuevas tecnologías del mercado, ya que estos no conocen de nuevas tecnologías y se limitan a ejecutar ciertas actividades únicamente.

*Implementar un plan de compras* acorde con las capacidades de las bodegas y a las necesidades de consumo, ya que actualmente es limitada la cantidad de materiales y cada compra tardan meses en llegar a bodegas.

*Conformar una bodega de herramientas*, ya que actualmente se les entrega a cada trabajador bajo su responsabilidad, con lo que se muestran irregularidades respecto a cantidad y estado de las mismas.

*Crear registros procesales* sobre rendimientos de mano de obra, materiales, historiales de edificaciones, obras mecánicas y

eléctricas, ya que actualmente no hay bases anteriores para medir rendimientos en zonas del hospital.

*Establecer estrategias de concientización* para los técnicos e incrementar su interés por la labor que desempeñan, elevar los rendimientos de mano de obra y la calidad de los trabajos.

Paralelamente el centro médico requiere evidentemente:

*Agilizar los trámites administrativos* engorrosos que conllevan burocracias excesivas, con el fin de aligerar los procesos de compra y contratación tanto de materiales como del equipo.

*Asignar una mayor cantidad de recursos económicos* tanto en cajas chicas como para generar mayor movimiento en las partidas presupuestarias relacionadas con el mantenimiento y el aseo.

*Establecer mecanismos de concientización* tanto a técnicos, funcionarios en general y usuarios para cuidar al centro médico ya que es propiedad de todos y en beneficio de todos.

*Actualizar las bases de datos* que mantiene el departamento de mantenimiento ya que los precios de materiales están desactualizados en dos años mientras que los precios de mano de obra por funcionarios se actualizan cada seis meses, por lo que hay una incongruencia en costos y a partir de estos datos es que se deriva la información de costos del departamento.

# Apéndices

1. Cuadros de diagnóstico del edificio de Oncología.
2. Ilustraciones del estado actual de los elementos arquitectónicos, electromecánicos que conforman el edificio de Oncología del Hospital San Juan de Dios.
3. Procedimientos de mantenimiento preventivo.

# Anexos

1. Cuadro 31 registro de actividades de mantenimiento realizadas en periodo junio - octubre 2005.
2. Plantas arquitectónicas del edificio de Oncología.
3. Planta de ubicación conjunto hospitalario.

# Referencias

1. Ing. José Luis Barrantes Arguello, **SOFTWARE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**, Oficina de Mantenimiento Hospital San Juan de Dios, San José C.R, 2005.
2. Ing. José Luis Barrantes Arguello, Bases de datos de **SOFTWARE DE ORDENES DE TRABAJO**, Oficina de Mantenimiento Hospital San Juan de Dios, San José C.R, 2005.
3. Bravo Roberto, Barrantes Ana Cecilia, B. 1986. **ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**. San José C.R., Editorial Universidad Estatal a Distancia, 1992.
4. Hitoshi Kume, 1993. **HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS BASICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD**. Colombia, Segunda edición, Pág. 31-36.

## Páginas web

5. [www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm](http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/diagramapareto.htm)
6. [www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo](http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo)