

**UNIVERSIDAD DON BOSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.  
ANTEPROYECTO DE GRADUACIÓN.**



“ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS DE CONTROL Y  
MONITOREO PARA UN SISTEMA CENTRALIZADO DE  
SOPORTE ELECTROMECAÁNICO A NIVEL  
HOSPITALARIO.”

PRESENTAN:

**JOSE RUBEN MONROY CALDERON**

**GERARDO JOSÉ MORALES CANJURA**

CIUDADELA DON BOSCO , SEPTIEMBRE DEL 2004.

## INDICE.

1. INTRODUCCION.....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
3. PLANTEAMIENTO .....	3
4. JUSTIFICACION.....	4
5. OBJETIVO GENERAL .....	5
6. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
7. ALCANCES .....	6
8. LIMITACIONES.....	7
9. METODOLOGIA.....	8
10. PLAN DE TRABAJO .....	9
11. GLOSARIO .....	15
12. BIBLIOGRAFIA.....	16

## INTRODUCCION.

Los continuos avances tecnológicos en el área industrial ofrecen al área hospitalaria la oportunidad de agilizar procesos de producción, mejorando la eficiencia de los sistemas electromecánicos y disminuyendo los costos operativos que estos implican.

Una solución viable tanto tecnológica como económica es el control y monitoreo centralizado de las variables que intervienen en las operaciones de dichos sistemas.

El siguiente documento se basa en la investigación de tecnologías de control y monitoreo para un sistema centralizado de soporte electromecánico a nivel hospitalario, el cual desarrolla los siguientes cuatro capítulos:

El capítulo I: es una amplia base teórica sobre las tecnologías de control y monitoreo, las cuales en su conjunto hacen posible la conformación de un sistema centralizado aplicable al ámbito hospitalario.

El capítulo II: se basa en la descripción de las técnicas desarrolladas y los resultados obtenidos para conocer los dos sistemas electromecánicos más impactantes de un hospital y, a la vez, se pretende dar a conocer diferentes aspectos relacionados con las necesidades en los hospitales tomados como muestra.

El capítulo III: se propone una metodología administrativa de proyectos que describe cada uno de los pasos a seguir en el momento que se pretenda llevar a cabo un proyecto de control y monitoreo centralizado en el ambiente hospitalario.

El capítulo IV: se justifica concretamente la selección del sistema electromecánico a aplicarle un sistema de control y monitoreo centralizado, y se especifica el hospital objeto de estudio. Así mismo se desarrolla la metodología propuesta en el capítulo III enfocada al diseño de un modelo representativo según las necesidades encontradas, y se presentan tres propuestas de costo-beneficio en dicho diseño en el cual se especifican los costos necesarios para la implementación del proyecto y los beneficios (ahorros) que el sistema producirá para el hospital bajo estudio con el fin de mejorar el criterio de selección de la tecnología mas adecuada.

Al final del documento se presentan las conclusiones obtenidas en el desarrollo del trabajo así como los anexos y documentos de referencia que se han considerado necesarios para respaldar la investigación.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS.

1. Realizar un levantamiento de las necesidades de control y monitoreo de soporte electromecánico en cinco hospitales de 3er. Nivel del país, con el fin de descremar los 2 sistemas electromecánicos mas impactantes y diseñar un modelo representativo de un sistema de control y monitoreo centralizado según las necesidades encontradas.
2. Proporcionar al Ingeniero Biomédico un documento de referencia el cual contendrá: un estudio de las tecnologías actuales de control y monitoreo existentes en el mercado nacional que son necesarias para llevar a cabo la implementación de un sistema centralizado.
3. Presentar tres propuestas de estudio costo-beneficio en el diseño del modelo representativo de un sistema de control y monitoreo con el fin de mejorar el criterio de selección de la tecnología mas adecuada.

## CAPITULO 1. MARCO TEORICO BASICO.

### 1.1 LA AUTOMATIZACION.

El desarrollo de los sistemas de control y los avances en las comunicaciones digitales han permitido la creación de aplicaciones específicas, tales como los sistemas centralizados de control y monitoreo que hasta hoy se conocen, sobre todo en el ámbito industrial. Antes de presentar la tecnología utilizada para conformar dichos sistemas se ha considerado necesario dar a conocer aspectos generales acerca de la automatización, tales como: su evolución, las distintas tecnologías en que se divide y su situación actual.

#### 1.1.1 EVOLUCION DE LA AUTOMATIZACION.

En todo proceso de un sistema electromecánico o maquinaria, es indispensable controlar y mantener constantes magnitudes, tales como: presión, caudal, nivel, temperatura, pH, humedad, etc. En los inicios de la era industrial, el operario llevaba a cabo un control manual de las variables anteriormente mencionadas, utilizando solo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. El control de los procesos se llevaba a cabo mediante operaciones basadas en la intuición y en la experiencia acumulada, el cual era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos, sin embargo, la gradual complejidad con que estos procesos se han ido desarrollando ha exigido su respectiva automatización a través de la instrumentación de monitoreo y control.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo controlado únicamente por un sistema de control basado en lógica cableada, pero hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de esta forma, a través del uso de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones de control, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas, además, cualquier variación en el proceso de producción suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de control de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

A mediados de la década de los 60 la empresa General Motors, impulsada por la necesidad de reducir los elevados costos que llevaban consigo los sistemas de control a base de relés, debido a los tiempos de parada por averías, y la poca flexibilidad para poder adaptarse a los cambios de producción de nuevos modelos, realizó una alianza de trabajo con la empresa Digital Corporation C. con el fin de crear un sistema que cumpliera los siguientes requerimientos [referencia 1-1]:

- Emplear electrónica de estado sólido,
- Adaptarse al medio de trabajo industrial (producción).
- Programables en lenguajes accesibles al personal de operación y de mantenimiento de la planta.
- Costos bajos de mantenimiento.
- Debían ser reutilizables.

Anticipadamente a esta alianza de trabajo, una empresa llamada *Bedford Associates Inc.*, desarrollo un producto que respondía a los requerimientos anteriores, este dispositivo llamado Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización, como resultado, este mismo dispositivo electrónico vino a reemplazar los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos, puesto que, desde ese momento a él se conectarían los dispositivos de campo utilizados directamente para el control de sistemas o maquinarias, por una parte los captadores como: finales de carrera, pulsadores, etc.; y por otra los actuadores como: bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores, etc.

En ese momento, el API también conocido como Controlador Lógico Programable (PLC) recibió una definición inicial que lo describió como un "Dispositivo electrónico programable por medio de un lenguaje no informático, el cual es diseñado para llevar a cabo un proceso de control secuencial indiferentemente del ambiente en el que se encuentre". Por otra parte, para estos nuevos dispositivos controladores también se requería un tiempo de vida largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla, por tanto, la solución a estos requerimientos incluyó el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido. En los primeros años de la década de los 70 se incorpora a los autómatas

programables la tecnología de los microprocesadores, lo cual hace posible alcanzar beneficios [referencia 1-1] como:

- Se incorporan elementos de interconexión hombre-máquina.
- Se puede realizar una manipulación de datos.
- Se realizan operaciones aritméticas.
- Es posible comunicarse con el ordenador.
- Como producto de estos avances es posible la corrección de problemas en el curso de funcionamiento de la máquina.

Las habilidades de comunicación comenzaron en 1973 aproximadamente, el primer sistema fue el *bus* Modicon (Modbus), por tanto, el PLC ahora podía dialogar con otros PLC's y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban, también podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico. En la segunda mitad de la década de los 70 se desarrollan avances mucho mayores en los Autómatas Programables, debido al avance paralelo de otras áreas de la electrónica, se constata con memorias de mayor capacidad, las velocidades de transmisión de datos y de análisis aumentan. Por esa razón los Autómatas en esa fecha presentan los siguientes avances [referencia 1-1]:

- Posibilidad de entradas y salidas remotas.
- Entradas y salidas análogas y numéricas lo cual posibilita un control de posicionamiento.
- Mejora los lenguajes de programación.
- Desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores.

Como resultado de estas nuevas características las aplicaciones de los autómatas se extienden más en el control de procesos, ya que se pueden llevar a cabo lazos de regulación por medio de dispositivos de instrumentación. Posteriormente, en la década de los 80 los avances de la tecnología de microprocesadores provocó los siguientes beneficios:

- Altas velocidades de respuesta (el ciclo de ejecución se reduce por instrucción).
- Reducción de las dimensiones de los equipos, particularmente por la mayor densidad en las agrupaciones de circuitos E/S.
- Lenguajes alternos de programación: Basic, Ladder, etc.
- Capacidad de almacenaje de grandes cantidades de datos.

En esta misma década se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's, así como también, fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación.

Por otra parte, los 90 trajo consigo una gradual reducción en el número de nuevos protocolos y la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80, finalmente, el último estándar (IEC 1131-3) creado en esta década intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional, desde esta década hasta el día de hoy se cuentan con PLC's que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

### Últimos avances tecnológicos.

En la última década expertos en la industria determinaron que el control basado en PC finalizaría el régimen de los controladores de lógica programable (PLC) en el control industrial, sin embargo, al día de hoy los PLC continúan dominando la mayoría de las fábricas para aplicaciones de control de procesos y máquinas. Aunque muchos ingenieros han evaluado el uso de la PC para funciones avanzadas, como control y simulación análogo, conectividad con base de datos, aplicaciones basadas en Web y comunicación con dispositivos externos, la PC no ha podido competir con el PLC para aplicaciones basadas en control, sobre todo aquellas PC's con sistemas operativos estándar y hardware genérico puesto que se consideran muy frágiles y temperamentales como para satisfacer la confiabilidad demandada en control industrial.

A continuación se muestra en la figura 1.1 [referencia 1-2] una grafica comparativa entre el PC y PLC en función de las características siguientes: Capacidades de Software (eje Y) y Robustez y Confiabilidad (eje X), como sigue:

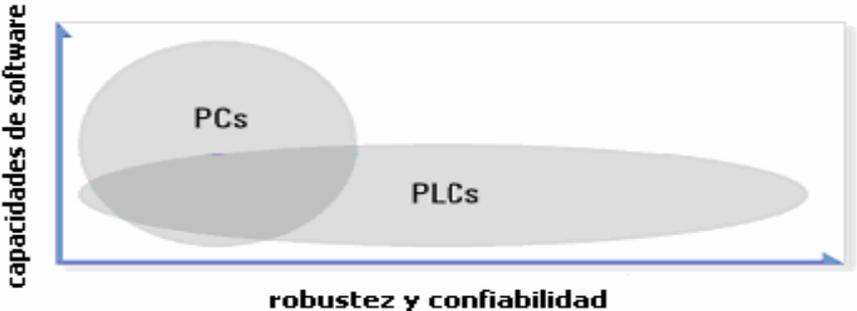


Figura 1.1 Grafica comparativa de características entre el PC y el PLC.

En la actualidad, existe una tercera opción, los ingenieros pueden utilizar productos que ofrecen una hibridación de la PC y del PLC, el término utilizado para estos controladores híbridos es "controladores de automatización programables" (PAC), por tanto, los PAC combinan las mejores características de la PC, incluyendo el procesador, la RAM y software potente con la confiabilidad, robustez y naturaleza distribuida del PLC. A continuación se muestra en la figura 1.2 [referencia 1-2] una grafica comparativa entre el PC, PLC y PAC en función de las características siguientes: Capacidades de Software (eje Y) y Robustez y Confiabilidad (eje X), como sigue:

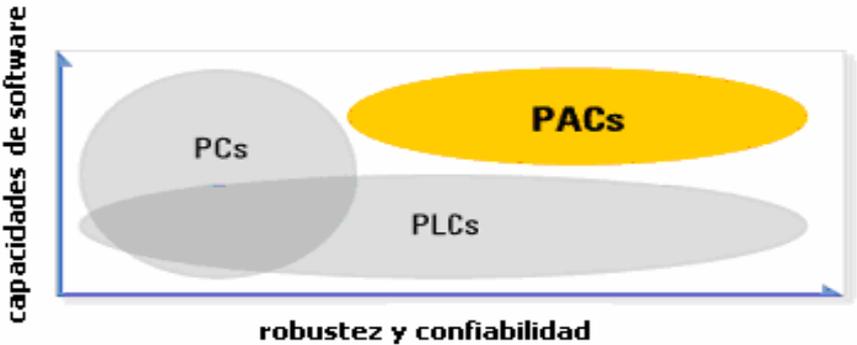


Figura 1.2 Grafica comparativa de características entre el PC, PLC y PAC.

En conclusión, los PAC combinan el empaque y dureza del PLC con la flexibilidad y funcionalidad de software de la PC. Estas nuevas plataformas están siendo muy utilizadas actualmente y son ideales para control sofisticado y registro de datos en ambientes rudos.

### 1.1.2 DIVISION TECNOLOGICA DE LA AUTOMATIZACION.

La constante evolución de las tecnologías de automatización ha permitido que se desarrollen sistemas cada vez más complejos, pero a la vez más prácticos y versátiles. La variedad de tecnologías de automatización tienen su base en dos lógicas generales, las cuales son: Lógica Cableada y Lógica Programada. La tabla 1.1 [referencia 1-3] muestra las opciones tecnológicas posibles derivadas de las lógicas generales, como sigue:

<u>Tipo</u>	<u>Familia Tecnológica</u>	<u>Subfamilias Especificas</u>	
Lógica Cableada	Eléctrica	Relés Electromagnéticos	
		Electroneumática	
	Electrónica	Electrohidráulica	
		Electrónica de estado sólido	
Lógica Programada	Electrónica	Sistemas Informáticos	Microordenadores
			Miniordenadores
		Microsistemas	
		Autómatas Programables	

Tabla 1.1 Opciones tecnológicas posibles para sistemas de control.

La Tecnología Cableada se dirá que es aquella que se configura por medio de uniones físicas de los elementos que forman parte de la Unidad de Control. Esta tecnología presenta a su vez los siguientes inconvenientes: 1) Complejidad en la detección y solución de averías, 2) Altos niveles de inseguridad industrial, 3) Reducidas posibilidades de cambio y modificaciones al sistema, 4) Ocupa mucho espacio, 5) No se pueden manejar niveles de control complejos, 6) El operador es la única persona que conoce a fondo la maquina, por lo tanto es el único capaz de repararla. Con el surgimiento del autómata, aparece una tecnología más práctica y avanzada para el control de una maquina o proceso pero, en un principio, presentaba algunas problemáticas para su empleo en el control industrial, tales como: 1) Poco adaptados a las condiciones del medio industrial, 2) Se requería personal informático para la programación, 3) Costo de equipos elevados, 4) Personal especializado para el respectivo mantenimiento de los equipos. Actualmente, dichas desventajas han ido siendo superadas con la continua evolución de las prestaciones de las tecnologías de la automatización.

### 1.1.3 SITUACION ACTUAL DE LA AUTOMATIZACION.

El constante desarrollo de los procesos industriales, debido a las cambiantes necesidades del mercado y las muchas restricciones de calidad impuestas en el producto final para los fabricantes, ha derivado también en la constante evolución de tecnologías de automatización que permiten el logro de beneficios como: mejora en los niveles de producción, disminución de costos y mejora en los niveles de calidad de fabricación de los productos. Al hablar de tecnologías de automatización no solo nos referimos a las tecnologías de control sino también a las tecnologías de comunicación digital las cuales hasta hoy han permitido conformar aplicaciones conocidas como sistemas mediante software SCADA, los cuales tienen una gran importancia en la industria. Actualmente es muy fácil encontrar en la industria, empresas que dependen totalmente de estos sistemas, a tal grado que existe una frase muy común en el ámbito de creación y utilización de los sistemas SCADA: un sistema de supervisión, control y adquisición de datos se ha convertido en los ojos de todo proceso automatizado. Esto implica que por lo general el sistema SCADA se utiliza completamente para controlar desde todo ángulo un proceso o sistema determinado.

La disponibilidad de alternativas a utilizar para los sistemas de software SCADA en características como: el tipo de control, los medios de comunicación, las unidades de adquisición de datos y control, han permitido al usuario no solo controlar procesos en maquinas o sistemas electromecánicos sino también experimentar la "supervisión y el monitoreo". El impacto de los beneficios de tales sistemas ha contribuido a la difusión de los mismos hacia otros ámbitos, por ejemplo su aplicación hoy en día se ha enfocado hacia la automatización de edificios (domótica) con el fin de proporcionar ventajas como: mayor comfort para el usuario, ahorro, seguridad, monitoreo, gestión de recursos, entre otros.

Por otra parte, en algunos países desarrollados como Italia, España e Inglaterra la comercialización de sistemas centralizados de control y monitoreo aplicables a el ámbito hospitalario<sup>1</sup> se encuentra en efervescencia, el empleo de estos sistemas propone grandes ventajas y beneficios para las entidades hospitalarias, todo ello, con el fin de obtener resultados como los obtenidos en la industria y la domotica, aparte de

---

<sup>1</sup> Visitar el Sitio Web: <http://www.microdevice.it/esp/automacion.html>, para observar un sistema centralizado de control y monitoreo aplicado al ámbito hospitalario.

proporcionar un beneficio muy particular, como es el de brindar un mayor seguridad y comodidad a los usuarios (empleados, visitantes y pacientes). Todo ello mediante aplicaciones específicas como: control de sistemas antiincendios, control del encendido de luces, control y gestión de la climatización.

En vista de la situación anteriormente planteada, mediante este trabajo investigativo se pretende tomar aquellos sistemas electromecánicos más impactantes de los hospitales a analizar, en los cuales se puedan integrar las tecnologías de control y monitoreo, con el fin de proporcionar mediante su uso un mejor soporte electromecánico a dichos sistemas y procurar, si es posible, el máximo aprovechamiento de los recursos que estos utilizan. Por otro parte, en el ámbito hospitalario es importante mencionar que dadas las dimensiones de un hospital es muy difícil para una persona a cargo de su mantenimiento atacar todo falla o avería en el momento oportuno, por tanto, esta investigación pretende también la búsqueda de asegurar no un simple control sino un sistema de "control y monitoreo centralizado" con la utilización de tecnología pertinente, procurando de esta forma mejorar los tiempos de respuesta, incrementar la vida útil y asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas electromecánicos involucrados, y proponer paralelamente, al profesional involucrado en este ámbito, una alternativa novedosa para mejorar su gestión en su respectivo hospital.

## 1.2 TECNOLOGIAS DE CONTROL Y MONITOREO.

A continuación se presenta la teoría básica de las tecnologías más elementales de control y monitoreo, mediante las cuales es posible conformar un sistema centralizado para brindar soporte electromecánico a nivel hospitalario.

### 1.2.1 EL PLC.

#### Funcionamiento Básico.

Estos dispositivos o equipos programables emplean un procesador binario que es capaz de interpretar los códigos o instrucciones que especifican las acciones a realizar en función del estado de las variables del sistema. El procesador tiene la capacidad de interpretar una sola instrucción en un mismo instante, aunque los tiempos sean de los órdenes de los microsegundos; por lo cual el tratamiento de estas instrucciones se

realiza de forma secuencial como ilustra la figura 1.3 [referencia 1-1] mostrada a continuación:

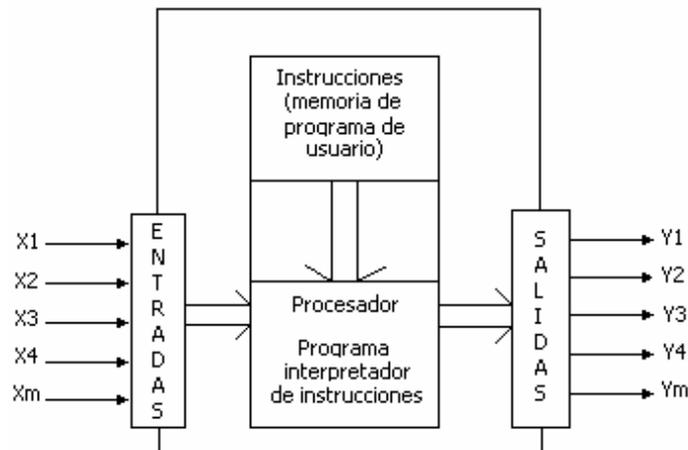


Figura 1.3 Estructura interna de los sistemas programables.

En el Autómata las instrucciones se almacenan en memorias, las cuales contienen el programa lógico de la secuencia de control del proceso, estas memorias generalmente son EEPROM. El procesador recoge y obtiene los estados de las señales de entrada y los almacena en otra memoria denominada de E/S. A continuación se desarrolla el proceso de escaneo o lectura de las instrucciones de una forma secuencial, una tras otra, las cuales especifican un operando y la operación lógica a efectuar; producto de estas operaciones se produce una toma de decisiones internas por medio de la unidad de control y los resultados se almacenan en las tablas de E/S y estas setean los datos en las salidas obteniendo el control deseado. Una vez que se finaliza el ciclo de lectura de las instrucciones, se lleva a cabo una nueva lectura de las E/S. Se vuelven a almacenar los datos nuevamente y se realiza el mismo ciclo mientras el equipo esta operando.

### Componentes.

Todos los PLC usan básicamente los mismos componentes y están estructurados en forma similar, tales componentes son: Módulos de Entradas, Módulos de Salidas, Unidad Central de Procesamiento (CPU), Memoria, Fuente de Alimentación Eléctrica, Terminal de Programación y Periféricos. A continuación se presenta cada uno de ellos más detalladamente:

### Módulo de Entradas.

Para realizar un sistema de control efectivo sobre una máquina o proceso, es necesario mantener comunicación constante entre el proceso y el equipo de control. Esta recolección de información tiene lugar en los terminales de tornillos de entradas, que en un PLC, forman el interfase mediante el cual los dispositivos de campo (captadores) se conectan al mismo. Toda información que se recoge del proceso recibe el nombre genérico de entrada. Los dispositivos de entrada incluyen botones pulsadores, interruptores preselectores rotatorios, finales de carrera, interruptores giratorios, detectores de proximidad, sensores fotoeléctricos, etc. Todos estos son elementos discretos que proporcionan una información binaria o de entrada ON u OFF al PLC. Las señales eléctricas que envían los dispositivos de campo al PLC usualmente son: TTL, 24 Vca/cc, 48 Vca/cc, 110 Vca/cc y 220 Vca no filtradas. Por tanto, los módulos o circuitos de entrada del PLC deben realizar tres funciones principales [referencia 1-1]:

- 1) Adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo para que pueda ser utilizable por el PLC. Este "acondicionamiento" es necesario porque los componentes electrónicos internos del PLC operan en 5 Vcc y esto reduce al mínimo la posibilidad de daños al pretejerlos contra picos de tensión.
- 2) Proporcionar una adecuada separación eléctrica entre los circuitos lógicos y los circuitos de potencia; aislando eléctricamente los componentes internos de los terminales de entrada. Para esto los PLC utilizan por lo general un aislador óptico, el cual utiliza luz para acoplar señales de un dispositivo eléctrico a otro.
- 3) Permitir, mediante el soporte físico del "direccionado" la identificación de los dispositivos de entrada para la correcta ejecución de las secuencias de control programadas.

Existen además, en algunos PLC, entradas analógicas que pueden aceptar directamente valores correspondientes a la medida de una magnitud física (temperatura, presión, PH, etc.). Estas entradas, son módulos destinados a la conversión de una magnitud analógica (señales de voltaje o corrientes variables) a un código binario capaz de ser usado o interpretado por un PLC.

Es habitual que en un módulo de entradas analógicas exista un solo conversor analógico/digital (A/D), y las magnitudes de entrada sean multiplexadas (tomadas secuencialmente una a una) para su conversión.

Para una mayor efectividad funcional estos módulos suelen estar controlados por su propio microprocesador. Los fabricantes ofrecen distintas ejecuciones de los módulos, pero las más empleadas corresponden a 4, 8 o 16 canales analógicos para las entradas, y cuatro canales para las salidas (que incorporan un conversor D/A por canal). Los rangos o bandas de trabajo que permiten son los usuales en instrumentación o en convertidores de señal.

### Módulo de Salidas.

Las acciones de control sobre la máquina o proceso se denominan salidas y son éstas las que gobiernan dispositivos conocidos como *actuadores* (solenoides, relés, contactores, arrancadores de motor, luces indicadoras, válvulas y alarmas). Los módulos de salida operan de manera similar a los de entrada, donde la información procedente de la CPU pasa a través de un aislamiento eléctrico hasta llegar a los circuitos de salida. Los módulos de salida de un PLC usan 3 tipos de circuitos de salida [referencia 1-4], dependiendo de su aplicación, para activar sus respectivos terminales de salida, entre ellos tenemos: relés electromecánicos, transistores y relés de estado sólido (TRIAC'S). A continuación se presenta algunas características de cada uno, como sigue:

1) Los relés (figura 1.4) son de corriente alterna o continua. Los relés electromagnéticos de los PLC tradicionales generalmente aceptan corriente de hasta unos cuantos amperios. Los relés pueden resistir mejor los picos de tensión y tienen un espacio de aire entre sus contactos, lo cual elimina la posibilidad de fugas de corriente. Sin embargo son lentos, en comparación, y están sujetos a desgaste mecánico con el tiempo.

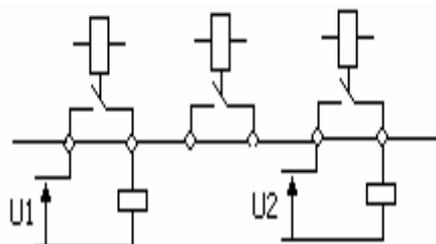


Figura 1.4 Módulo de salidas conformado por relés.

2) Los transistores (figura 1.5) conmutan la energía de corriente continua, son silenciosos y no tienen partes móviles que se desgasten. Los transistores son rápidos y pueden reducir el tiempo de respuesta, pero soportan cargas de solo 0.5 amperios o menos. Los transistores de tipo especial, tales como los FET (Transistores de Efecto de Campo) pueden manejar más corrientes, típicamente de hasta 1 amperio.

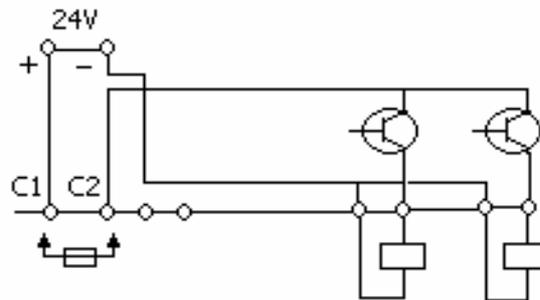


Figura 1.5 Módulo de salidas conformado por transistores.

3) Los relés de estado sólido (figura 1.6) estrictamente conmutan energía CA. Como los transistores, las salidas de triac son silenciosas, no tienen partes móviles que se desgasten, son rápidos y portan cargas de 0.5 amperios o menos.

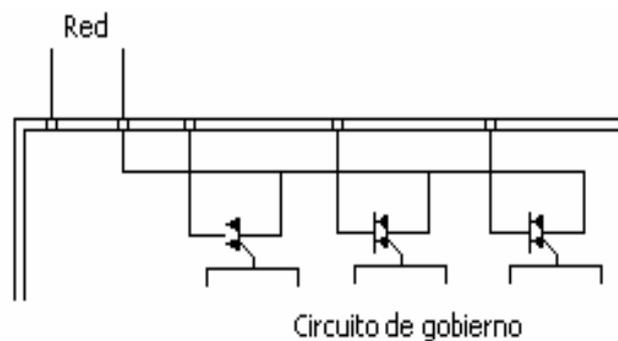


Figura 1.6 Módulo de salidas conformado por Triacs.

### Unidad Central de Procesamiento (CPU).

La Unidad Central de Proceso de una automática comprende esencialmente dos componentes: el procesador y la memoria. Las tareas de control del automático, tanto en lo relacionado a la adquisición de información y gobierno de los accionadores del proceso, como las funciones internas, son realizadas por la unidad central de proceso. La CPU lee las entradas, ejecuta la lógica según lo indique el programa de la aplicación, ejecuta cálculos y controla las salidas según corresponda.

Los usuarios del PLC trabajan en dos áreas de la CPU: archivos del programa y archivos de datos. El archivo de programa almacena todo el conjunto de instrucciones que conforman el programa de usuario, archivo de subrutinas y el archivo de errores. Este archivo conformará el programa de aplicación de control del proceso o máquina a automatizar. Los archivos de datos almacenan los datos asociados al programa, tales como estados de las entradas y salidas, valores preseleccionados y acumulados del contador o temporizadores y cualquier otra constante o variable almacenada. Juntos, estas dos áreas se llaman la memoria de la aplicación o memoria del usuario. Además de estas dos áreas de memoria, la CPU posee un área destinada exclusivamente al programa del sistema ejecutable, que es el encargado de dirigir y coordinar todas las actividades del PLC para la realización del escaneo de entradas, ejecución del programa de usuario y actualización de las salidas. El usuario no posee acceso a esta área de memoria.

### Memoria.

La memoria es un dispositivo que nos permite almacenar información en forma de bits (ceros y unos), por tanto, es un espacio físico dentro de la unidad central de proceso donde se almacenan y se manejan los archivos del programa y los archivos de datos. Esta es la parte de la memoria que permite al usuario crear y modificar sus programas de aplicación. El tipo de memoria utilizada por el fabricante en la construcción del PLC puede variar dentro de dos categorías: memoria volátil y memoria no volátil.

Como su nombre lo indica una memoria volátil, sin un respaldo (backup) adecuado, puede perder la información programada por el usuario al existir una interrupción en la alimentación eléctrica. Además, este tipo de memoria puede ser fácilmente alterada o borrada, y se puede leer o escribir desde ella. La mejor forma de memoria volátil es la Memoria de Acceso Aleatorio o RAM. La RAM es relativamente rápida y ofrece una forma fácil de crear y almacenar programas de aplicación al usuario. Este tipo de memoria posee una reserva de energía de baterías o capacitores quienes actúan cuando se produce alguna pérdida de la alimentación eléctrica normal, mas es bueno señalar que este tipo de backup es susceptible a fallas.

Una memoria no volátil supera los riesgos de pérdida de información ocasionados por problemas de alimentación eléctrica. La Memoria de Lectura Solamente Programable y Borrable Eléctricamente o EEPROM ofrece la misma flexibilidad de programación de una RAM, y se programa mediante un software de aplicación, el cual se ejecuta en una computadora personal, mediante un programador de mano o módulo programador.

#### Fuente de Alimentación Eléctrica.

La función básica de la fuente de poder es convertir la potencia de alimentación en un nivel compatible con los dispositivos electrónicos que componen el PLC (típicamente +5V o +/- 12V dc). La potencia suministrada es uno de los elementos más críticos de un PLC por dos razones: 1) Una falla en la fuente de poder del PLC puede causar que falle todo el sistema de control y 2) Generalmente contiene componentes de alto voltaje. Una falla en el aislamiento puede generar serios daños o fuegos.

Dentro de las consideraciones que se deben tomar en cuenta para la fuente de poder, se contemplan las siguientes:

1. Debe poseer una cubierta que disipe el calor emitido por la fuente previniendo un sobrecalentamiento.
2. La fuente de poder debe ser aprobada por una agencia certificadora, tal como "Underwriters laboratorios" (UL) o la "Asociación Canadiense de Estándares" (CSA). Estas agencias desarrollan pruebas de temperatura y aislamiento eléctrico para los componentes de la fuente de poder. Una marca "UL" o "CSA" indica que ésta cumple con los mínimos requerimientos estándar.
3. Deberá cumplir al menos un estándar de inmunidad al ruido. Dos de estos estándares son "NEMA ICS 2-230" (prueba que consiste en aplicar diferentes tipos de ruido eléctrico a la fuente), y la "IEEE Std.472" (prueba que consiste en aplicar un impulso de alto voltaje). Algunas pruebas de ruido pueden ser desarrolladas por agencias de certificación, como UL y CSA. La fuente deberá ser capaz de proteger al PLC de variaciones en el voltaje como caídas de tensión y sobrecargas, las cuales son comunes en la industria.

### Equipos de Programación.

El equipo de programación de un autómata tiene por misión configurar, estructurar, programar, almacenar y comprobar las diferentes funciones del automatismo, tanto las contenidas en la CPU básica, como las que aparecen sobre las CPU auxiliares y módulos periféricos. Se define entonces el equipo de programación como el conjunto de medios hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura sobre las memorias del autómata las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar. Desde el punto de vista constructivo podemos distinguir tres tipos: Unidades tipo calculadora, Consola de programación y Unidad con PC.

Son funciones específicas de los equipos de programación las siguientes: 1) Escritura del programa de usuario, directamente en la memoria del autómata, o en la memoria auxiliar del mismo equipo, 2) Verificación sintáctica y formal del programa escrito, 3) Edición y documentación del programa o aplicación, 4) Almacenamiento y gestión del programa o bloques de programa, 5) Transferencias de programas de y hacia el autómata y 6) Gestión de errores del autómata, con identificación de los mismos, ayudas para su localización y corrección, y reinicialización del sistema.

### Periféricos.

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario. Los más utilizados son: Grabadoras a casetes, Impresoras, Cartuchos de memoria EEPROM, Visualizadores y Paneles de Operación OP.

## 1.2.2 DISPOSITIVOS DE CAMPO.

### 1.2.2.1 Captadores [referencia 1-5].

La gama de captadores disponible en el mercado es muy amplia con el objeto de responder a los múltiples problemas de detección. El término captador incluye una parte sensible o "captador" y algún tipo de circuito de acondicionamiento de la señal detectada, por tanto, un captador cuya salida es una señal eléctrica posee la siguiente definición: "Un Captador es un dispositivo capaz de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica codificada, ya sea en forma analógica o digital".

Los transductores basados en fenómenos eléctricos, magnéticos u ópticos suelen tener la estructura que presenta la figura 1.7 mostrada a continuación:

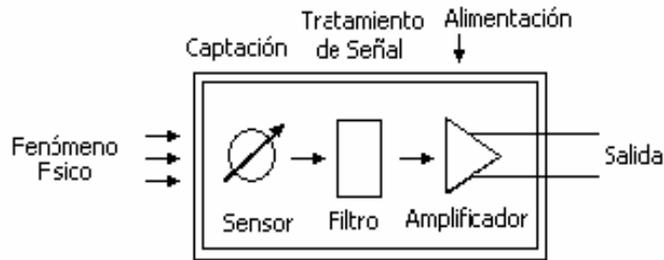


Figura 1.7 Estructura general de un captador.

En la figura anterior podemos distinguir las siguientes partes:

- 1) Elemento Sensor o Captador. Convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica o magnética, que denominaremos habitualmente señal.
- 2) Bloque de Tratamiento de Señal. Si existe, suele filtrar, amplificar, linealizar y, en general, modificar la señal obtenida en el captador, por regla general utilizando circuitos electrónicos.
- 3) Etapa de Salida. Esta etapa comprende los amplificadores, interruptores, conversores de código, transmisores y, en general, todas aquellas partes que adaptan la señal a las necesidades de la carga exterior.

#### Clasificación según el tipo de señal de salida.

Una primera clasificación de los captadores se puede establecer según el tipo de señal suministrada a la salida:

- 1) Captadores Analógicos. Aquellos que dan como salida un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida. Es frecuente para este tipo de transductores que incluyan una etapa de salida para suministrar señales normalizadas de 0-10V ó 4-20mA.
- 2) Captadores Digitales. Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro sistema cualquiera.
- 3) Captadores Todo o Nada. Indican únicamente cuando la variable detectada rebasa un cierto umbral o límite. Pueden considerarse como un caso límite de los sensores digitales en el que se codifican sólo dos estados.

Otro criterio de clasificación, relacionado con la señal de salida, es el hecho de que el captador propiamente dicho requiera o no una alimentación externa para su funcionamiento. En el primer caso se denominan sensores pasivos y en el segundo caso activos o directos. Los Captadores Pasivos (figura 1.8) son aquellos que cambian su estado lógico, activado-no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

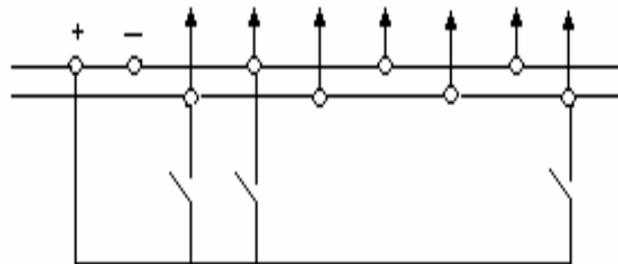


Figura 1.8 Captador Pasivo.

Los Captadores Activos (figura 1.9) son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de captadores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos). Muchos de estos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómeta.

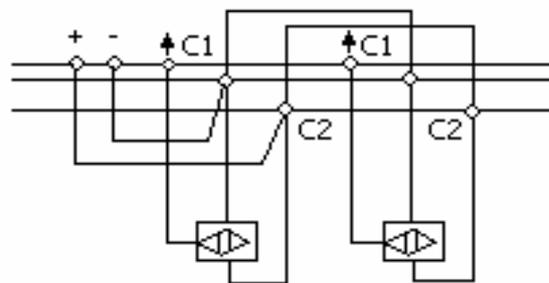


Figura 1.9 Captador Activo.

### Clasificación según la magnitud física a detectar.

En cuanto a la naturaleza de la magnitud física a detectar, existe una gran variedad de sensores en la industria. En general, los principios físicos en los que suelen estar basados los elementos sensores son los siguientes: cambios de resistividad, electromagnetismo (inducción electromagnética), piezoelectricidad, efecto fotovoltaico, termoelectricidad. En la tabla 1.2 [referencia 1-5] se da un resumen de los más frecuentes utilizados en los automatismos industriales.

MAGNITUD DETECTADA	CAPTADOR	CARACTERISTICAS
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógico
	Encoders	Digital
	Sincro y resolver	Analógicos
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformador diferencial	Analógico
	Galga extensiométrica	Analógico
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacométrica	Analógico
	Encoders	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digitales
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Sensor de velocidad	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta	Analógicos
Presión	Membrana + detector de desplazamiento	Analógicos
Caudal	De turbina	Analógico
	Magnético	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PT100	Analógico
	Resistencias NTC	Analógico
	Resistencia PTC	Todo-nada
	Biometálicos	Todo-nada
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo-nada o analógicos
	Capacitivos	Todo-nada
	Ópticos	Todo-nada o analógicos
	Ultrasónicos	Analógicos
Sensores táctiles	Matriz de contactos	Todo-nada
	Matriz capacitiva piezoeléctrica u óptica	Todo-nada
	Piel artificial	Analógicos
Sistemas de visión artificial	Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento digital por puntos o pixels
	Cámaras CCD	

Tabla 1.2 Captadores de diversas magnitudes físicas.

### 1.2.2.2 Actuadores.

El actuador o accionamiento es aquel dispositivo que se encarga de regular la potencia de una planta o de un automatismo, este puede estar bajo el control directo de la parte de mando o puede requerir algún preaccionamiento para amplificar la señal de mando.

La gama de posibles accionamientos [referencia 1-5] que puede controlar un autómata programable es enormemente extensa y variada, entre los mas habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores corriente continua, corriente alterna y cilindros), los destinados a trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.). Se puede establecer una clasificación atendiendo a la tecnología o, si se quiere, dependiendo del tipo de energía empleada en el accionamiento. Según esto podemos distinguir los siguientes:

- Accionamientos eléctricos. Utiliza como fuente de energía, la eléctrica y toman muy diferentes formas como son: válvulas eléctricas, motores eléctricos de velocidad variable, motores de velocidad fija, resistencias de calentamiento, cabezas de soldadura, cabeza de corte por láser. Los motores eléctricos son adecuados para movimientos angulares y en el control de velocidad de ejes.
- Accionamientos hidráulicos. Sólo se utilizan cuando los esfuerzos a desarrollar son muy importantes (prensas de corte) o cuando velocidades lentas deben ser controladas con precisión. Dentro de este tipo de accionadores tenemos: los cilindros y motores hidráulicos.
- Accionadores neumáticos. Utilizan como fuente de energía el aire comprimido. El aire comprimido se obtiene por medio de un grupo compresor, y luego se distribuye por la fábrica a las máquinas que lo utilicen. Los accionadores neumáticos son principalmente cilindros, los cuales, son adecuados para aplicarlos en movimientos lineales cortos que se producen, por ejemplo, en operaciones de transferencia, ensamblajes, aprietes, marcados.
- Accionamientos térmicos.

#### *Preaccionadores.*

Son dispositivos utilizados para comandar y activar los accionadores, entre los cuales tenemos: 1) Preaccionamientos eléctricos: reles, contactores, variadores de velocidad; 2) Preaccionamientos hidráulicos: electroválvulas y servoválvulas; 3) Preaccionamientos Neumáticos: distribuidores asociados a los cilindros, reciben una señal neumática o una señal eléctrica como mando.

### 1.2.3 LENGUAJES DE PROGRAMACION Y METODOS GRAFICOS.

Varios son los lenguajes o sistemas de programación [referencia 1-3] posibles en los autómatas programables, aunque su utilización no se puede dar en todos los autómatas; es por esto que cada fabricante indica en las características generales de su equipo el lenguaje o los lenguajes con los que puede operar. A continuación se muestra cada uno de los lenguajes y su respectiva representación gráfica, como sigue:

#### Lista de instrucciones (Nemónico o Booleano).

Es un lenguaje en el cual cada instrucción se basa en las definiciones del álgebra de Boole o álgebra lógica, como se muestra en la figura 1.10. También vale mencionar, que este tipo de lenguaje es, en algunos casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente. A excepción del nemónico los demás lenguajes poseen su representación grafica.

```
000 LD    %I0.1  Bp. inicio ciclo
      AND   %I0.0  Dp. presencia vehiculo
      AND   %M3    Bit autorizacion reloj calendario
      AND   %I0.5  Fc. alto rodillo
      AND   %I0.4  Fc. detrás pórtico
005 S     %M0     Memo inicio ciclo
      LD    %M2
      AND   %I0.5
      OR    %I0.2  Bp. parada ciclo
      R     %M0
010 LD    %M0
      ST   %Q0.0  Piloto ciclo
```

Figura 1.10 Programa lógico en lista de instrucciones.

#### Diagrama de contactos (Ladder).

La mayoría de los fabricantes incorporan este lenguaje, ello es debido a la semejanza con los esquemas de relés utilizados en los automatismos eléctricos de lógica cableada, lo que facilita la labor a los técnicos habituados a trabajar con dichos automatismos, como se muestra en la figura 1.11.

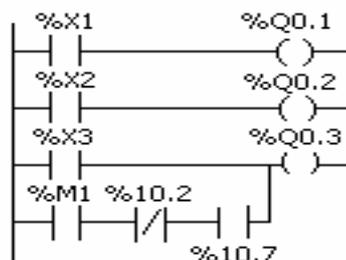


Figura 1.11 Método grafico mediante diagrama de contactos.

### Plano de Funciones.

El plano de funciones lógicas mostrado en la figura 1.12, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

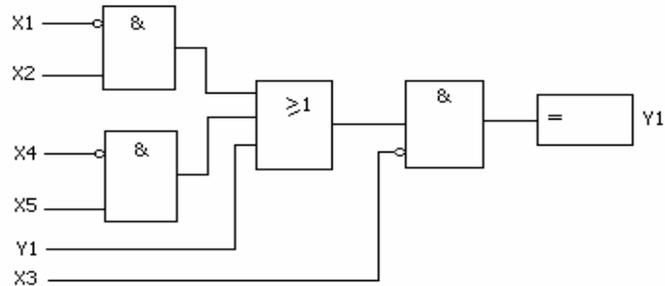


Figura 1.12 Método gráfico mediante plano de funciones.

### Grafcet.

El cual ha sido llamado Gráfico de Orden Etapa Transición. Especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Es un método por el cual se describen en una forma grafica perfectamente inteligible las especificaciones de cualquier automatismo, como se muestra en la figura 1.13.

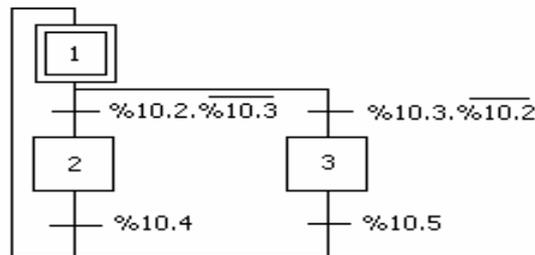


Figura 1.13 Método gráfico mediante GRAFCET.

### Organigrama.

También llamado ordinograma. Es un sistema de representación que se basa en una serie de figuras geométricas como se muestra en la figura 1.14, utilizadas como símbolos, unidas por líneas y que tiene como misión mostrar gráficamente un proceso.



Figura 1.14 Símbolos utilizados en organigrama.

#### 1.2.4 EL CABLEADO.

En los primeros autómatas el cableado [referencia 1-6] se hacia hilo a hilo directamente a los borneros de los módulos de entrada-salida del autómata programable. En la actualidad existen otras opciones como son los sistemas de precableado, las entradas salidas distribuidas y los buses de campo, es decir, actualmente las opciones son muy variadas.

##### Cableado Clásico.

Los captadores son cableados hilo a hilo a las entradas del autómata con conexión por bornero de tornillos. Las salidas son cableadas a los preaccionadores, las cuales se suelen encontrar en el propio armario del autómata o en uno contiguo, finalmente, del armario salen los cables de potencia hacia los accionadores de la maquina. Los problemas con este tipo de cableado son los siguientes:

- 1) Posible excesiva longitud de cable desde los captadores hasta el armario del autómata,
- 2) Los cables de potencia salen del armario del autómata y deben llegar hasta el accionador, con las posibles caídas de tensión.
- 3) Un problema añadido consiste en los ruidos que inducen estos cables de potencia en los cables de señal de los captadores.

##### Sistemas de Precableado.

En el mercado existen autómatas de pequeño formato pero que admiten módulos de alta densidad de hasta 64 entradas – salidas. El pequeño tamaño de los módulos obliga a disponer de un sistema de cableado distinto al bornero de tornillos. Estos módulos disponen de una serie de conectores donde se enchufan unos cables de conexión que en el otro extremo se conectan a unas bases de precableado a tornillo donde se pueden conectar los cables de captadores y preaccionadores. Los cables que unen las bases de precableado con los módulos del autómata son realmente una manguera de cables, por tanto, las bases de precableado funcionan como borneros de los módulos de entrada-salida del autómata, de esta forma autómatas de pequeñas dimensiones pueden tener un gran número de entradas/salidas, es decir, el cableado no se hace directamente en el módulo sino en la base de conexión.

Las bases de precableado deben estar en el propio armario del autómatas dado que los cables de conexión como máximo miden 3 metros.

Ventajas y Desventajas:

Mediante las bases de precableado un autómatas de pequeño formato puede llegar a tener un gran número de entradas/salidas, por otra parte, la mejora solo es visible a nivel interno en el armario donde se encuentra el autómatas. A diferencia, externamente el cableado es igual de complicado que el cableado clásico, es decir, se tienen demasiados cables, dan mas posibilidades de error en la puesta en marcha y existen demasiados tornillos que apretar.

#### Entradas/Salidas Distribuidas.

En las instalaciones automatizadas puede existir una gran distancia entre la situación de los captadores y accionadores y el armario donde se encuentra el autómatas programable, esto supone una gran cantidad de cable y de mangueras de cable. Una solución que se adopta son las entradas-salidas distribuidas, por tanto, el autómatas programable mediante un módulo de comunicaciones se comunica con módulos de entradas-salidas digitales distribuidos por la instalación.

Los módulos de entrada/salida distantes se dispondrán en armarios más cercanos a la zona que controlan, incluso si es posible, en la propia estructura o chasis de la máquina, por tanto, se consigue que los cables de los captadores sean mucho más cortos, además se debe tener en cuenta que al distribuir también las salidas, los preaccionadores podrán estar más cerca de la máquina en el armario donde se encuentra el módulo distante o en la propia máquina, por ello, los cables de potencia serán mucho más cortos evitando las caídas de tensión y disminuyendo las posibles perturbaciones en los cables de señal.

El cableado, al ser más cercano a la máquina, es más sencillo de realizar, así como de comprobar su buen funcionamiento, por otro lado, al autómatas principal solo le llega un cable de comunicación con los módulos de entrada/salida distantes.

Ventajas y Desventajas:

Hacia al autómata programable sólo llega una cable de red, simplificando la instalación industrial, además, ahorro en longitud de cable y ahorro en tiempo de instalación, y las pruebas del cableado son más sencillas dado que los cables tienen menor longitud, por otra parte, el cableado de captadores y accionadores a nivel local sigue siendo igual de complicado que en el cableado clásico.

### Bus de Campo.

A finales de los ochenta y sobre todo en los noventa aparecen en el mercado, el Bus de Campo, el cual cambia radicalmente el sistema de comunicación entre captadores y accionadores y la Unidad de Control (Autómata o PC), es decir, mediante un solo cable de comunicación serie el Autómata se conecta a estos dispositivos; pero no solamente se comunica con los captadores clásicos "todo o nada" y Analógicos, sino también con los denominados genéricamente dispositivos inteligentes, estos dispositivos pueden ser: variadores de velocidad, controladores de robots, arrancadores, reguladores PID, terminales de visualización, sistemas de identificación e incluso autómatas programables, computadores industriales y sistemas de programación y configuración.

En el cableado clásico para que el autómata trabaje con dispositivos inteligentes como variadores de velocidad se tiene que cablear varias entradas digitales, varias entradas analógicas, una salida analógica y varias salidas digitales, todo esto solamente con un variador de velocidad, por otro lado, los buses de campo permiten el cableado de dispositivos inteligentes mediante un solo cable de comunicación, además, las modificaciones y ampliaciones de las instalaciones se pueden realizar fácilmente sólo con ampliar el cable del bus y conectar los nuevos componentes.

Actualmente, el bus de campo constituye el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales. Está basado en procesadores simples y utiliza un protocolo mínimo para gestionar el enlace entre dispositivos. La característica básica para que una red de comunicación pueda denominarse propiamente bus de campo es que permita intercambiar órdenes y datos entre productos de un mismo o de distintos fabricantes a través de un protocolo reconocido por cada uno de los nodos.

## 1.2.5 SOFTWARE SCADA.

### 1.2.5.1 Definición del Sistema SCADA<sup>2</sup>.

Un sistema SCADA esta basado en computadores que permiten supervisar y controlar a distancia una instalación, proceso o sistema. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles. En la tabla 1.3 [referencia 1-7] se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los Sistemas de Control Distribuido (DCS), los cuales son sistemas muy utilizados actualmente.

ASPECTO	SCADA	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN <sup>3</sup> , WAN <sup>4</sup> .	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA

Tabla 1.3 Algunas diferencias típicas entre sistemas SCADA y DCS.

<sup>2</sup> SCADA significa "Control Supervisorio y Adquisición de Datos".

<sup>3</sup> LAN (Red de Área Local): Red local que comunica varios terminales, por lo general a corta distancia (del orden de 1 Km.).

<sup>4</sup> WAN (Red de Área Amplia): Red de área amplia, que comunica terminales alejados, generalmente a través de líneas telefónicas o enlaces de uso público.

El flujo de la información en los sistemas SCADA es como se describe a continuación: el fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir, dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo de potencia, intensidad de corriente, voltaje, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica, para ello, se utilizan los sensores o transductores.

Los sensores o transductores convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital, para ello, se utilizan acondicionadores de señal, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje, además, provee aislamiento eléctrico y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de transientes y ruidos originados en el campo.

Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de conversión de datos, generalmente esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital, luego, la computadora (PC) almacena esta información, la cual es utilizada para su análisis y para la toma de decisiones. Simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema, en tiempo real, basado en la información, el operador puede tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso, por tanto, el operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica, esta señal es procesada por una salida de control, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la transforma de escala para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc.

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características: a) El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto, b) El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad, c) La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en

el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real, d) La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas, e) Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, etc., f) La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

Por otro lado, dentro de las ventajas y desventajas de un sistema SCADA con respecto a los métodos de control:

Ventajas:

- ✓ No se requiere de personal para realizar labores de lectura de medidores ya que estos son leídos y enviados a terminales a través de la red.
- ✓ Es mucho más confiable que los sistemas tradicionales.
- ✓ Sistemas de bajo costo de mantenimiento.
- ✓ Sistema más rápido de medición.

Desventajas:

- ✓ Se requiere de una red confiable ya que no se podrá realizar las mediciones en caso de no contar con la red.
- ✓ Altos costos iniciales ya que hay que adquirir equipos e implantar la solución.
- ✓ Se requiere además realizar gastos en conexión a la red de datos.

#### 1.2.5.2 Funciones de un sistema SCADA.

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

1. Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
2. Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.

3. Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideran normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
4. Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

Por otra parte, un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones: a) Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias, b) Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo, c) Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones, d) Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Finalmente, un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- 1) Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes,
- 2) Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión),
- 3) Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

#### 1.2.5.3 Módulos de un SCADA.

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- ✓ Configuración: Permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.

- ✓ Interfaz grafica del operador: Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- ✓ Modulo de proceso: Ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- ✓ Gestión y archivo de datos: Se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- ✓ Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

#### 1.2.6 LAS COMUNICACIONES DIGITALES.

Actualmente todavía existen lo que los expertos han convenido en llamar "islas automatizadas", es decir, varias partes automatizadas controladas por equipos basados en microprocesador ( $\mu$ P), pero completamente independientes entre sí. La comunicación entre ellas, si bien es técnicamente posible, no se lleva a cabo en algunos casos por la diversidad de medios físicos y protocolos empleados y, en definitiva, por la falta de compatibilidad entre los códigos y los lenguajes de cada una de estas partes.

Lo deseable y la tendencia actual, es enlazar estas islas a través de sistemas de comunicación que permitan el trasvase de datos entre ellas y que sean lo suficientemente abiertos para poder enlazar los autómatas programables, controles numéricos, estaciones robotizadas, etc., con otros miniordenadores o "host" y a través de ellos poder acceder incluso a redes de comunicación de más altas prestaciones. Las prestaciones globales de un proceso o sistema automatizado con autómatas programables y otros sistemas de control digitales, pueden verse enormemente aumentadas si se comunican con otros sistemas de captación y presentación de datos o incluso con ordenadores de proceso y gestión. Las ventajas de enlazar todos estos sistemas son esencialmente las siguientes: 1) Posibilidad de intercambio de información entre automatismos que controlan fases sucesivas de un mismo proceso global, 2) Facilidad de comunicación hombre-máquina, a base de terminales inteligentes que

permiten programar u observar el proceso en términos de lenguaje muy próximo al humano. El sistema admite la observación y la intervención del operador humano en forma interactiva a través de un terminal de teclado y pantalla, 3) Adquisición de datos de sensores y procesamiento de los mismos con vistas a control de calidad, gestión, estadística u otros propósitos, 4) Facilidad de cambios para adaptarse a la evolución y a la diversificación de los productos, esto permite la creación de las denominadas "células flexibles", 5) Posibilidad de lenguajes de alto nivel, que permitan tratar bajo un mismo entorno todas y cada una de las islas automatizadas.

El tema de las comunicaciones a desarrollar se limitara al estudio de las estructuras típicas de redes LAN, especificando detalles como la normalización de redes y sus respectivos niveles, topologías básicas y los enlaces estándar existentes para el nivel físico.

#### 1.2.6.1 Normalización: Modelo de Referencia OSI [referencia 1-5].

El mundo de las comunicaciones abarca una amplia gama de productos y servicios en la que el área industrial es sólo una pequeña parte; para que sea posible la integración en una misma red de distintos sistemas digitales, con funciones muy diversas y peculiaridades propias, es preciso que todos ellos estén construidos bajo unos ciertos criterios de normalización. Las normas provenientes de esta normalización sólo pueden consistir en una serie de reglas marco, de aceptación general, suficientemente abiertas para dar cabida a todas las aplicaciones actuales y prever la integración de otras en el futuro. El organismo más sobresaliente en la normalización y que ha conseguido una mayor aceptación internacional en lo concerniente al tema de las redes de comunicación digitales es la ISO (Organización Internacional de Normalización). Este organismo ha desarrollado la norma marco más general, denominada modelo OSI (Sistema Abierto de Interconexión), pensada para abarcar desde redes locales hasta las grandes redes de paquetes conmutados. Las recomendaciones OSI no son, en realidad, normas concretas, sino más bien unas reglas genéricas, cuyo mayor mérito ha sido el de subdividir el conjunto de tareas de comunicación en siete niveles, asignando a cada uno ciertas funciones. A continuación se presenta las tareas asignadas a cada uno de los niveles OSI:

NIVEL 7: APLICACIÓN. Este nivel se encarga de proporcionar un entorno que facilite el entendimiento entre usuarios de distintas máquinas digitales a nivel temático, sin importarle medios ni protocolos de comunicación.

NIVEL 6: PRESENTACION. Se encarga de facilitar la comunicación, a nivel de lenguaje y formato de presentación, entre el usuario y la máquina digital que le va a permitir el acceso a la red.

NIVEL 5: SESION. En un dialogo interactivo, las tareas encargadas a este nivel consisten en controlar la comunicación, arbitrando en cada instante quién debe transmitir y quién debe recibir. En particular, se encarga también de señalar el inicio y el final de la comunicación.

NIVEL 4: TRANSPORTE. Este nivel es el responsable de establecer un medio de comunicación y garantizar la transferencia de información sin errores en ambos sentidos. Apoyándose en los niveles inferiores, actúa como un gestor capaz de interpretar las direcciones, fraccionar, si es preciso, los paquetes muy largos y llevar los mensajes a su destino correcto, sin precisar cuál va ser la ruta o los medios utilizados para ello.

NIVEL 3: RED. Este nivel es el responsable real del encaminamiento de mensajes entre nodo y nodo, a través de un medio físico, sin importarle cuál sea dicho medio ni el contenido del mensaje. En el caso de comunicaciones digitales el medio podrá ser, por ejemplo, cable, radio, fibra óptica, etc.

NIVEL 2: ENLACE. El nivel de enlace es el responsable de mantener la comunicación entre cada par de nodos de la red, apoyándose para ello en un medio físico de conexión.

NIVEL 1: FISICO. El nivel físico se encarga de disponer de los medios materiales que garantizan el enlace entre nodos (cables, fibra óptica, módems, etc.) y de que ambos se entiendan a nivel de interpretar los unos y ceros de la comunicación digital (codificación de bits por niveles de tensión, por tonos de frecuencia, etc...).

### 1.2.6.2 Topologías Básicas de Redes Locales.

Las topologías básicas [referencia 1-5] en redes locales son tres: estrella, anillo y bus. A continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellas, como sigue:

**ESTRELLA:** En esta topología, todas las estaciones están conectadas a un nodo central, que sirve de punto de enlace con todos los nodos periféricos, por tanto, por el nodo central pasan todos los datos, incluso aquellos que se intercambian entre estaciones periféricas. Es frecuente, además, que la estación central esté configurada como maestra, por lo que deberá tener una potencia de procesamiento y de comunicación superior a las demás y, normalmente, centralizará las funciones de gestión, comunicación con operador y/o otros sistemas, concentrando periféricos compartidos por el resto de la red (impresoras, consolas, etc.). La principal ventaja de la configuración en estrella es la facilidad de añadir nuevos periféricos y el hecho de que una avería en un nodo periférico sólo afecta al tráfico con éste, por otro lado, presenta varios inconvenientes: El primero y más importante es que cualquier fallo en el nodo central causa la parada total de la red, entonces la fiabilidad del conjunto depende directamente de la estación central. En función de la estructura lógica puede presentar también el inconveniente de mayores retardos y congestión a medida que aumenta el número de estaciones soportadas por el nodo central.

**ANILLO:** En esta topología las estaciones están conectadas en forma de un lazo cerrado, por ello, cada estación tiene conexión con otras dos y los datos circulan en una única dirección, de forma que cada estación recoge los datos de la anterior, comprueba si es ella la destinataria y, en caso contrario, los retransmite a la siguiente estación; dado que la información circula por todas las estaciones sucesivamente, la fiabilidad y velocidad de la red queda condicionada por la peor de las estaciones que la forman y la interrupción de una de las estaciones interrumpe totalmente la red. Una red en anillo puede en principio crecer indefinidamente, aunque la inclusión de cada nueva estación provoca una pérdida de velocidad, debida al retraso adicional que está introduce, este hecho puede llegar a afectar al funcionamiento del conjunto.

**BUS:** En esta topología las estaciones están unidas entre sí a través de unas líneas comunes compartidas por todos los nodos. Esta disposición física plantea un problema lógico, puesto que el bus es único y sólo uno de los terminales podrá ocuparlo para transmitir. La configuración en bus es la más utilizada en redes de autómatas y ofrece, en principio, la máxima fiabilidad y flexibilidad en cuanto a añadir o eliminar nuevos terminales. En la práctica esto no puede ser del todo cierto si la estructura lógica confiere alguna prioridad a alguna de las estaciones en el control del bus (tal es el caso de los buses que funcionan con estructuras lógicas del tipo maestro-esclavo o anillo lógico). Sin embargo, puede hacerse que todos los terminales tengan idéntica prioridad y prestaciones (maestro flotante), con lo que el sistema adquiere la máxima flexibilidad. La capacidad del bus en cuanto a máximo número de estaciones depende del medio físico. A partir de un cierto número será necesario incluir amplificadores que mantengan el nivel de las señales en el bus.

La tabla 1.4 [referencia 1-5] muestra un cuadro comparativo de las prestaciones de las tres configuraciones básicas:

<b>TOPOLOGIA</b>	<b>ESTRELLA</b>	<b>ANILLO</b>	<b>BUS</b>
Coste de conexión	Alto	Medio	Bajo
Ampliación	Fácil	Difícil	Fácil
Fiabilidad	Baja	Media	Alta
Retardos	Medio	Alto	Bajo
Rendimiento global	Bajo	Medio	Alto

Tabla 1.4 Cuadro comparativo de prestaciones de las topologías.

### 1.2.6.3 Nivel Físico de una Red [referencia 1-5].

Consiste en el conjunto de elementos de hardware destinados a transmitir las señales eléctricas u ópticas entre los diversos nodos de una red. El medio físico lo forman esencialmente dos grupos de componentes: 1) Los medios físicos de unión, que básicamente puede ser de tres tipos: cables eléctricos, fibra óptica y enlaces vía radio;

2) Las interfaces son dispositivos con diversas funciones, tales como amplificación de señal, repetidores, adaptadores de niveles de tensión, adaptadores de código, etc. Las interfaces más frecuentes en las redes locales suelen ser los conversores de señal unipolar a diferencial o viceversa (por ejemplo, los conversores de RS-232 a RS-485 o RS-422), los moduladores y demoduladores (módems) y los transmisores-receptores vía radio.

Una de las características esenciales del medio físico es el número de canales que es capaz de transmitir con el mismo medio físico, para ello, cabe distinguir dos tipos de enlace: banda base y banda ancha. En los enlaces por banda base se transmiten directamente los datos mediante señales de forma de onda cuadrada o, en caso de ser modulada, se transmite con una única portadora, de forma que cada cable es capaz de transmitir sólo una señal, en cambio, en los enlaces por banda ancha, todas las señales van moduladas, pero cada una con una portadora de distinta frecuencia, lo cual permite transmitir por un único cable o fibra óptica varias líneas de datos simultáneamente, cada una de ellas en un rango de frecuencias distinto, esto último, permite transmitir por ejemplo, datos y voz, o datos e imágenes por un mismo cable. A continuación se detalla el funcionamiento de cada uno de los medios físicos de unión, como sigue:

Cables. Los cables empleados en la comunicación digital podemos clasificarlos en dos grandes grupos: pares de conductores trenzados y cables coaxiales. Tanto los pares de cables como los cables coaxiales deben ser considerados para altas frecuencias como líneas de transmisión, tal como se muestra en la figura 1.15.

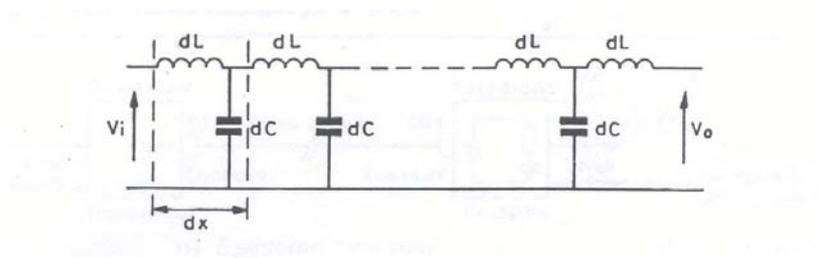


Figura 1.15 Par de cables considerado como línea de transmisión.

Enlaces por fibra óptica. Esta alternativa es una de las formas más eficientes de evitar las interferencias por ruido eléctrico en las comunicaciones. Los cables de fibra óptica contienen, en general, varios conductores ópticos.

Cada conductor suele tener una sección muy pequeña (del diámetro de un cabello) y está formado por un núcleo, generalmente de cuarzo o de material plástico sintético. Los índices de refracción del núcleo suelen ser del orden de 1,5, lo cual indica que la velocidad de la luz en su interior es del orden de 200,000 km/s. Las fibras ópticas se excitan mediante diodos láser, con luz en el espectro del infrarrojo (longitudes del orden de  $1\mu\text{m}$ ). Al final de línea se coloca otro diodo receptor que recompone las señales eléctricas. El esquema funcional en su aspecto físico se representa en la figura 1.16.

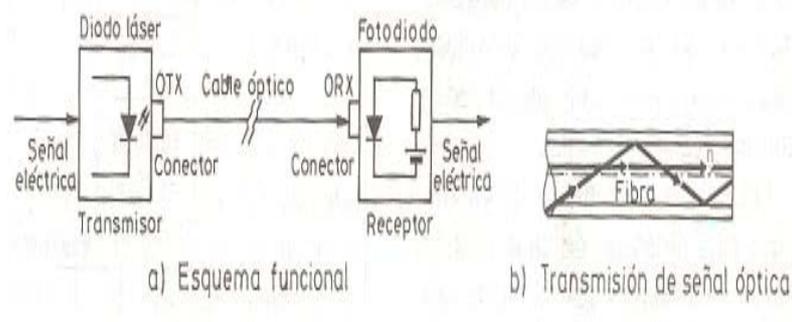


Figura 1.16 Enlace mediante fibra óptica.

Modems telefónicos y vía radio. Para transmisión de señales de proceso a distancias muy grandes se pueden conectar estaciones a la red a través de módems unidos a líneas telefónicas o mediante estaciones de radio, como se puede observar en la figura 1.17. Desde el punto de vista físico, estos sistemas representan sólo una interfaz en la vía de comunicación, cada estación remota se conecta a un modem, en general a través de un canal RS-232, el modem remoto transmite por vía telefónica o vía radio a otro modem al otro extremo de la línea, el cual recompone las señales RS-232. Desde el punto de vista del usuario, esta conexión permite tratar el dispositivo remoto como cualquier otro dispositivo que tenga una salida RS-232 próxima, por tanto, se dice que la unión es "transparente" desde el punto de vista físico y lógico, aunque la estación se encuentre físicamente alejada. Tanto en la red principal como en las remotas, si existen, los módems de enlace suelen comunicarse con una estación y casi nunca directamente al bus, de hecho, los módems suelen trabajar con conexiones punto a punto de tipo RS-232 y la estación suele realizar el papel de convertidor de RS-232 a RS-485, RS-422 u otros medios físicos. Los enlaces por radio se suelen emplear para distancias de unos 10 a 15 Km. como máximo.

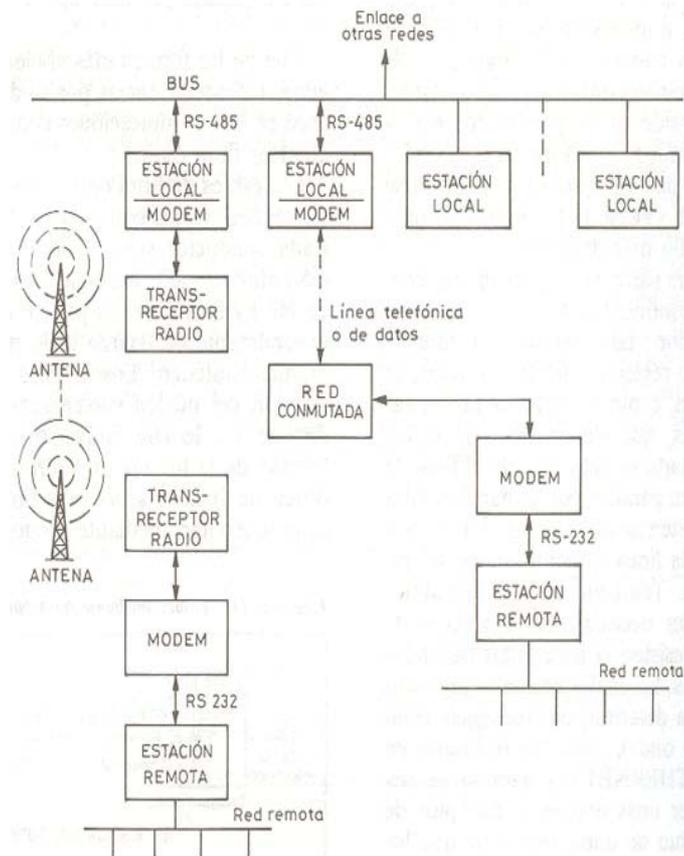


Figura 1.17 Red con enlaces vía telefónico y vía radio.

#### 1.2.6.4 Enlaces Estándar: Nivel Físico.

Atendiendo al número de líneas del medio físico [referencia 1-5] podemos establecer una clasificación muy general en dos categorías: a) Enlaces que contienen líneas de datos y líneas de control y eventualmente una línea de cero de señal. El caso más típico es el enlace RS-232; y b) Enlaces XON-XOFF, en los que existen sólo líneas de cero de señal. Los casos más típicos son los enlaces RS-422 y RS-485. Otro aspecto que permite clasificarlos es el hecho de que las señales sean unipolares como es el caso del RS-232 o diferenciales como es el caso del RS-422 y RS-485.

#### RS-232C, V.24.

El enlace RS-232C, recibe su nombre de la norma americana EIA (Asociación Eléctrica de las Industrias), equivalente al estándar europeo V.24 de CCITT<sup>5</sup>. Este estándar fue previsto en un principio para la comunicación entre un terminal (DTE<sup>6</sup>) y un modem

<sup>5</sup> CCITT significa: Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico.

<sup>6</sup> DTE: Equipo que dispone al menos de un canal para transmitir y/o recibir información digital. En lo que sigue le llamaremos simplemente terminal o DTE.

(DCE<sup>7</sup>) pero, posteriormente, han surgido una multitud de variantes, aplicadas de forma generalizada a enlaces punto a punto entre terminales de datos DTE ↔ DTE. La norma básica se ocupa, esencialmente, del aspecto físico de la conexión, indicando los tipos de conectores, niveles de señal y las señales de protocolo a nivel de hardware (señales de "handshaking"<sup>8</sup>). En concreto, el enlace definido por la norma básica utiliza 25 líneas (datos + control) y conectores DB-25.

Aunque no todos los aspectos que propone la norma están siendo utilizados en el ámbito industrial, los aspectos básicos de la misma han sido adoptados para los enlaces entre terminales industriales, autómatas y ordenadores personales (PC). En dichas aplicaciones, no suelen emplearse todas las señales previstas por la norma original y, por ello, muchos utilizan un conector de 9 patillas, tipo DB-9, en lugar del conector DB-25. En la figura 1.18 se indica la configuración de los distintos tipos de conectores y las patillas que ocupan cada una de las señales, tanto en el caso del conector DB-25 previsto en la norma original para el enlace terminal-modem, como en el DB-9 previsto como canal serie en muchos PC y autómatas.

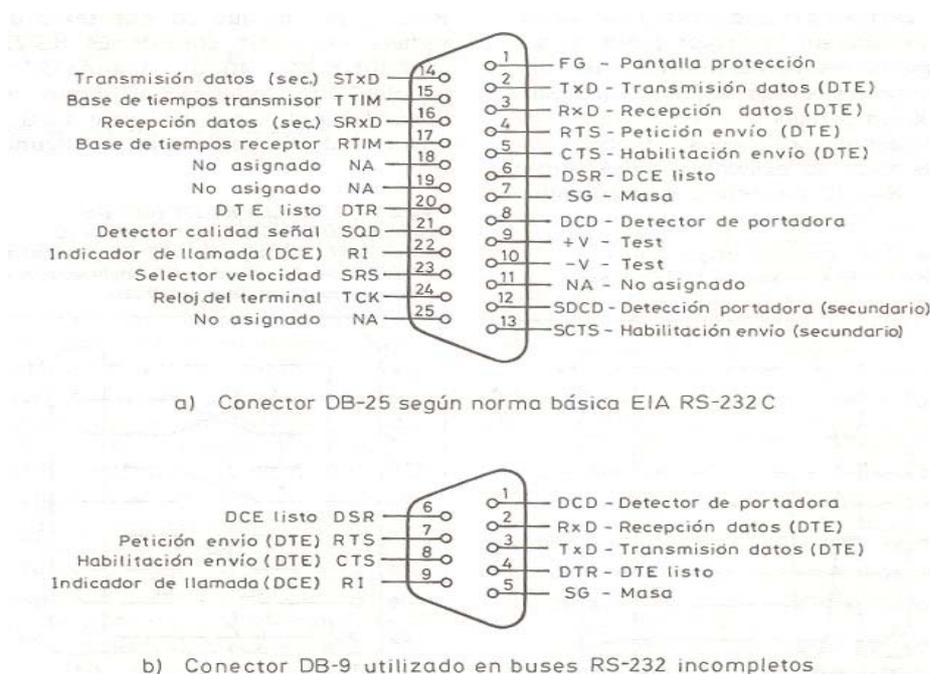


Figura 1.18 Conectores empleados en la conexión RS-232C.

<sup>7</sup> DCE: Equipo previsto para transmitir y recibir información digital a distancia, generalmente por vía telefónica o vía radio. El DCE suele utilizar una onda portadora modulada en frecuencia para transmitir la información, por lo que se llama genéricamente MODEM (Modulador-Demodulador).

<sup>8</sup> Las señales de "handshaking" son parte fundamental de los enlaces RS-232 y consisten en señales de control por hardware, las cuales son: RTS, CTS, DSR, DTR, DCD, RI. En la Tabla 5 de este documento se presentan cada una de ellas con su respectivo funcionamiento.

En la tabla 1.5 [referencia 1-5] se indican los nombres y símbolos habituales de las señales de E/S más importantes del bus y se especifica, además, la patilla que ocupan en los conectores DB-25 y DB-9, según se trate de un terminal (DTE) o de un modem (DCE).

SEÑAL	Nº PATILLA			FUNCION
	DTE		DCE	
	DB-25	DB-9		
FG	1	-	1	Pantalla de protección de ruidos EMI
TxD	2	3	2	Datos DTE (transmite)→DCE(recibe)
RxD	3	2	3	Datos DTE (recibe)←DCE(transmite)
RTS	4	7	4	DTE (petición de envío)→DCE
CTS	5	8	5	DTE (habilitación de transmisor)←DCE
DSR	6	6	6	Modem listo DTE ← DCE
DTR	20	4	20	Terminal listo DTE → DCE
DCD	8	1	8	Detección de portadora modem DTE←DCE
RI	22	9	22	Detección de llamada telefónica DTE←DCE
SG	7	5	7	Cero de señal, masa

Tabla 1.5 Señales y patillas de conector del bus RS-232C.

#### BUCLE DE CORRIENTE, TTY.

La distancia de conexión entre terminales con un enlace RS-232C está limitada a causa del ruido electromagnético, según la norma la distancia no debe sobrepasar los 15 metros, aunque en la práctica suele funcionar correctamente para distancias de hasta unos 100 metros, sin embargo, para mejorar este aspecto se puede utilizar la conexión serie denominada en bucle de corriente 0-20 mA, llamada también TTY, que permite comunicaciones punto a punto<sup>9</sup> o multipunto<sup>10</sup> hasta unos 1200m, con velocidades hasta 9600 baudios<sup>11</sup>, empleando dos pares trenzados para un enlace dúplex<sup>12</sup> de tipo XON-XOFF<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> CONEXIÓN PUNTO A PUNTO: Conexión en la que intervienen sólo dos terminales o sistemas digitales, uno a cada extremo de la línea de comunicación.

<sup>10</sup> CONEXIÓN MULTIPUNTO: Conexión de más de dos terminales o sistemas digitales a través de una misma línea o bus.

<sup>11</sup> BAUDIO: Unidad de medida utilizada en comunicaciones. Velocidad de señalización de una línea. Es la velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se realiza por segundo.

<sup>12</sup> ENLACE FULL DUPLEX: Comunicación entre dos terminales, con posibilidad de flujo simultáneo de datos en ambos sentidos (transmisión y recepción al mismo tiempo). Lógicamente requiere líneas independientes para transmisión y recepción.

<sup>13</sup> El enlace de tipo XON-XOFF no dispone de líneas específicas para transmitir señales de control, solo utiliza líneas de datos (T+, T-, R+, R-).

En los enlaces por bucle de corriente las señales se transmiten por impulsos de corriente a través de pares de cables, generalmente, se emplean señales de 20mA para representar el nivel lógico 1, mientras que la ausencia de corriente se interpreta como nivel lógico 0. Este tipo de enlace goza de cierta popularidad en las comunicaciones industriales, puesto que presenta excelentes prestaciones en ambientes altamente perturbados. En la tabla 1.6 [referencia 1-5] se muestra la designación de las patillas de señal, indicando brevemente su función.

SEÑAL	FUNCION
FG	Pantalla cable. Cero de protección
T+	Colector abierto del transmisor
T-	Emisor de transmisor
R+	Anodo del receptor
R-	Cátodo del receptor
+20mA	Fuente de corriente. Salida de 20mA. Puede haber una para T y una para R
SG	Cero de señal, masa

Tabla 1.6 Señales en un enlace por bucle de corriente 0-20mA (TTY).

#### RS-422.

El enlace RS-422 debe su nombre al medio físico definido por la norma EIA (Asociación Eléctrica de las Industrias) de igual designación y que hace referencia a transmisión de datos y señales de control mediante pares de señales diferenciales. Así pues, de forma análoga a lo que ocurre con la norma RS-232, la RS-422 no define cuáles deben ser las señales de control ni el protocolo de enlace y, por tanto, bajo la designación de RS-422 pueden encontrarse buses de distinta configuración, aunque hay que entender que todos ellos tienen características físicas (niveles de tensión y tipo de conexión) idénticas, por tanto, a pesar de la denominación de "bus", el estándar RS-422 define sólo un medio físico, no un protocolo.

En las aplicaciones industriales se designa como bus RS-422 al enlace físico previsto para la conexión punto a punto entre dos terminales, empleando para cada línea un par de señales diferenciales transmitidas a través de un par de cables trenzados, al igual que ocurría con la conexión en bucle de corriente, el objeto de esta configuración es obtener una buena inmunidad al ruido electromagnético. Las distancias y frecuencias generalmente admitidas en el bus van desde 1,200 a 1,500 m y 2,400 a 19,200 baudios, respectivamente, por tanto, son consideradas líneas de transmisión. A continuación se muestra en la figura 1.19 el enlace de este bus:

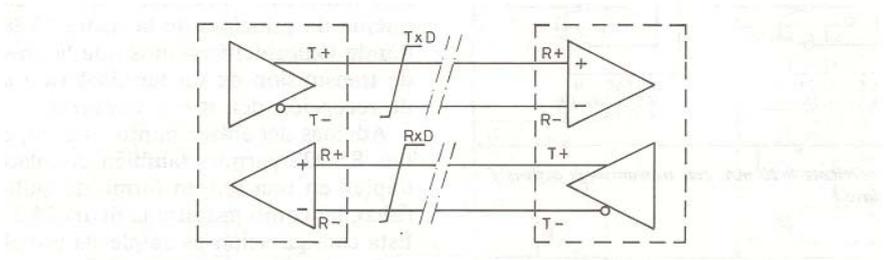


Figura 1.19 Enlace punto a punto RS-422.

El enlace RS-422 empleado en comunicaciones industriales está previsto, en general, para un enlace dúplex de tipo XON-XOFF, es decir, sin ninguna línea de control (de todas formas, no hay impedimento alguno en transmitir señales de control a través de pares diferenciales), por tanto, lo mas común en comunicaciones industriales es emplear sólo dos pares trenzados, uno para la línea de transmisión (TxD) y otro para la línea de recepción (RxD). En la tabla 1.7 [referencia 1-5] se muestra la designación de las patillas de señal, indicando brevemente su función.

SEÑAL	FUNCION
FG	Pantalla. Masa de protección
T <sub>x</sub> DA o T-	Salida invertida del transmisor
T <sub>x</sub> DB o T+	Salida no invertida del transmisor
R <sub>x</sub> DA o R-	Entrada inversora del receptor
R <sub>x</sub> DB o R+	Entrada no inversora del receptor

Tabla 1.7 Señales típicas en un enlace por bus RS-422.

RS-485.

El enlace RS-485 es, en realidad, una simplificación del enlace RS-422 empleando un único par trenzado para un enlace XON-XOFF, semidúplex<sup>14</sup>, por tanto, desde el punto de vista físico, el hecho de que el enlace sea semidúplex permite utilizar una sola línea de transmisión para transmitir y recibir los datos, aunque esto requiere un software de control de enlace (nivel OSI 2) que haga conmutar la línea según que el terminal deba transmitir o recibir datos. A continuación se muestra en la tabla 1.8 [referencia 1-5] las señales típicas en un enlace por bus RS-485, como sigue:

SEÑAL	FUNCION
FG	Pantalla. Masa de protección
DB o D+	Entrada/salida no invertida del transmisor-receptor
DA o D-	Entrada/salida invertida del transmisor-receptor

Tabla 1.8 Señales típicas en un enlace por bus RS-485.

Las características del enlace en cuanto a niveles lógicos, distancias máximas y velocidades de transmisión en enlaces punto a punto son análogas a las indicadas para el enlace RS-422. A continuación en la figura 1.20, se muestra la unión entre dos estaciones mediante el enlace punto a punto RS-485.

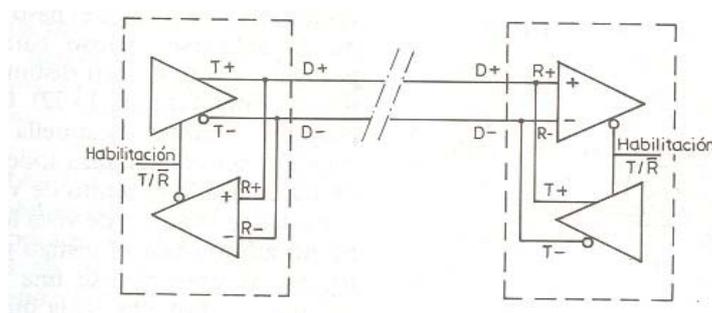


Figura 1.20 Enlace punto a punto RS-485.

<sup>14</sup> ENLACE HALF DÚPLEX: Comunicaciones entre dos terminales, que permiten flujo de datos en ambos sentidos, pero no simultáneamente, utilizando los mismos cables o medio físico.

## ETHERNET<sup>15</sup>.

Se considera tanto una técnica de comunicación como una red comercial diseñada por Xerox Corporation. Esta posee especificaciones que abarcan el nivel físico (OSI 1) y básicamente especifican las técnicas a emplear a nivel de enlace (OSI 2). Constituyen, por tanto, un núcleo casi completo en lo referente a redes locales, si bien con ciertas variantes a nivel físico. Las características estándar de la red son las siguientes:

- Medio físico estándar: Cable coaxial de 50Ω,
- Topología de la red: En bus o en árbol,
- Modo de transmisión: Semidúplex, banda base,
- Codificación: Manchester,
- Velocidad Estándar: 10Mbits/s,
- Método de acceso: CSMA/CD,
- Número máximo de nodos: 1024,
- Distancia máxima entre nodos: 500 m.

En el aspecto físico existen las siguientes variantes:

1) ETHERNET DE CABLE DELGADO. Esta variante se emplea para transmisiones a distancias más cortas (unos 200 m), con menor número de nodos y utiliza un cable y conectores más económicos.

2) ETHERNET DE BANDA ANCHA. Esta variante utiliza como enlace a la red un modem denominado DECOM y se emplea esencialmente para grandes distancias o incluso para conexión a redes WAN.

---

<sup>15</sup> Diseñada por Xerox Corporation y registrada posteriormente junto con Digital e Intel. Es compatible con el modelo OSI en los niveles 1, 2 y 3 (el último a través de puentes). Las velocidades van desde los 10Mbits/s a los 100 Mbits/s de Fast-Ethernet. Es uno de los estándares de red que mas rápido evolucionan.

## CAPÍTULO 2. ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ELECTROMECHANICOS EN HOSPITALES DE TERCER NIVEL DEL PAIS.

El presente estudio tiene como finalidad desarrollar una investigación ordenada que permita: 1) Discriminar los 2 sistemas electromecánicos más impactantes en los hospitales, y posteriormente, mediante criterios técnicos de decisión establecer el sistema electromecánico a aplicar las tecnologías de control y monitoreo, 2) Conocer la situación imperante de los hospitales respecto a las necesidades de soporte en los sistemas electromecánicos, y 3) Obtener características y hallazgos importantes relacionados con los sistemas electromecánicos propuestos; por tanto, esta fase se llevó a cabo de la siguiente manera:

### 2.1 METODOLOGÍA.

Con la finalidad de obtener información de calidad y que sirviera de punto de partida para la elaboración de un representativo estudio de los sistemas electromecánicos se estimo conveniente efectuar la investigación de campo considerando los criterios siguientes: a) Conocer la opinión de los Jefes de Mantenimiento respecto a los sistemas electromecánicos a evaluar y conocer aspectos relacionados con su respectivo departamento y hospital, y b) Considerar de igual importancia la información que pueda proporcionar el personal directamente relacionado con los sistemas electromecánicos en cuestión, es decir, el personal técnico. Se considero también conveniente efectuar esta fase de investigación de acuerdo al siguiente esquema:

2.1.1 SUJETO DE OBSERVACION
2.1.2 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS
2.1.3 PROCEDIMIENTO
2.1.4 PLAN DE ANALISIS

Los pasos mencionados anteriormente forman, en su conjunto, la metodología utilizada para la recolección, análisis y presentación de la información, la cual fue recabada en 5 hospitales<sup>1</sup> de tercer nivel del sistema de salud de nuestro país. A continuación se muestra el desarrollo de dichos pasos, los cuales describen el proceso en que se ha basado el desarrollo de este trabajo de investigación, como sigue:

---

<sup>1</sup> Tanto la muestra como la categoría de los hospitales fue establecida durante el anteproyecto.

### 2.1.1 Sujetos de Observación.

La investigación fue realizada en los 5 hospitales de tercer nivel siguientes: Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom, Hospital Nacional Rosales, Hospital Nacional de Neumología, Hospital Nacional de Maternidad y Hospital Nacional General y de Psiquiatría, los cuales son instituciones que pertenecen al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). Con la finalidad de identificar mejor a los sujetos de investigación, considerados para el estudio, se incluye una explicación de cada uno de ellos.

#### Jefes de Mantenimiento.

Los distintas técnicas para obtener información fueron aplicados en, su totalidad, a los Jefes del Departamento de Mantenimiento en los hospitales, por ser considerado el principal agente informante, por medio del cual se obtendrían datos fidedignos de la información a recopilar. Las razones por las cuales se escogió a dichas personas se detallan a continuación: 1) Poseen los conocimientos administrativos necesarios. Dichas personas poseen conocimiento de los costos que implica el mantenimiento de los distintos sistemas electromecánicos, así como también conocimiento de los costos que generan estos mismos en la utilización de los diferentes recursos que consume el hospital, 2) Poseen los conocimientos técnicos requeridos. Estas personas conocen el funcionamiento, componentes y características técnicas importantes de los diferentes sistemas electromecánicos utilizados en los distintos hospitales, y 3) Poseen la experiencia suficiente. Cuentan con el conocimiento de otros aspectos no menos importantes, como es el impacto que generan el paro imprevisto de los distintos sistemas electromecánicos, los procedimientos del departamento de Mantenimiento y el estado actual de los sistemas electromecánicos bajo estudio.

#### Técnicos de Mantenimiento.

En la última técnica de investigación llamada Visita Técnica, que se define posteriormente en esta metodología, también se tomó en cuenta la información que brindaron los Técnicos de Mantenimiento, por ser quienes tienen contacto directo con los sistemas analizados en los diferentes hospitales, y además poseen los conocimientos y bibliografía suficiente para obtener información relacionada con dichos sistemas.

### 2.1.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Básicamente, en este apartado se explican los instrumentos empleados para la recolección de la información, los cuales se enmarcan en técnicas de investigación cuantitativas y cualitativas.

1) Cuestionario. Ésta fue la base fundamental para la obtención de la discriminación de los 2 sistemas electromecánicos más impactantes de los hospitales en estudio, de acuerdo a los objetivos planteados en el anteproyecto. En el cuestionario, a diferencia de las otras preguntas, la pregunta N°1 únicamente solicitaba información acerca de los sistemas que actualmente posee cada hospital evaluado. El resto del cuestionario básicamente consistió en la realización de 12 preguntas en las cuales se solicitaba al encuestado una ponderación, del 0 a 10, para cada uno de los sistemas electromecánicos propuestos, sobre la base de los criterios técnicos siguientes: Recurso Económico y Paro Imprevisto. Por tanto, desde la pregunta N°2 hasta la pregunta N°12 se revisaba lo relativo al criterio técnico Recurso Económico, por otro lado, la última pregunta (N°13) estudiaba lo relacionado al criterio técnico Paro Imprevisto; cabe mencionar que ambos criterios también fueron establecidos en el anteproyecto. Las variables a medir en el cuestionario en cuanto al Recurso Económico fueron las siguientes: Presupuesto Anual, Energía Eléctrica, Agua Potable, Combustibles, Gases Médicos, Seguridad Industrial, Preservación del Medio Ambiente, Horas-Hombre, Hombre-Maquina, Horas Extras y Mantenimiento Preventivo. Por su parte, la variable a medir en el cuestionario en cuanto al Paro Imprevisto fue la siguiente: Impacto en el bienestar del paciente. Adicionalmente, se creó la columna "N/A" (No Aplica), en la que el encuestado podía señalar cuando un sistema electromecánico no tuviera relación con la variable en cuestión. Finalmente, se dejó un espacio destinado para observaciones generales por parte de los encuestados.

2) Entrevista. Ésta se basó en la formulación de 10 preguntas abiertas las cuales fueron realizadas a los Jefes de Mantenimiento de los hospitales. La información recopilada sirvió para conocer en general la situación actual del Departamento de Mantenimiento y los Hospitales, así como también, identificar algunas necesidades de soporte electromecánico en los sistemas electromecánicos propuestos. Las preguntas buscaron recopilar información general de aspectos como:

- El nivel de actualización del Departamento y el mantenimiento a los sistemas,
- Opinión sobre el uso consciente de los recursos en los hospitales,
- El nivel académico del personal que labora en el Departamento,
- Los recursos que son subutilizados en los sistemas electromecánicos,
- La existencia de propuestas de automatización para los sistemas, y
- La necesidad de brindar soporte electromecánico en los mismos.

3) Visita Técnica. Fue realizada en los sistemas electromecánicos de cada hospital y su respectiva presentación y análisis de resultados se basan en dar a conocer, por una parte aspectos como funcionamiento, componentes principales, variables de operación importantes y recursos que utilizan, y por otra, el nivel de automatización y algunas necesidades de soporte encontradas.

#### 2.1.3 Procedimiento.

En el apartado de procedimiento se detalla cuál fue la secuencia lógica seguida para obtener la información de la investigación. El proceso realizado fue el siguiente:

El primer paso consistió en enviar cartas dirigidas a los directores de las entidades hospitalarias con el fin de obtener el permiso de acceder a dichas instituciones y, a la vez, poder aplicar las técnicas de investigación a las personas consideradas para la investigación (jefes y técnicos de mantenimiento). Paralelamente, se procedió a la elaboración de la encuesta.

Una vez obtenido el permiso para acceder a las instalaciones de los hospitales, debido a la importancia de la encuesta, se procedió a someter a los encuestados a dicho instrumento [ver anexo 2-A] Esta reunión tomó aproximadamente 1 hora por cada encuestado. En el momento de llenar la encuesta se le solicitó a los encuestados leerla para aclarar dudas respecto a cada una de las preguntas. Además, se proporcionaron las observaciones del caso, con el fin de que tuvieran una mejor orientación.

A continuación se presentan los formatos utilizados para cada una de las preguntas en la encuesta, en la cual se encontraban contenidos los 10 sistemas electromecánicos propuestos. Cada pregunta incluía un espacio para observaciones, en el que el encuestado debía dar a conocer información adicional.

En la pregunta N° 1, el formato utilizado a llenar por el encuestado se muestra en la Tabla 2.1, como se muestra a continuación:

Iluminación		Calderas	
Aire Acondicionado		Sistema de Distribución de Vapor	
Planta de Emergencia		Sistema contra Incendios	
Sistema de Bombeo		Sistema de Gases Médicos	
Elevadores		Incinerador	

Tabla 2.1 Formato usado para identificar los sistemas electromecánicos por hospital.

En esta pregunta, únicamente se solicitaba al encuestado que marcara con una "X" los sistemas electromecánicos que poseía su hospital, la cual en su momento, permitió identificar que no todos los hospitales evaluados poseen los 10 sistemas electromecánicos bajo estudio.

Siguiendo con la encuesta, desde la pregunta N° 2 hasta la pregunta N° 13 el formato utilizado a llenar por el encuestado se muestra en la tabla 2.2, como sigue:

Sistema Electromecánico	Ponderación Asignada											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N/A
<b>Iluminación</b>												
<b>Aire Acondicionado</b>												
<b>Planta de Emergencia</b>												
<b>Sistema de Bombeo</b>												
<b>Elevadores</b>												
<b>Calderas</b>												
<b>Sistema de Distribución de Vapor</b>												
<b>Sistema Contra Incendios</b>												
<b>Sistema de Gases Médicos</b>												
<b>Incinerador</b>												

Tabla 2.2 Formato utilizado desde la pregunta N°2 hasta la N°13.

En cada una de las preguntas se solicitaba al encuestado que marcara con una "X" la ponderación asignada a cada sistema electromecánico. Si en la pregunta algún sistema no tenía relación con la variable en cuestión, el encuestado debía marcar con una X en la casilla N/A.

A seguir se detallan las variables estudiadas, con su correspondiente número de pregunta en el cuestionario, del siguiente modo: 2) Presupuesto Anual Asignado; 3) Consumo de Energía Eléctrica; 4) Consumo de Agua Potable; 5) Consumo de Combustibles; 6) Consumo de Gases Médicos; 7) Seguridad Industrial; 8) Preservación al Medio Ambiente; 9) Horas-Hombre; 10) Hombre-Maquina; 11) Horas Extras; 12) Mantenimiento Preventivo, y 13) Impacto sobre el bienestar del paciente.

En lo relativo a la entrevista [ver anexo 2-B], ésta tuvo un formato de 10 preguntas. Se aplicó a las mismas personas encuestadas (Jefes de Mantenimiento), ya que el tipo de preguntas realizadas requería, sobre todo, conocer la situación actual de los sistemas electromecánicos y del Departamento de Mantenimiento. Posteriormente, se tuvo que efectuar una visita a cada hospital para obtener los resultados de la misma. El tiempo de duración de la entrevista fue aproximadamente de 1 hora con 30 minutos por encuestado.

Finalmente, las visitas técnicas realizadas tuvieron como objetivo obtener datos sobresalientes e identificar hallazgos en los sistemas bajo estudio, con el fin de formular conclusiones de dichos sistemas y de los hospitales en general. Para este instrumento se tomaron en cuenta las observaciones, tanto de los Jefes como de los Técnicos en Mantenimiento, registrando sus opiniones y comentarios.

#### 2.1.4 Plan de Análisis.

La pregunta N°1 del cuestionario fue realizada con la finalidad de definir 2 aspectos fundamentales: 1) Conocer la representatividad de todos los sistemas electromecánicos propuestos en los hospitales bajo estudio, y 2) Evaluar, según la representatividad y las observaciones realizadas por los encuestados, la presencia o no de cada uno los sistemas electromecánicos para el resto del estudio, es decir, para la presentación de resultados y para el análisis a realizar en la discriminación de los 2 sistemas más impactantes.

Posteriormente, el análisis desarrollado desde la pregunta N°2 hasta la pregunta N°13 en cada sistema electromecánico considerado mediante los resultados de la pregunta N°1, fue el siguiente: Un paso previo a determinar los 2 sistemas más impactantes consistió en diseñar una tabla que presentara la sumatoria de las ponderaciones asignadas en cada sistema electromecánico por pregunta. La puntuación total ( $\Sigma_{TOTAL}$ ) provino directamente de las ponderaciones asignadas por cada uno de los encuestados. A continuación se presenta en la tabla 2.3 el formato utilizado para conocer la puntuación total de los sistemas electromecánicos para cada una de las preguntas, como sigue:

<b>SISTEMA ELECTROMECHANICO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b><math>\Sigma_{TOTAL}</math></b>
<b>ILUMINACION</b>												
<b>AIRE ACONDICIONADO</b>												
<b>PLANTA DE EMERGENCIA</b>												
<b>SISTEMA DE BOMBEO</b>												
<b>DISTRIBUCION DE VAPOR</b>												
<b>CALDERAS</b>												

Tabla 2.3 Formato utilizado para conocer la puntuación total ( $\Sigma_{TOTAL}$ ) por sistema.

En el [ver anexo 2-C] de este documento es posible observar en su orden respectivo, las tablas de los resultados obtenidos por cada pregunta del cuestionario, las cuales incluyen únicamente los sistemas considerados a través del análisis efectuado en la pregunta N°1. Por su parte, en base a los criterios técnicos mencionados: Recurso Económico y Paro Imprevisto, para las preguntas del cuestionario se tomaron en cuenta diferentes variables, las cuales permitieran al final establecer diferencias de puntuación entre un sistema electromecánico y otro, y de esa forma determinar los 2 sistemas más impactantes. Para ello, se utilizaron variables en donde era previsible obtener una ponderación por cada sistema electromecánico, básicamente la ponderación dependería o estaría supeditada a la valoración subjetiva de cada encuestado, tales como: Presupuesto Anual Asignado, Costos por Seguridad Industrial, Horas-Hombre, Hombre-Maquina, Horas Extras y Mantenimiento Preventivo. La encuesta, por otro lado, pretendió establecer diferencias aun más notorias entre los sistemas, cuando se preguntaba acerca de variables excluyentes en donde no era posible establecer una ponderación en todos los sistemas, este fue el caso de preguntas como: Consumo de Energía Eléctrica, Consumo de Agua Potable, Consumo de Combustibles y Costos por

Preservación al Medio Ambiente. Por ultimo, se utilizo la pregunta relacionada con la variable "Impacto sobre el bienestar del paciente", para establecer una diferencia más notoria entre los sistemas evaluados y de esa forma identificar los 2 sistemas electromecánicos más impactantes. Al final las consideraciones básicas para que un sistema fuese uno de los 2 sistemas electromecánicos más impactantes fueron:

- 1) Que el sistema electromecánico tuviese relación con la mayoría de las variables de las preguntas del cuestionario, y
- 2) Que la ponderación asignada en ese sistema electromecánico, en cada variable (pregunta) fuese alta.

De este modo, los sistemas electromecánicos que cumplieran mayormente con tales consideraciones serian los sistemas más impactantes. Finalmente, teniendo en tablas las puntuaciones totales obtenidas por sistema en cada pregunta, se genero una última tabla en donde se sumarian cada una de las puntuaciones totales de cada pregunta, con el fin de obtener un total acumulado por cada sistema electromecánico. Por tanto, la última condición para la discriminación de los 2 sistemas más impactantes fue la siguiente: Los 2 sistemas que presentaran la sumatoria más alta en el total acumulado serian los más impactantes. El formato mediante el cual se obtuvo el acumulado total se presenta en la tabla 2.4, como se muestra a continuación:

<b>Sistema Electromecánico</b>	<b>No. Pregunta</b>												<b>Total Acumulado</b>
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Iluminación													
Aire Acondicionado													
Planta de Emergencia													
Bombeo de Agua													
Distribución de Vapor													
Calderas													

Tabla 2.4 Formato empleado para conocer los 2 sistemas electromecánicos mas impactantes.

Finalmente, después de obtener los 2 sistemas electromecánicos más impactantes en los hospitales bajo estudio, para decidir el sistema electromecánico a aplicar las tecnologías de control y monitoreo, se evaluaron dichos sistemas en base a los criterios técnicos siguientes:

- 1) El impacto del ahorro de los recursos que utilizan.
- 2) El impacto del sistema electromecánico debido al paro imprevisto.

En cuanto a la entrevista, el método utilizado para la presentación de los resultados es el de citación. La entrevista permitió aprovechar la posibilidad de ampliar y validar la información extraída a través del cuestionario.

En lo referente a las Visitas Técnicas, el método empleado para la presentación de los resultados es el mostrar los datos más relevantes encontrados en los sistemas y señalar necesidades de soporte electromecánico para los mismos.

## 2.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

### 2.2.1 Resultados de la Encuesta.

En lo que respecta a la pregunta N°1 se presenta una tabla para verificar la representatividad de los sistemas electromecánicos en cada uno de los hospitales, y posteriormente se detalla la explicación del porque de la eliminación de algunos sistemas, los cuales no fueron considerados para la presentación y análisis de resultados que se realizó posteriormente.

Para los resultados del resto de preguntas, desde la N°2 hasta la N°13, se utilizó gráficos de pastel, la ponderación acumulada y el porcentaje de cada sistema electromecánico, fue indicado en cada una de las porciones que conforman dicho gráfico. Por su parte, el resultado del acumulado total se presenta en un gráfico de barras, en el cual se puede observar notoriamente los 2 sistemas más impactantes.

Las preguntas que incluían las variables "Preservación del Medio Ambiente" y "Horas Extras" no presentaron resultado alguno como se puede comprobar en las tablas del [ver anexo 2-C], por tanto no fue posible obtener un grafico para dichas preguntas. Para la pregunta que incluía la variable "consumo de Gases Médicos" también no fue posible obtener un grafico, debido a que el único sistema ponderado en dicha pregunta

fue eliminado debido a su falta de representatividad en los hospitales bajo estudio, por tanto, se asumió una ponderación acumulada de "0" para cada uno de los sistemas involucrados en dicha pregunta.

#### PREGUNTA 1.

Al observar los resultados de esta pregunta se observó que 4 de los 10 sistemas involucrados no presentaban el mismo comportamiento que el resto, los cuales fueron: Sistema contra Incendios, Sistema de Gases Médicos, Elevadores y Incinerador; tal y como se muestra en la tabla 2.5, mostrada a continuación:

SISTEMA ELECTROMECHANICO	HOSPITALES DE TERCER NIVEL				
	BLOOM	MATERNIDAD	ROSALES	PSIQUIATRIA	NEUMOLOGIA
<i>Iluminación</i>	X	x	x	x	x
<i>Aire Acondicionado</i>	X	x	x	x	x
<i>Planta de Emergencia</i>	X	x	x	x	x
<i>Sistema de Bombeo</i>	X	x	x	x	x
<i>Elevadores</i>	X	x	x	No posee	No posee
<i>Calderas</i>	X	x	x	x	x
<i>Sistema Dist. de Vapor</i>	X	x	x	x	x
<i>Sistema para Incendios</i>	X	No posee	No posee	No posee	No posee
<i>Sistema Gases Médicos</i>	X	x	x	x	No posee
<i>Incinerador</i>	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee

Tabla 2.5 Registro de los sistemas electromecánicos de cada hospital.

El comportamiento de la tabla anterior se debió a la ausencia de algunos sistemas en los hospitales (poca o ninguna representatividad) y a las observaciones realizadas por los encuestados, al final, ambos aspectos fueron considerados criterios básicos para eliminar los sistemas electromecánicos que a continuación se detallan:

1) El incinerador. La investigación permitió advertir que el incinerador fue un sistema electromecánico utilizado hasta hace algunos años por las entidades hospitalarias de nuestro país, pero que debido a restricciones ambientales no están siendo utilizadas actualmente, por tanto este sistema no presento representatividad alguna. En consecuencia, al analizar la encuesta se observó que ningún hospital había asignado una ponderación en cada una de las preguntas del cuestionario a dicho sistema.

2) Sistema de Gases Médicos. Éste sí es un sistema muy utilizado actualmente por las entidades hospitalarias de nuestro país, pero el problema con él, básicamente, consistió

en que no era representativo en todos los hospitales estudiados; es decir, algunos hospitales sí lo reportaron otros no (como el caso del Hospital Neumológico). Por tanto, este sistema fue eliminado del análisis debido a su poca representatividad, lo cual generaba una ponderación acumulada baja en cada una de las variables (preguntas) del cuestionario que involucraban a dicho sistema e hizo preveer que este tendría como resultado un valor muy bajo en su respectivo total acumulado, en comparación con el resto de sistemas considerados.

3) Elevadores. Este sistema se encontró en las mismas circunstancias que el Sistema de Gases Médicos, fue eliminado debido a que es poco representativo en todos los hospitales estudiados (por ejemplo, no lo reportaron hospitales como el Hospital General y de Psiquiatría y el Hospital Neumológico). Por otra parte, otra desventaja para este sistema es que los Jefes de Mantenimiento de los hospitales que si reportaron este sistema argumentaron que el servicio de mantenimiento para dicho sistema es subcontratado, por lo que no era posible asignar una ponderación en las preguntas que involucraban variables como Horas-Hombre, Hombre-Maquina y Mantenimiento Preventivo.

4) Sistema Contra Incendios. La principal causa por la cual este sistema fue eliminado es que, a criterio de la mayoría de los Jefes de Mantenimiento, éste no es un sistema, sino que más bien este "sistema" consiste, a lo sumo, en la ubicación estratégica de extinguidores. Por tal razón, la mayoría de los encuestados no asignaron ponderación alguna para este sistema en cada una de las preguntas del cuestionario. A esto se agrega su poca representatividad, debido a que el único hospital que reporto un sistema contra incendios como tal fue el Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom (HNNBB).

Finalmente, la eliminación de los sistemas mencionados anteriormente permitió enfocar el estudio hacia aquellos sistemas electromecánicos más representativos, tal y como se desarrollo en la presentación de resultados del resto de preguntas del cuestionario y el análisis de resultados realizado posteriormente en este documento, así como también, facilito la obtención de los 2 sistemas electromecánicos mas impactantes de los hospitales bajo estudio.

PREGUNTA 2.

En la figura 2.1 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia el Presupuesto Anual asignado en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen cada uno de los sistemas electromecánicos en función del presupuesto anual asignado al Departamento de Mantenimiento de cada hospital.

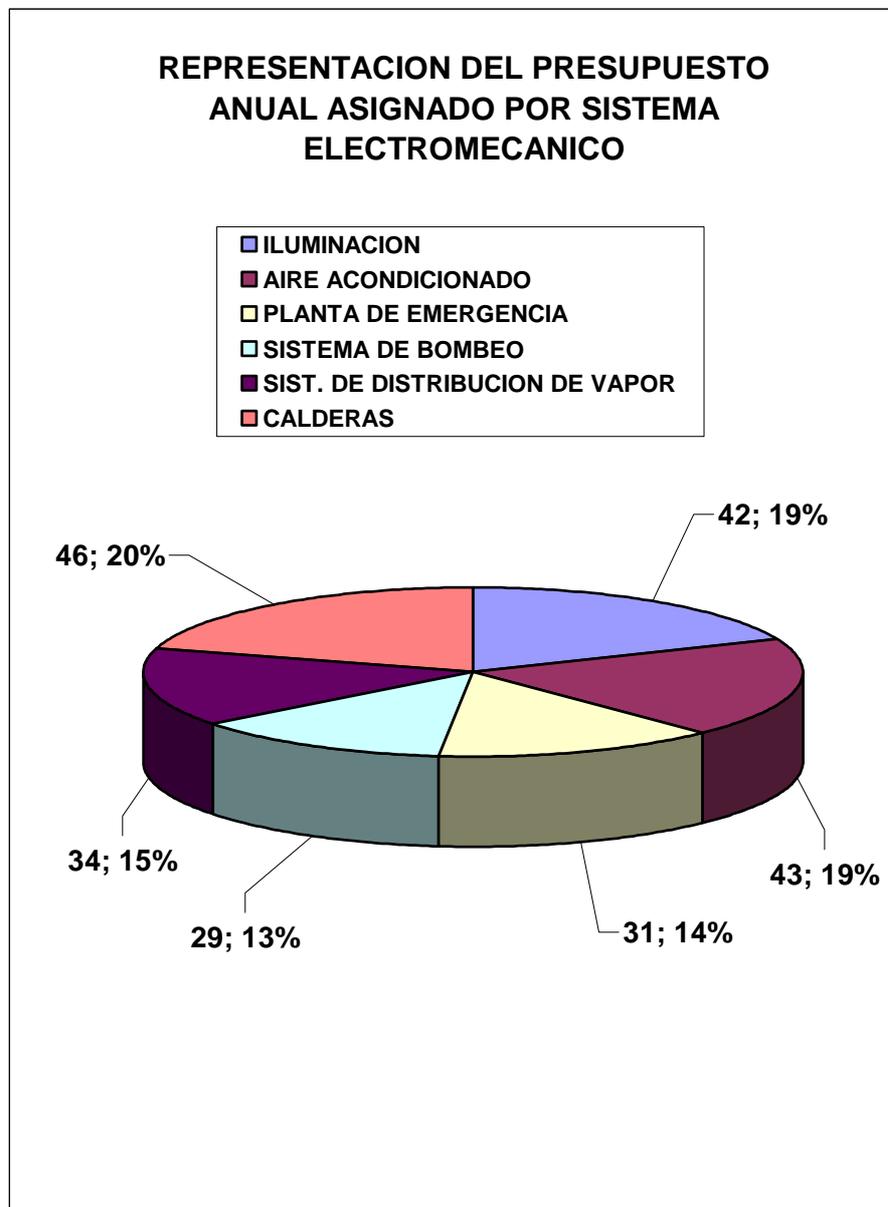


Figura 2.1

PREGUNTA 3.

En la figura 2.2 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia los costos por Consumo de Energía Eléctrica (KW/h) en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función del consumo de energía eléctrica.

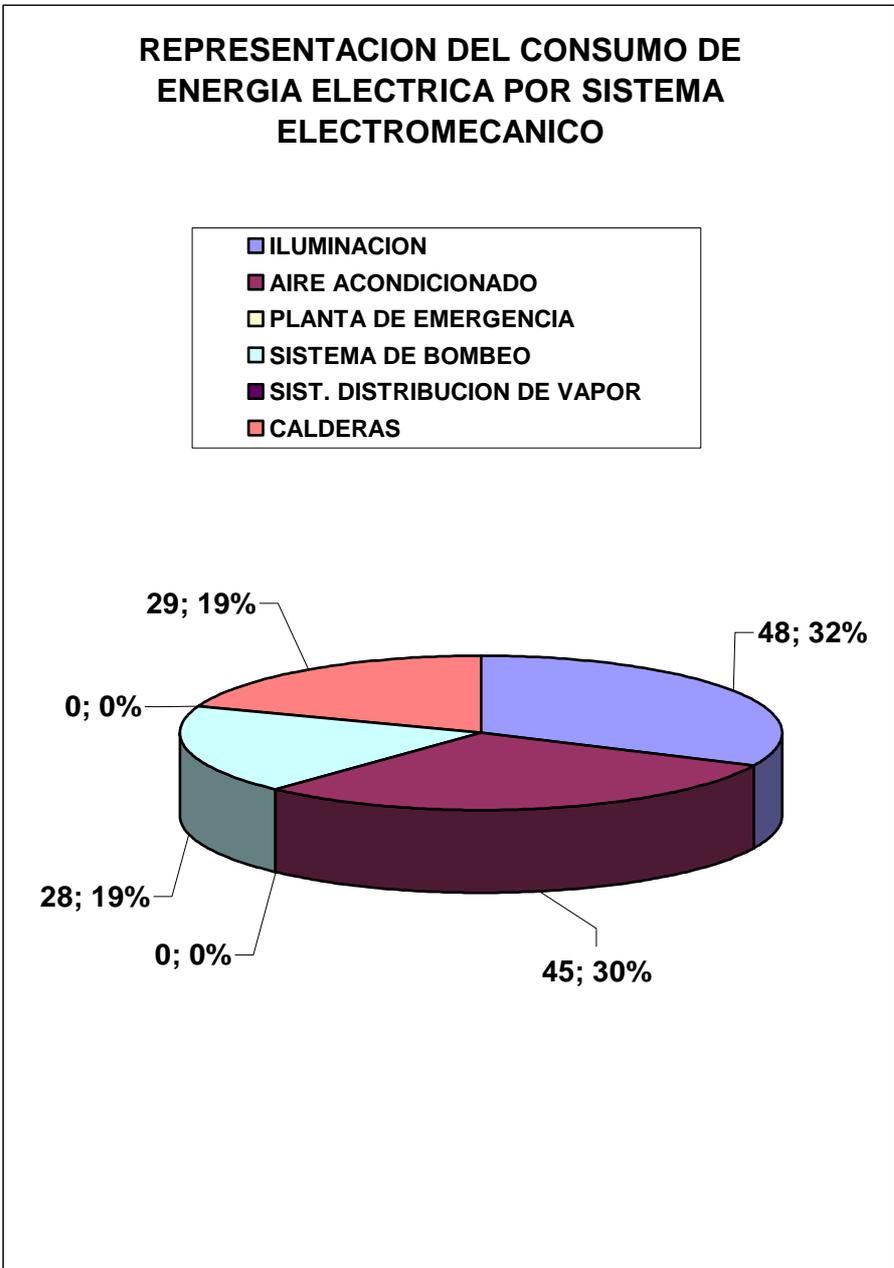


Figura 2.2

PREGUNTA 4.

En la figura 2.3 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia los costos por Consumo de Agua Potable en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función del consumo de agua potable.

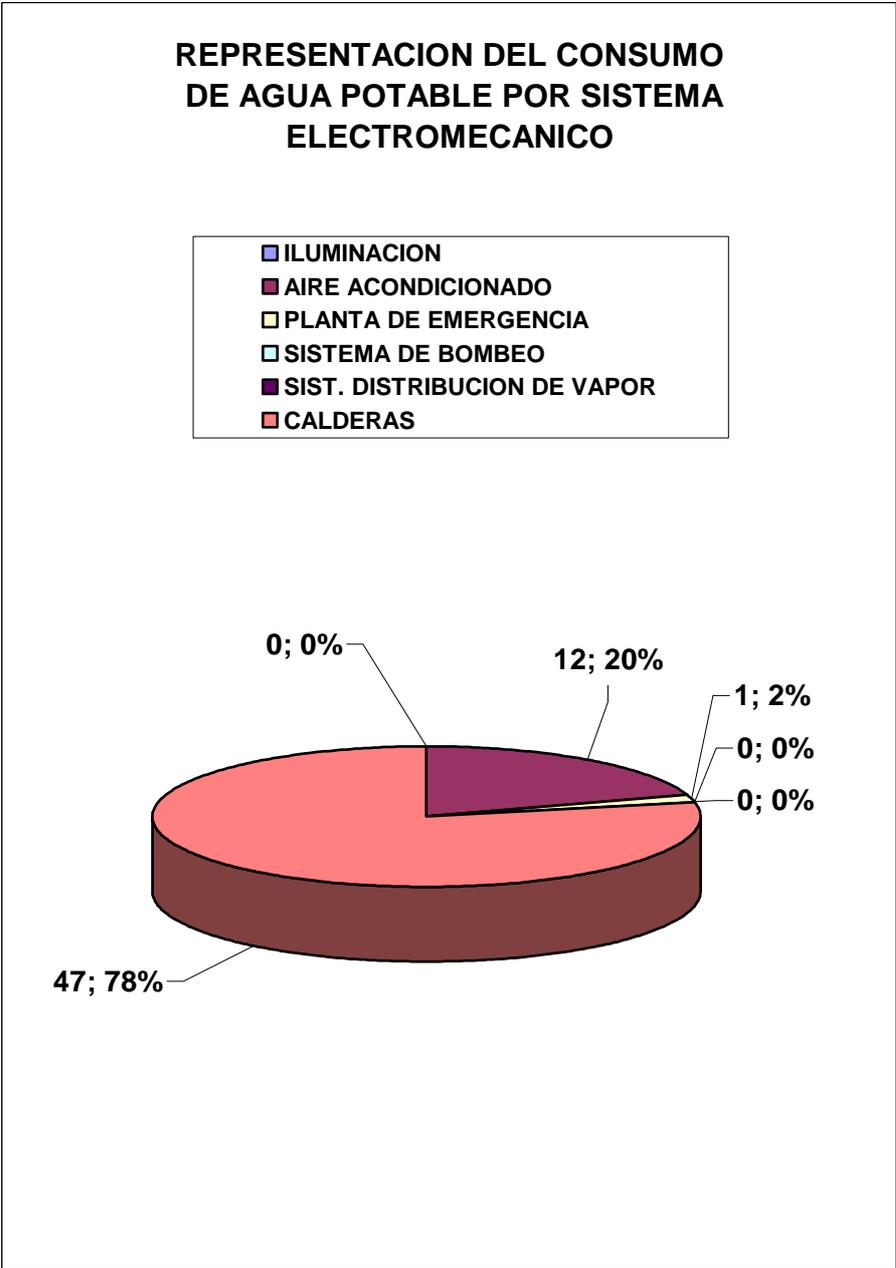


Figura 2.3

PREGUNTA 5.

En la figura 2.4 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia los costos por Consumo de Combustibles (aceite fuel oil No. 6, aceite bunker C, aceite diesel No.2 u otros) en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función del consumo de combustibles.

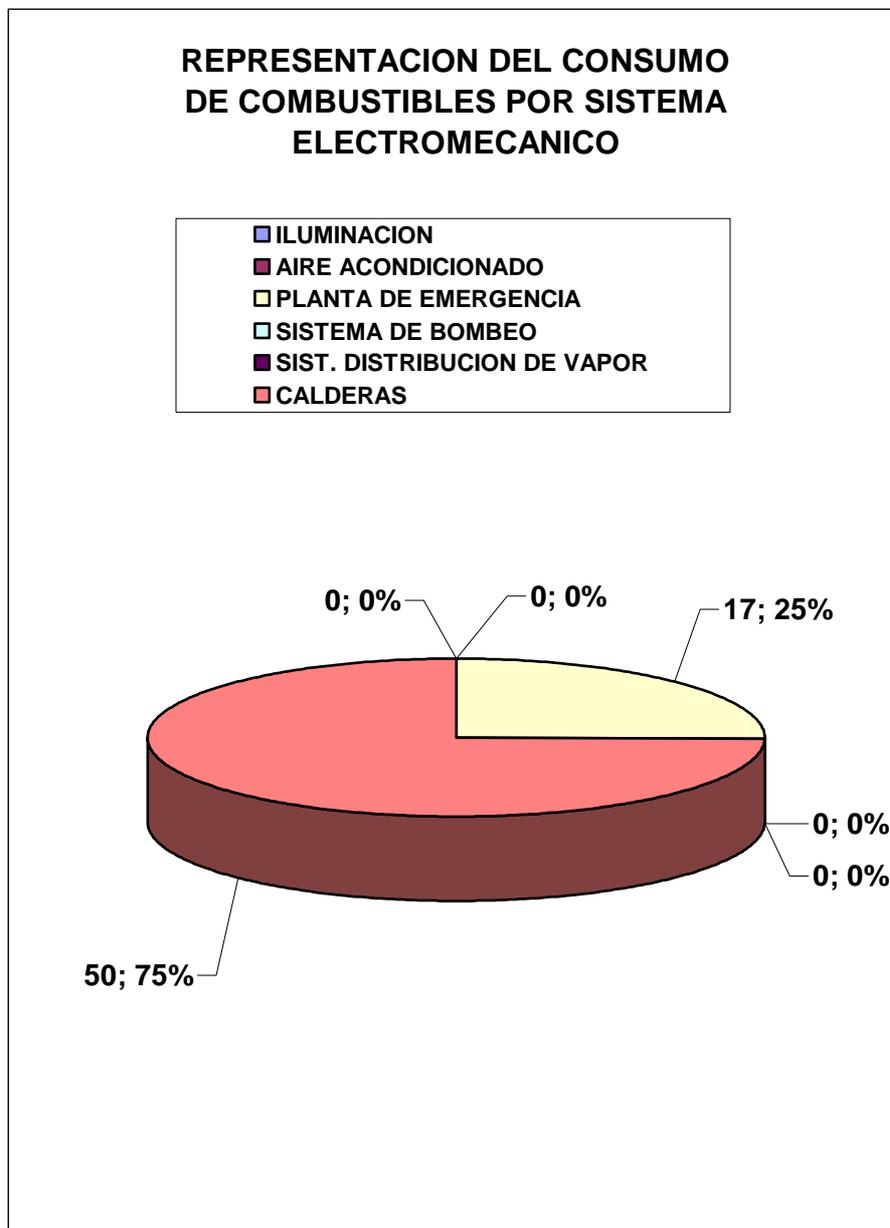


Figura 2.4

**PREGUNTA 7.**

En la figura 2.5 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia los costos asignados a Seguridad Industrial en los siguientes sistemas electromecánicos.

**Objetivo.**

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función de los recursos económicos asignados a seguridad industrial.

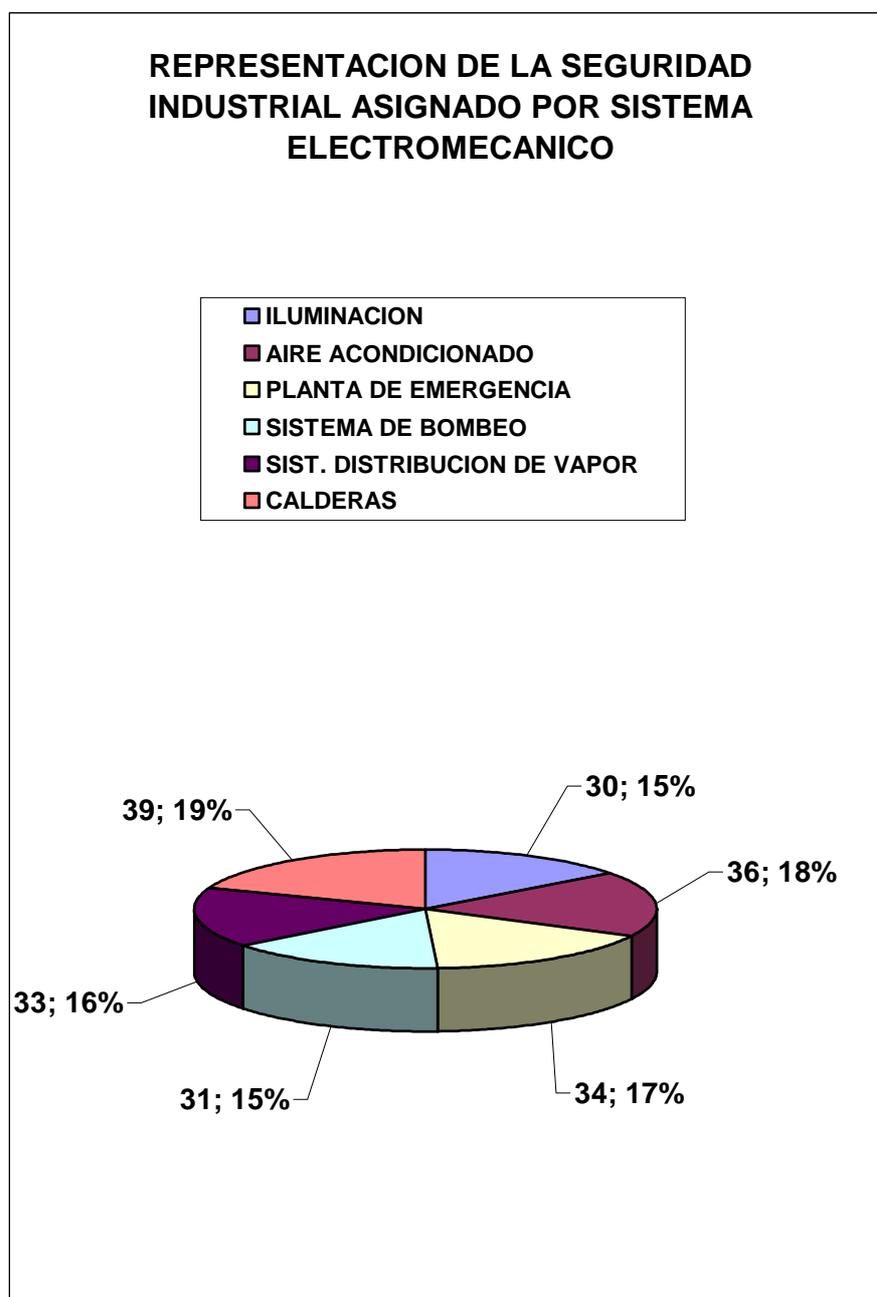


Figura 2.5

PREGUNTA 9.

En la figura 2.6 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia el indicador Horas-Hombre en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función del indicador horas-hombre.

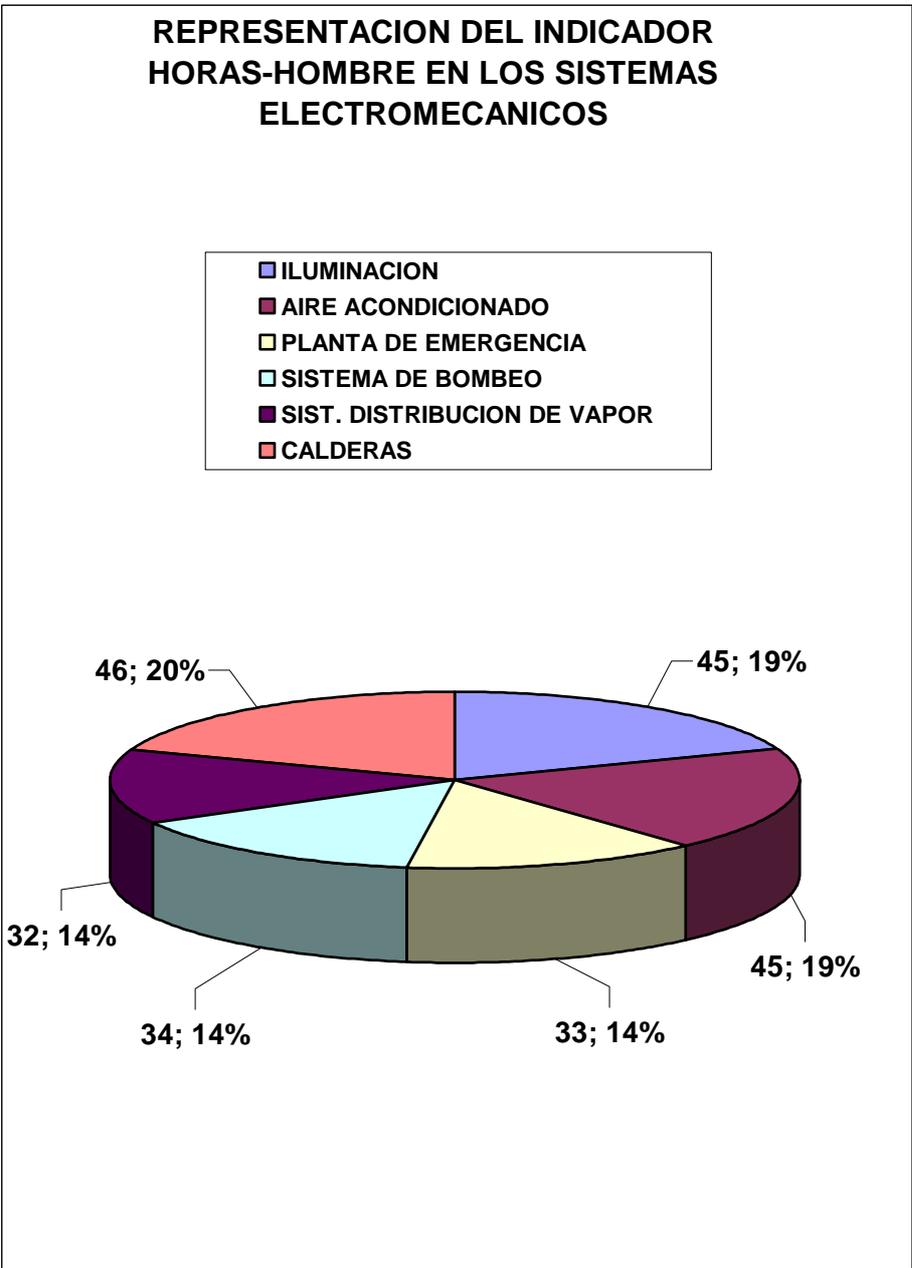


Figura 2.6

PREGUNTA 10.

En la figura 2.7 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia el indicador Hombre-Maquina en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos en función del indicador hombre-maquina.

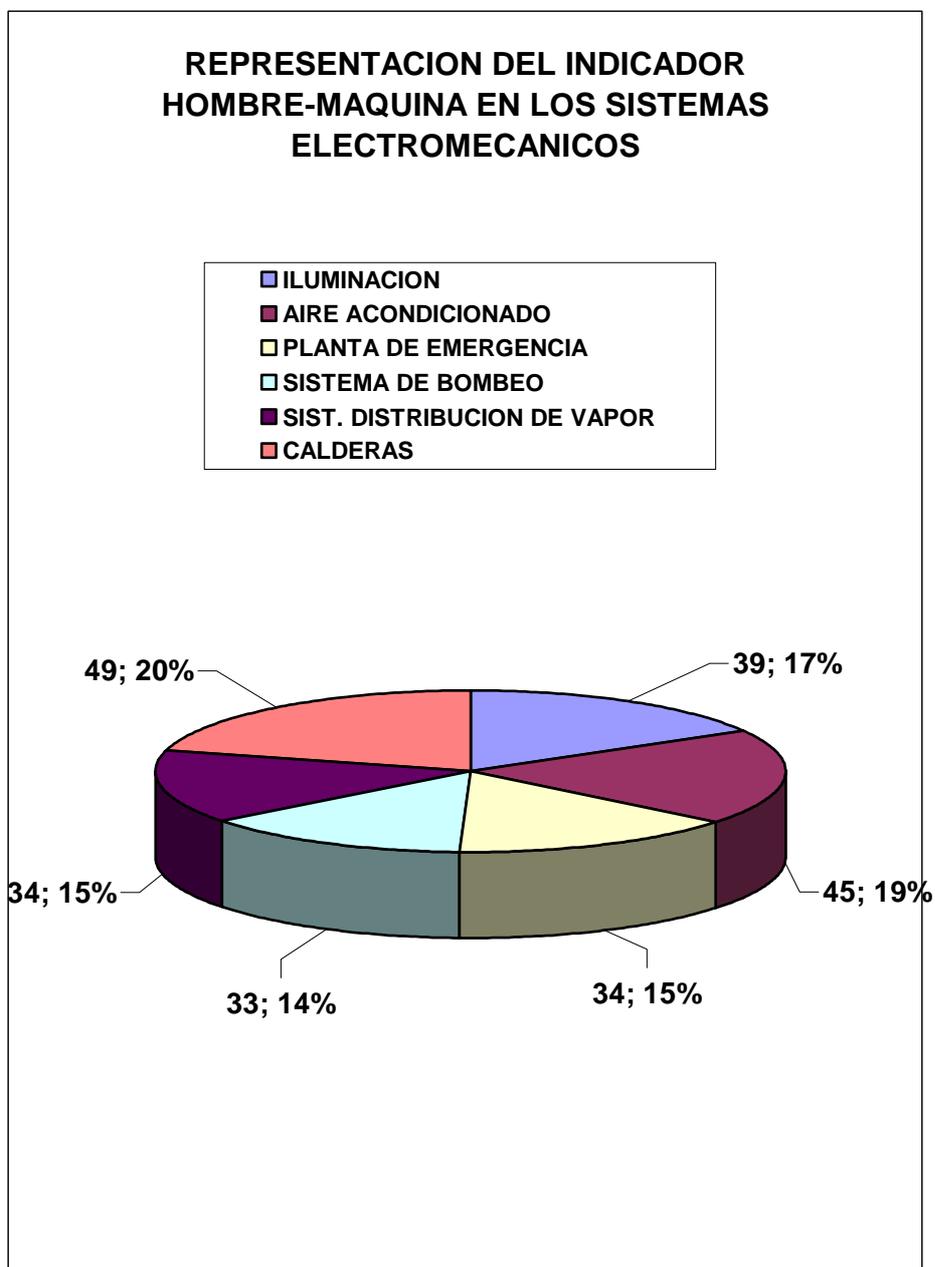


Figura 2.7

PREGUNTA 12.

En la figura 2.8 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia de los recursos económicos, tomando como referencia el indicador Mantenimiento Preventivo en los siguientes sistemas electromecánicos.

Objetivo.

Identificar el impacto económico que tienen en los hospitales cada uno de los sistemas electromecánicos evaluados en función del indicador mantenimiento preventivo.

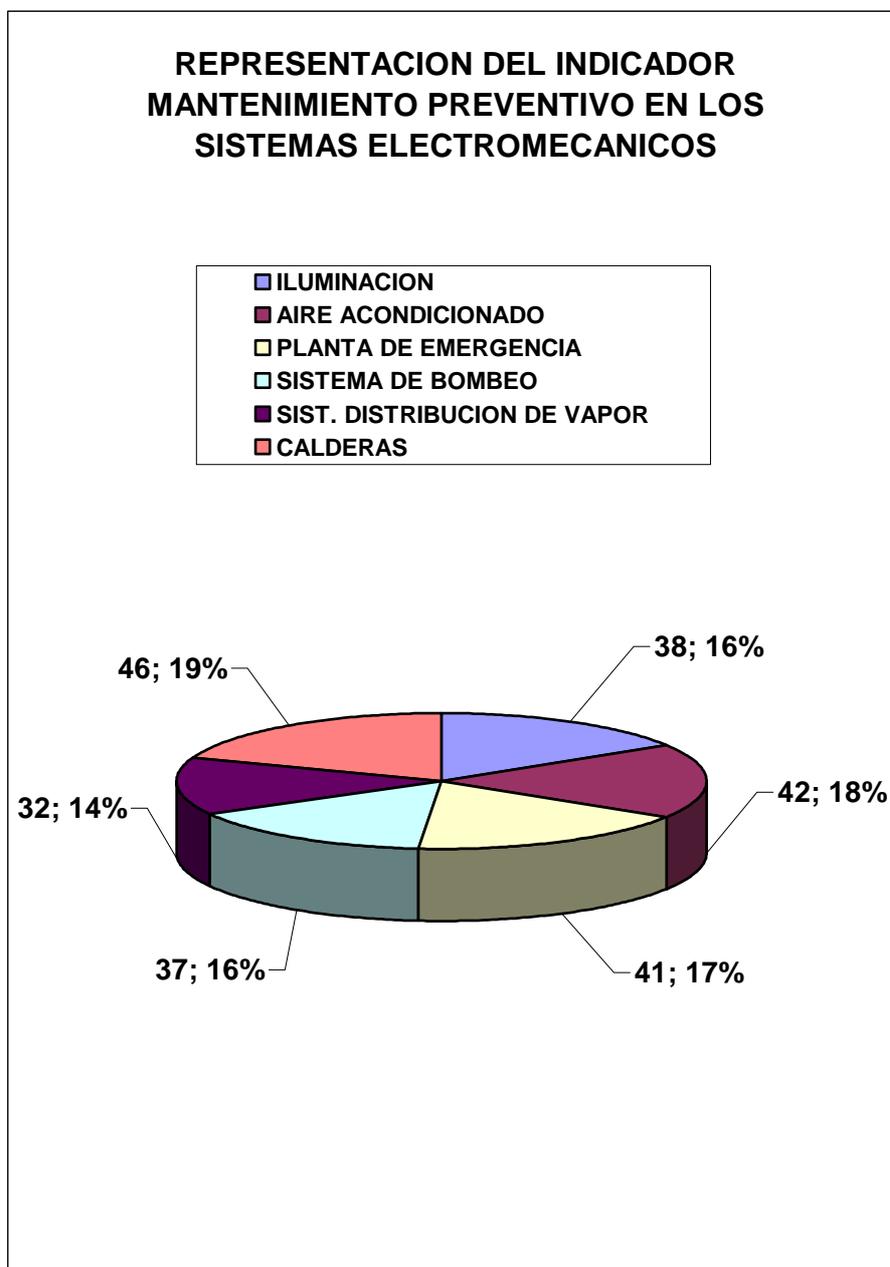


Figura 2.8

PREGUNTA 13.

En la figura 2.9 se muestra el grafico obtenido de la siguiente pregunta: Asigne una ponderación del 0 al 10 en forma ascendente, considerando el nivel de importancia del paro imprevisto en los siguientes sistemas electromecánicos, tomando como referencia el Impacto Sobre el Bienestar del Paciente.

Objetivo.

Identificar el impacto sobre el bienestar del paciente considerando el paro imprevisto en los siguientes sistemas electromecánicos.

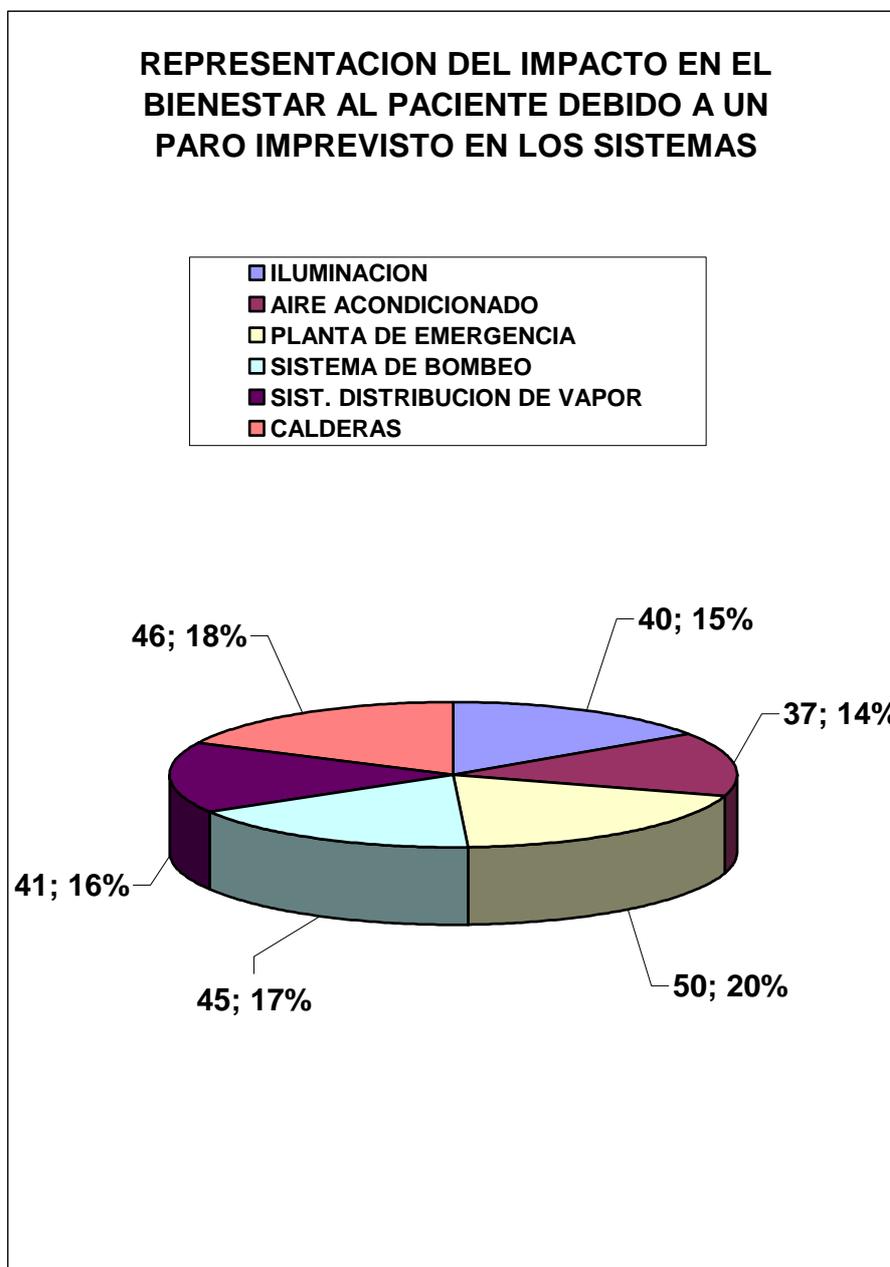


Figura 2.9

A continuación se muestra la tabla definitiva con los datos obtenidos por sistema electromecánico en cada una de las preguntas. A su vez, en esta se obtuvo el total acumulado por sistema, como se muestra en la tabla 2.6:

Sistema Electromecánico	No. Pregunta												Total Acumulado
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Iluminación	42	48	0	0	0	30	0	45	39	0	38	40	282
Aire Acondicionado	43	45	12	0	0	36	0	45	45	0	42	37	305
Planta de Emergencia	31	0	1	17	0	34	0	33	34	0	41	50	241
Bombeo de Agua	29	28	0	0	0	31	0	34	33	0	37	45	237
Distribución de Vapor	34	0	0	0	0	33	0	32	34	0	32	41	206
Calderas	46	29	47	50	0	39	0	46	49	0	46	46	398

Tabla 2.6 Total acumulado por sistema electromecánico.

La consideración fue sencilla, los sistemas con la ponderación más alta en el total acumulado son los 2 sistemas más impactantes, para el caso los sistemas obtenidos fueron: Calderas y Aire Acondicionado. A continuación se muestra la grafica resultante del total acumulado por cada uno de los sistemas en la figura 2.10:

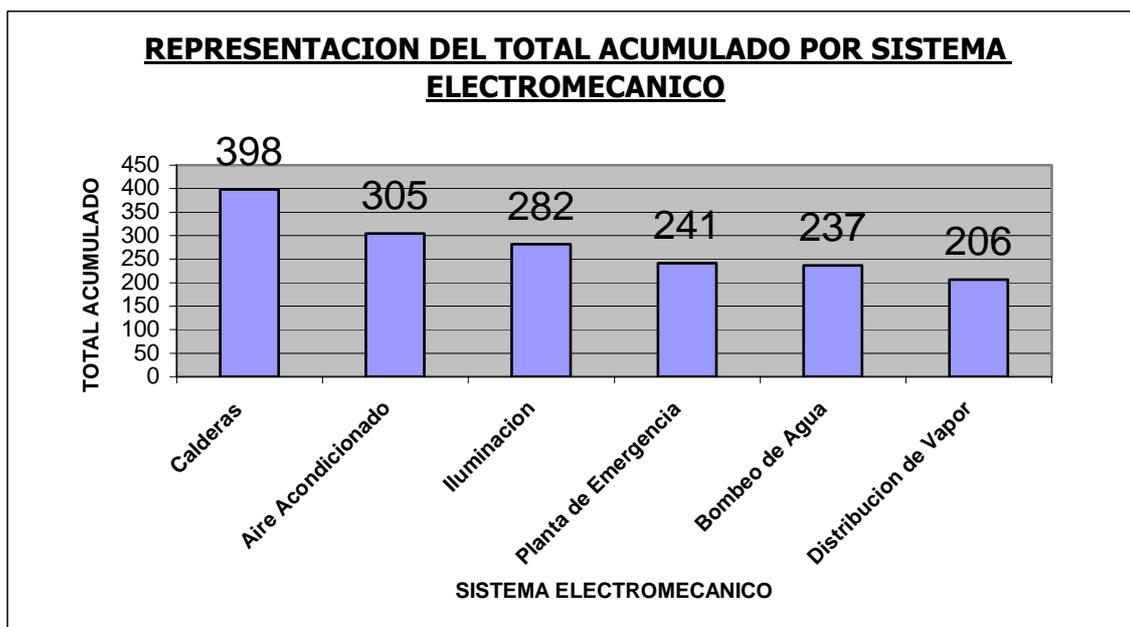


Figura 2.10 Total acumulado por sistema electromecánico.

Finalmente, a partir de los 2 sistemas mas impactantes se procedió a seleccionar el sistema electromecánico a aplicar las tecnologías de control y monitoreo en base a los criterios técnicos de decisión presentados en el plan de análisis, los cuales fueron: 1) El impacto del ahorro de los recursos que utilizan y 2) El impacto del sistema electromecánico debido al paro imprevisto. Tomando como base dichos criterios Las Calderas fue el sistema electromecánico considerado para la aplicación del sistema centralizado en base a tecnologías de control y monitoreo, dadas sus posibilidades de optimización de alguno de los recursos que estos sistemas utilizan (combustibles, agua o energía eléctrica), así como también, dado el impacto que dichos sistemas generan al presentarse un paro imprevisto como se pudo evidenciar en los resultados de la ultima pregunta del cuestionario.

#### 2.2.2 Resultados de la Entrevista.

El objeto de cada pregunta tenía como fin respaldar los 6 puntos a investigar mencionados anteriormente para esta técnica. En cada una de ellas se logró recoger opiniones expresadas por los encuestados, lo cual permitió tener un panorama más claro de la realidad de los cinco hospitales en estudio. A continuación se presentan las opiniones que de alguna forma brindaron más información, como sigue:

En principio, la pregunta #1 pretendía conocer la situación actual en que se encuentra el Departamento de Mantenimiento; específicamente, conocer la importancia que se le da a dicho departamento en los hospitales, evaluar el nivel de actualización (tecnologías y formatos utilizados) empleado y conocer cómo se maneja, en el ámbito administrativo, el mantenimiento preventivo en los sistemas electromecánicos. La opinión más interesante proporcionada por uno de los encuestados fue: "Nosotros no contamos con tecnología de punta pero en comparación con otros hospitales a nivel del Ministerio tenemos una leve ventaja, ya que poseemos un software, el cual nos proporciona los formatos de mantenimiento preventivo no sólo de los sistemas electromecánicos sino que también de los equipos médicos, cada vez que nosotros los necesitamos. Por lo demás, hacemos lo mismo que los otros, contamos con computadoras para llevar registro de órdenes realizadas como pendientes, se almacenan históricos del comportamiento de las máquinas, se registran los repuestos cambiados en cada sistema, se registra el consumo mensual y anual de los sistemas que utilizan algún recurso, entre otras cosas".

Luego, debido al poco conocimiento de los sistemas electromecánicos bajo estudio, se elaboró la pregunta #2, ya que se consideró importante conocer cuál es el procedimiento a seguir cuando se les proporciona mantenimiento a los sistemas electromecánicos en cuestión. Una de las opiniones más ilustrativas fue: "Cuando se habla de mantenimiento programado y se trata de equipo de soporte básico, le hablo de las calderas, planta de emergencia y sistema de bombeo, se avisa con tiempo a todo el hospital para que estén preparados, aparte de que siempre se cuenta con un equipo sustituto, el cual puede ser utilizado para cubrir la demanda del hospital. Ahora, si se trata de un sistema único, como por ejemplo el sistema de distribución de vapor, y la falla es de gravedad, se atiende inmediatamente, pero si no es una falla muy significativa, se programa su mantenimiento, por lo general, los fines de semana, porque existe menos demanda. Respecto al sistema de Iluminación y al sistema de Aire Acondicionado su mantenimiento tiene mas prioridad en servicios como Sala de Operaciones, Unidad de Cuidados Intensivos y Unidad de Cuidados Intermedios debido a que estos servicios son consideradas áreas criticas en donde se procura que el paciente tenga un mayor comfort, la reducción de la actividad bacteriana y en donde algunos equipos demandan temperaturas bajas para su buen funcionamiento".

Para conocer la adecuada calibración de los equipos e identificar las instituciones que regulan y vigilan el accionar del Departamento de Mantenimiento, se efectuó la pregunta #3, para la cual uno de los encuestados expresó lo siguiente: "Nosotros actuamos bajo nuestra propia responsabilidad. Quien debería efectuar este tipo de labores, en todo caso, sería el Ministerio, pero no lo hacen. En cuanto al equipo, nosotros poseemos equipo de prueba para verificar los parámetros correctos en las tecnologías, sobre todo en el equipo médico que se requiera, pero no existe un equipamiento patrón para verificar el funcionamiento fiable de estos equipos de prueba".

Por otro lado, también era importante conocer las tecnologías que actualmente se utilizan para el control y monitoreo de los sistemas electromecánicos de los hospitales, por lo que se formuló la pregunta # 4, y para ésta, una respuesta brindada por uno de los encuestados fue: "Aquí todos los procedimientos se realizan a pie. Hay excepciones, como el caso de la caldera que trabaja automáticamente a través de un panel de control; por ejemplo, si hace falta algún recurso como agua posee alarmas para poner

al tanto al usuario, además de desplegar un código de error para señalar cual es el problema específico. El sistema de bombeo también se encuentra automatizado con un control eléctrico de niveles; por ejemplo, si el agua alcanza el nivel mínimo establecido por uno de los sensores del control en la cisterna, la bomba centrífuga se apaga automáticamente, de esta manera se controla el encendido y apagado de la bomba”.

A través de la pregunta #5 y #6 se buscaba conocer el nivel de conciencia que, a juicio de los encuestados, se tiene en el Departamento de Mantenimiento y en los hospitales respecto a la optimización de recursos, así como, las posibles acciones tomadas por las autoridades de los mismos. En la primera pregunta todos los encuestados proporcionaron respuestas muy similares. Por ejemplo, uno de ellos dijo: “No poseemos un plan de acción pero lo mas común que nosotros hacemos es que como Departamento procuramos el ahorro energético en sistemas como Iluminación y Aire Acondicionado, sobre todo cuando se puede observar que estos sistemas están siendo subutilizados en los distintos servicios del hospital. Si se trata de materiales e insumos para nuestro Departamento estos son muy escasos y cuando se puede en algunos casos se reutilizan; es más, cuando se compra se cotiza en varias partes y se selecciona lo más barato, acorde a la calidad requerida”. En cuanto a la segunda pregunta, una buena información por parte de los encuestados fue la siguiente: “No, no existe algún comité. La verdad es que si no existe conciencia por hacer algo ante el desperdicio de recursos por parte de las autoridades del hospital, mucho menos va a hacer conciencia el resto de la gente, tanto el empleado, los visitantes como el paciente”.

A efectos de conocer el nivel académico del personal de Mantenimiento y evaluar el nivel de vinculación de estos con el uso de tecnologías de control y monitoreo, se realizó la pregunta #7, en la cual uno de las personas encuestadas dijo: “Considero que ninguno de nosotros está preparado para adoptar esas tecnologías. Al menos se necesitaría adiestramiento y capacitación para ver qué se hace posteriormente. Aquí tengo mucha gente que no tiene ni el grado de técnico, únicamente han logrado terminar bachillerato y algunos sólo han logrado cursar hasta noveno grado. Básicamente nuestra preparación no es la adecuada para adoptarlas”.

La pregunta #8 fue realizada para medir el nivel de conciencia ante el desperdicio de recursos que en opinión de los encuestados tiene el usuario en las instalaciones de los hospitales. Para ello se obtuvo de parte de uno de los encuestados el siguiente comentario: "No te voy a hablar de los pacientes y visitantes, te voy a hablar del personal, les fascina el desperdicio de recursos, para ellos es casi una necesidad"; otra versión opinión fue: "Asignando una nota general será un 4. Si no hay un programa, una comisión que persiga tal objetivo difícilmente se va a dar una buena utilización a los recursos. Al final esto influye hasta en el desgaste de los sistemas electromecánicos del hospital, ya que si se esta desaprovechando algún recurso en un área o servicio del hospital, esto quiere decir que algún sistema de los mencionados esta siendo subutilizado".

La necesidad de identificar opciones de soporte electromecánico y conocer el desaprovechamiento de recursos en los sistemas electromecánicos, no solamente los más obvios, como la energía eléctrica o el agua, sino también algún otro tipo de recurso, permitió elaborar la pregunta #9, para la cual uno de los encuestados dijo lo siguiente: "A mi parecer el empleo de tecnologías de control y monitoreo tendría una mayor aplicabilidad y funcionalidad en sistemas como la Iluminación y el Aire Acondicionado, los cuales son sistemas en continuo funcionamiento y donde constantemente se produce desaprovechamiento de recursos, como es el caso del desperdicio de energía eléctrica que se da mediante la utilización de estos sistemas en las diferentes áreas o servicios de los hospitales. Por su parte, otro sistema que presenta mala utilización de recursos son las calderas y el sistema de distribución de vapor, sólo con el hecho de tener fugas en válvulas, realizar inadecuados cambios de tuberías y no poseer un completo sistema de retorno de condensado estamos consumiendo mayores cantidades de combustible, agua y aditivos. Aquí en el hospital, por ejemplo en el servicio de laboratorio clínico y fabrica de sueros el vapor se esta desperdiciando constantemente porque no se tiene un completo sistema de retorno de condensado. Las necesidades de soporte electromecánico existen en los sistemas de nuestro hospital, aunque hay algunas necesidades donde la aplicabilidad de tecnologías de control y monitoreo tendría mayor razón de ser que en otras".

Finalmente, la pregunta #10 se elaboró con el fin de conocer las necesidades que se tienen en automatizar los sistemas electromecánicos en los hospitales. En este punto, uno de los encuestados expresó lo siguiente: "Yo estoy peleando para que me automaticen el tanque de combustible principal de las calderas y de esa forma poder llevar un mejor control del consumo de este recurso; también necesito un sistema que controle el nivel de combustible en el tanque de la planta de emergencia. Ya nos ha pasado, se necesita que trabaje y el tanque no posee combustible". Para la misma pregunta el mismo encuestado dijo lo siguiente: "Mediante un sistema de monitoreo y control sería posible estar pendientes del funcionamiento de las calderas, ya que a pesar de que este sistema posee controles eléctricos de seguridad, estos no son confiables en un 100%. Si estos controles son descuidados y no reciben un mantenimiento periódico estos también son susceptibles a dañarse, tal sistema nos podría alertar cualquier anomalía en el sistema ante el fallo de tales dispositivos".

### 2.2.3 Resultados de la Visita Técnica.

1. Iluminación. En los hospitales bajo estudio este sistema, primordialmente, se encuentra conformado por los siguientes elementos: balastos electromagnéticos o electrónicos, tubos fluorescentes y focos. La potencia eléctrica de consumo de los tubos fluorescentes encontrados oscilaba entre los siguientes valores: 20W, 32W, 34W y 40W, dependiendo del tipo de balastro utilizado. Por su parte, la potencia eléctrica de consumo de los focos o bombillos encontrados, variaba entre los siguientes valores: 40W, 60W y 100W. Dadas las diferencias de consumo de energía eléctrica entre los tubos fluorescentes y los focos, actualmente los primeros son utilizados en mayor proporción en cada uno de los hospitales. Es importante mencionar que el uso de balastos electromagnéticos predomina por sobre el uso de balastos electrónicos, a pesar de que estos últimos ayudan a reducir el consumo de energía eléctrica, por ello, la utilización de los balastos electrónicos en el medio hospitalario se ha estado efectuando paulatinamente debido a los limitados presupuestos de dichas instituciones. Este sistema representa uno de los más impactantes en cuanto al consumo de energía eléctrica debido a que su utilización es requerida las 24 horas, tanto durante el día, por ejemplo en servicios como sala de operaciones y laboratorio clínico, como durante la noche, por ejemplo en pasillos y en los servicios de encamados.



Figura 2.11 Iluminación mediante tubos fluorescentes.

2. Aire Acondicionado. Dicho sistema (figura 2.12) esta formado por 2 componentes esenciales: condensador y evaporador. Este sistema se encarga de proveer la climatización adecuada en servicios como: Sala de operaciones, Formulas Lácteas, Laboratorio Clínico, Rayos X y en áreas, menos importantes, como oficinas administrativas. Entre los tipos de aire acondicionado en los hospitales bajo estudio se tienen 4 tipos: Ventana, Semi-split, Centrales y Chiller, este ultimo fue encontrado únicamente en el Hospital Bloom, donde es utilizado en múltiples servicios como: Patología, Rayos x y Sala de Operaciones; aunque los mayormente utilizados son los de Ventana, Minisplit, Centrales. La principal característica técnica de estos dispositivos es su Capacidad Instalada (Toneladas de Refrigeración), sus respectivos valores en los distintos hospitales varían en un amplio rango, desde los 12,000 BTU (una tonelada) de tipo Ventana, hasta los equipos de aire acondicionado tipo Chiller de 150 toneladas (compuesto por 6 compresores de 25 toneladas cada uno), básicamente el valor de la capacidad instalada se encuentra en función de aspectos como la radiación solar, alumbrado, personas, equipos y las dimensiones del área a climatizar. Según los encuestados, este sistema en conjunto con el Sistema de Iluminación representa el mayor porcentaje en los costos por consumo de energía eléctrica en los hospitales estudiados. Aunque el empleo del sistema de Aire Acondicionado es realizado mayoritariamente durante el día, la principal causa de consumo de energía eléctrica se debe a las numerosas unidades instaladas y a las potencias eléctricas que demandan los compresores de dichos sistemas para operar.



Figura 2.12 Aire Acondicionado tipo minisplit.

3. Calderas. Para este sistema (figura 2.13) los componentes más importantes son: recipiente de presión, quemador, controles del quemador, ventilador de tiro forzado, compuerta de aire, bomba de aire, refractario y componentes relacionados. Este sistema cumple la función de generar el vapor necesario en los distintos servicios, tales como: Alimentación y Dietas, Lavandería, Arsenal y Formulas Lácteas. La principal característica que se mantiene bajo vigilancia en dichos sistemas es la presión de trabajo, la cual oscila desde los 80 PSI hasta los 120 PSI en los distintos hospitales, dependiendo de su respectiva demanda. El tiempo de operación de dichos sistemas en los hospitales estudiados varía desde un mínimo de 8 horas hasta un estimado máximo de 18 horas.



Figura 2.13 Caldera Pirotubular.

En los hospitales bajo estudio todas las calderas poseen la misma estructura interna (figura 2.14), las cuales son conocidas con el nombre técnico de PIROTUBULARES<sup>2</sup>. Para la generación de vapor este sistema emplea recursos como: Combustibles, Energía Eléctrica y Agua. Además utiliza otras sustancias químicas como: Resina, Amina, Sulfito y Sal Industrial; con la finalidad de eliminar la dureza del agua proveniente de la compañía de suministro y eliminar la presencia de sólidos disueltos en el interior de la caldera con el fin de reducir la generación interna de incrustaciones (sarro) y también para evitar la oxidación de las tuberías del sistema de distribución de vapor.



Figura 2.14 Estructura interna de una caldera.

---

<sup>2</sup> PIROTUBULAR: Estas son calderas dotadas de tubos rectos, rodeados de agua y a través de cuyo interior pasan los gases de la combustión. Estos tubos se instalan normalmente, en la parte inferior de un tambor sencillo o de un casco, abajo del nivel de agua.

4. Distribución de Vapor. Este sistema (figura 2.15) se encuentra conformado por los siguientes elementos: Tubería, Reguladores, Trampas de Condensado, Válvulas y Filtros. Los tipos de tubería utilizados para este sistema son los siguientes: Tubo Galvanizado, Hierro Negro y Acero Carbón. En este sistema se manejan distintos tipos de presiones debido a los requerimientos de las maquinarias de los distintos servicios que utilizan vapor tales como: Autoclaves, Marmitas, Lavadoras, Secadoras, Esterilizadoras de Pachas. Este sistema no consume algún tipo de recurso pero es el encargado de suplir las necesidades de vapor hacia los distintos servicios de los hospitales.



Figura 2.15 Tubería de suministro de vapor.

Las tuberías que complementan el sistema de distribución de vapor son conocidas como sistema de retorno de condensado (figura 2.16), estas se encargan de recolectar el condensado del vapor y lo transfieren nuevamente hacia la caldera, pasando previamente a través de un dispositivo llamado: Deareador. En un hospital, entre mas completo es el sistema de retorno de condensado proveniente de los servicios (se procura un retorno lo mas cercano al 100% del vapor proporcionado a los distintos servicios) los beneficios en cuanto a la maximización de recursos son mayores, debido a que se utilizan menores proporciones de combustibles, sustancias químicas, agua y energía eléctrica en la generación de vapor.



Figura 2.16 Tubería de Retorno de Condensado.

5. Planta de Emergencia. Una planta eléctrica, también conocida en el ámbito industrial como: Grupo Electrónico, es el acoplamiento de un motor de combustión interna a un generador síncrono de corriente alterna. Estos equipos se utilizan para autogenerar energía eléctrica para garantizar la continuidad en el servicio del fluido eléctrico en caso de alguna falla por parte de la compañía distribuidora de electricidad. Este sistema (figura 2.17) esta compuesto por los siguientes dispositivos principales: Motor, Generador y Alternador. La principal característica de las plantas de emergencia es la cantidad de potencia eléctrica que suministran sus generadores. La potencia de suministro de las distintas plantas de emergencia encontradas en los hospitales variaba en valores desde los 164 KVA hasta los 600 KVA. En los hospitales estudiados existen de distintas marcas las cuales se encuentran dimensionadas de acuerdo al tamaño de las instalaciones eléctricas del establecimiento, por ello, se pudo encontrar que en algunos hospitales la planta de emergencia esta conformado por un sistema único, mientras que en otros hospitales este sistema esta conformado por 2 o mas unidades. Al igual que las calderas este sistema utiliza combustible (diesel) para su funcionamiento pero en menores proporciones, debido a que esta solo entra en funcionamiento en casos de emergencia o en periodos de prueba para comprobar su adecuado funcionamiento.



Figura 2.17 Planta de Emergencia.

6. Bombeo de Agua. Los principales componentes del sistema de bombeo (figura 2.18) son: Bombas Centrifugas y Tanques Hidroneumáticos. Dichos componentes se encuentran distribuidos en zonas estratégicas en cada uno de los hospitales, con la finalidad de suministrar adecuadamente este recurso hacia servicios específicos. La principal característica técnica de las Bombas de Agua es la potencia eléctrica de consumo, cuyos valores, en los hospitales estudiados, oscilan en valores desde los 0.5HP hasta los 20HP.



Figura 2.18 Bomba centrífuga.

Por su parte, los tanques hidroneumáticos (figura 2.19) son los encargados de suministrar y mantener las presiones de trabajo adecuadas en el sistema de distribución de agua, los cuales se encargan de mantener la presión del sistema entre valores que oscilan desde los 20 a los 50 PSI.



Figura 2.19 Tanque Hidroneumático.

## 2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 2.3.1. Análisis de Resultados de la Encuesta.

A continuación se presenta el análisis realizado para cada una de las preguntas planteadas en la encuesta, como sigue:

#### Pregunta #2.

Un hallazgo importante en esta pregunta, según las ponderaciones asignadas por los encuestados, fue que los sistemas que poseen un mayor presupuesto anual son aquellos sistemas electromecánicos que consumen recursos como Energía Eléctrica, Agua y Combustible. Los 3 sistemas electromecánicos mayormente ponderados poseen sus respectivos valores no solo por el consumo de recursos, sino también que son sistemas que se encuentran en operación durante periodos de tiempo más largos y en forma continua con respecto al resto de sistemas, los cuales al operar de ese modo requieren un mantenimiento más frecuente o periódico. En el caso del sistema de iluminación, este posee un funcionamiento sectorizado durante las 24 horas del día,

similarmente al sistema de aire acondicionado que mantiene su funcionamiento por tiempos prolongados, pero mayoritariamente durante el día. Un aproximado de 8 horas diarias ambos sistemas mantienen los máximos niveles de consumo de energía eléctrica debido al funcionamiento en áreas y servicios como oficinas administrativas y sala de operaciones. La principal causa por el cual el sistema de aire acondicionado posee la ponderación asignada se debe a que los compresores de dichos sistemas demandan potencias eléctricas altas, es decir, utilizan corrientes en el orden de los Amperios. A diferencia, las calderas es un sistema que consume diversos recursos, entre ellos: Energía Eléctrica, Combustibles y Agua, los cuales en su conjunto generan costos elevados y es por ello la razón de ser uno de los sistemas con mayor ponderación. Por otra parte, según el criterio general de los encuestados, el grupo restante de sistemas (sistema de bombeo, sistema de distribución de vapor y planta de emergencia) poseen casi la misma ponderación, es decir, su presupuesto anual asignado es casi similar. A diferencia, en estos últimos sistemas el único sistema que consume recursos (combustible) es la planta de emergencia, pero sus periodos de operación son poco frecuentes (periodos de prueba y casos de emergencia).

### Pregunta #3.

Las puntuaciones más altas, a criterio de los encuestados, corresponden tanto a los sistemas de iluminación como al aire acondicionado. Una de las razones por las cuales se ponderó a estos sistemas como los que consumen más energía eléctrica, se debe pues a la importancia y constante operación de los mismos en los distintos servicios de un hospital, es decir, su funcionamiento en los distintos servicios comprende periodos largos de tiempo durante el día y la noche. El sistema de iluminación esta compuesto por balastos que utilizan tanto tubos fluorescentes como focos de distintas potencias eléctricas de consumo en los diferentes servicios de los hospitales. Por su parte, los tipos de aire acondicionado utilizados en los hospitales son: Ventana, Minisplit, Centrales y Chiller, los cuales utilizan un dispositivo llamado compresor, el cual demanda altos niveles de potencia eléctrica para operar, estos son utilizados constantemente en servicios como Sala de Operaciones, Unidad de Cuidados Intensivos y Recuperación de Sala de Operaciones. Es importante mencionar que el consumo de energía eléctrica de ambos sistemas es sectorizado durante un día normal de funcionamiento, pero este consumo es más representativo durante el día. El resto de sistemas que contribuyen en el consumo de energía eléctrica son las calderas y el

sistema de bombeo, participando activamente en este consumo los dispositivos de control eléctrico utilizados por estos sistemas para el suministro de agua y combustible.

Pregunta #4.

El sistema que más influye en el consumo de agua potable son las calderas. Este sistema utiliza grandes cantidades para la producción de vapor requerido en servicios como Lavandería, Formulas Lácteas, Arsenal, Cocina y Laboratorio Clínico. El consumo de este recurso en las calderas se ve incrementado cuando el sistema de distribución de vapor es deficiente, debido a la presencia de fugas en válvulas y trampas, también debido a inadecuados mantenimientos correctivos (cuando se colocan tuberías sin su respectivo forro de fibra de vidrio), y mas aun cuando el sistema de retorno de condensado es incompleto. Por otra parte, los demás sistemas también representados en la grafica resultaron ser la Planta de Emergencia y Aire Acondicionado, debido a que el primero utiliza durante periodos largos de tiempo cierta cantidad de agua para su respectivo radiador, mientras que el segundo consume agua cuando estos sistemas son sometidos a mantenimiento preventivo. Al final, mediante las visitas técnicas se pudo comprobar que el consumo de estos dos sistemas no es representativo en comparación con las cantidades de agua que utiliza una caldera diariamente.

Pregunta #5.

En los hospitales estudiados únicamente existen 2 sistemas electromecánicos que consumen combustibles, los cuales son: Calderas y Planta de Emergencia. Por tanto, los combustibles empleados en dichos sistemas son: aceite Diesel No.2 y aceite Fuel Oil No.6. En términos de porcentajes, es importante mencionar que un 70% de las calderas analizadas en los hospitales funcionan mediante la utilización de Diesel, mientras que en un 40% lo hacen a través de Fuel Oil. A diferencia, las Plantas de Emergencia utilizan únicamente Diesel para su funcionamiento y este es utilizado en proporciones muchos menores debido a que estos sistemas funcionan únicamente durante periodos de prueba o en casos de ausencia de suministro de energía eléctrica para los hospitales. En general, para la producción de vapor en los hospitales, el consumo de Fuel Oil es mucho más representativo que el consumo de Diesel. En términos económicos, la utilización de Fuel Oil es más conveniente para los hospitales ya que es mas barato y tiene una capacidad calorífica mayor en comparación con la capacidad calorífica del Diesel.

#### Pregunta #7.

Es necesario mencionar que el enfoque de esta pregunta se encuentra orientado a medir cuán importante es cada sistema como para invertir en seguridad industrial, los encuestados reconocieron que se hace muy poco pero mencionaron algunos aspectos que tomaron relevancia, lo cual generó alguna ponderación en cada uno de los sistemas, por ejemplo se hizo referencia en condiciones del entorno relacionadas con cada uno de los sistemas evaluados, entre los cuales se mencionó el aseguramiento de la iluminación, distribución de espacios, señalización, control del nivel de ruido y la adecuada ergonomía para el personal técnico en el momento de intervenir en cada sistema. Para esta pregunta, el sistema que presentó la ponderación más alta respecto a los demás son las Calderas. Los encuestados atribuyen a este sistema una mayor ponderación, debido a que en este se invierte en mayores proporciones, puesto que requiere una adecuada iluminación, señalización y espacio, aparte de un adecuado equipamiento de seguridad como chalecos, guantes, anteojos y equipos de cuero. Además las calderas es el único sistema que para efectos de seguridad requiere la asignación de recurso humano con horarios rotativos, es decir, a este sistema tiene asignado al menos una persona durante las 24 horas del día en los hospitales analizados. El segundo sistema que sobresale ante los demás es el equipo de aire acondicionado, para el cual se invierte en equipamiento de seguridad como línea de vida, arnés y mascarilla.

#### Pregunta #8.

Para esta pregunta ningún encuestado asignó ponderación en cada uno de los sistemas electromecánicos evaluados, en cuanto a los costos que en ellos se realiza por la preservación del medio ambiente, pero algunos Jefes de Mantenimiento reconocieron que se están haciendo algunos esfuerzos por adquirir refrigerantes para sistemas de aire acondicionado y sistemas de refrigeración que dañen en menor proporción la capa de ozono (ecológicos). También se reportó que cuando es necesario un mantenimiento correctivo (cambio de compresor) en un sistema de aire acondicionado se busca que el compresor y las líneas queden trabajando con un refrigerante más ecológico; también en la medida de lo posible se busca esto mismo cuando se pretende adquirir equipos de aire acondicionado nuevos. Respecto a las calderas los entrevistados reconocieron que se procura que la mezcla del combustible, gas y agua se realice de la mejor forma, es

decir, se procura una combustión que perjudique al mínimo al medio ambiente, a su vez, también se realizan esfuerzos por adquirir combustibles de mayor calidad, los cuales permitan una combustión menos contaminante. También se reporto que se realizan esfuerzos por mantener con filtros de buena calidad los sistemas de aire acondicionado en las salas de operación utilizando filtros HEPA, filtros absolutos y filtros de bolsa, los cuales son bastante caros y representan costos significativos para el hospital. En cuanto a la planta de emergencia, también se busca tener los filtros que utilizan dichos sistemas en buenas condiciones, con el fin de dañar al mínimo el medio ambiente por medio de la combustión que realizan estos equipos.

Pregunta #9.

Esta pregunta perseguía obtener información acerca del tiempo que le consume al recurso humano asignado velar por cada uno de los sistemas electromecánicos en cuestión. Los sistemas que más requieren del tiempo de trabajo por el personal de mantenimiento son Calderas, Iluminación y Aire Acondicionado. El tiempo del recurso humano disponible se enfoca en labores de mantenimiento y supervisión en dichos sistemas. Las labores de mantenimiento del personal técnico específicamente para el sistema de iluminación se enfocan en recambios de bombillos y tubos fluorescentes, revisión o cambio de los transformadores en los balastos, revisión de la pantalla acrílica, etc. Las labores de mantenimiento del personal técnico en aire acondicionado se enfocan en revisión de niveles de aceite y fugas de refrigerante, limpieza de filtros, chequeo de presiones, etc. Las labores de mantenimiento y supervisión del personal técnico, específicamente para las calderas se enfocan en aspectos como revisión de presiones de trabajo, limpieza de boquillas, electrodos y fotoceldas, revisión del nivel del tanque de combustible y revisión del estado de los suavizadores de agua, entre otras. El mantenimiento en el sistema de bombeo de agua, sistema de distribución de vapor y Planta de Emergencia es realizado en periodos de tiempo menos frecuentes en comparación con los sistemas anteriormente mencionados.

Pregunta #10.

Para esta pregunta el objetivo era obtener información acerca del recurso humano asignado para cada uno de los sistemas. Las personas encuestadas argumentaron que no se tienen personas asignadas específicas para cada sistema, pero que sí poseían conocimiento del recurso humano promedio que se asigna a diario en cada uno de

ellos. Según las ponderaciones asignadas se puede observar que el recurso humano disponible en cada uno de los hospitales, para los sistemas electromecánicos considerados, se prioriza en sistemas como Calderas y Aire Acondicionado. Es importante mencionar que el sistema de iluminación también requiere recurso humano en una mayor proporción que el resto de los sistemas evaluados. El principal motivo por el cual estos sistemas fueron mayormente ponderados se debe a la operación constante y prolongada de estos sistemas, a esto se suma la cantidad de unidades que conforman dichos sistemas, por ejemplo sistemas tales como la iluminación y el aire acondicionado. El resto de sistemas evaluados (sistema de bombeo, sistema de distribución de vapor y planta de emergencia) requieren recurso humano para su mantenimiento en menores proporciones que los sistemas arriba mencionados.

#### Pregunta #12.

Para esta pregunta el objetivo consistió en determinar el impacto económico que representa el mantenimiento preventivo de los sistemas electromecánicos, considerando los costos que implican el llevar a cabo procedimientos como reemplazos, ajustes, lubricaciones, que implica, la compra de insumos y accesorios para mantener dichos sistemas en un apropiado funcionamiento. El mantenimiento preventivo a criterio de los encuestados tiene más impacto en sistemas como el Aire Acondicionado y las Calderas. Para el sistema de Aire Acondicionado se enfatizó en que su respectivo mantenimiento tiene mayores costos debido a que se repercute en gastos como la compra de refrigerantes, aceites y ácidos (para su respectiva limpieza), a esto se agrega la frecuencia de mantenimiento preventivo que tales sistemas requieren ya que en algunas unidades su respectivo mantenimiento es mensual. En cuanto a las calderas, mayoritariamente, se repercute en gastos de mantenimiento como la compra de químicos que permiten suavizar el agua necesaria para el buen funcionamiento de las calderas, los cuales son utilizados diariamente para evitar incrustaciones internas que afecten la operación o provoquen daños a dichos sistemas. Además, también se utilizan aceites para el mantenimiento en componentes como la bomba de aire, y lubricantes (grasa) para el mantenimiento de los motores eléctricos y partes móviles de dichos sistemas.

### Pregunta #13.

El objetivo de esta pregunta consistía en determinar cuál sistema tiene más impacto en el bienestar del paciente cuando sufre un paro imprevisto. Debido a que la planta de emergencia posee interrelación con los otros sistemas evaluados y de su funcionamiento dependen en forma total o parcial los servicios de cada hospital; por tanto, los encuestados unánimemente consideraron que dicho sistema posee una mayor ponderación en este tipo de situaciones, puesto que si ésta falla no funciona el resto de sistemas evaluados como por ejemplo: Iluminación, Aire acondicionado y Calderas. Por otro lado, el otro sistema mayor ponderado por los encuestados resultó ser Calderas, puesto que éstas se encargan de proporcionar vapor en distintos servicios; por tanto, el paro en la producción de vapor repercute en la no disponibilidad de ropa y comida, y en la no esterilización de instrumental, ropa y desechos; afectando de este modo los procedimientos y procesos en beneficio del paciente.

#### 2.3.2. Análisis de Resultados de la entrevista.

La situación actual del Departamento de Mantenimiento en los hospitales bajo estudio es muy deficiente en cuanto a el uso de tecnologías, un ejemplo claro es que uno de los departamentos visitados hasta hace algún tiempo ha logrado obtener tecnología mas apropiada -una computadora- para llevar distintos tipos de registros necesarios en el mantenimiento de los sistemas electromecánicos y también necesario para suplir el resto de obligaciones atribuidas a dicho departamento.

Por otro lado, el único dispositivo tecnológico sobresaliente que se pudo identificar fue un sistema el cual posee un software que se encarga de elaborar formatos para mantenimiento preventivo de los sistemas electromecánicos evaluados, este fue adquirido por medio de donaciones y ayuda a proporcionar, en cierta medida, un mayor control en el mantenimiento (soporte electromecánico) de los sistemas electromecánicos en su respectivo hospital.

A su vez, también se pudo encontrar algunos dispositivos tecnológicos conocidos como controles eléctricos que persiguen, como mínimo, el soporte electromecánico en algunos de los sistemas bajo análisis, tal es el caso de las calderas y el sistema de bombeo, a pesar de ello, aun no es posible encontrar tecnologías con una mayor funcionalidad, las cuales permitan el control y monitoreo de los sistemas

electromecánicos de un hospital y que proporcionen no solo soporte electromecánico, sino también, que persigan aspectos como la seguridad y maximización de recursos.

Otra deficiencia encontrada, es que en muchas ocasiones la falta del recurso económico por parte de los hospitales, limita en gran medida la compra de repuestos y en mayor proporción la compra de equipos sustitutos, lo cual obliga a que los sistemas con que se cuentan en su momento sean forzados a operar periodos de tiempo mas prolongados, sin poder ser estos sometidos a un plan de mantenimiento preventivo planificado, lo que al final produce un incremento en el deterioro de los sistemas y esto trae como consecuencia, en algunas ocasiones, la mala utilización o desaprovechamiento de los recursos, tal es el caso en sistemas como las calderas, distribución de vapor y el aire acondicionado; esto da la pauta a enfatizar que el uso de tecnologías de control y monitoreo tendrá cabida siempre y cuando se disponga de montos mayores en el presupuesto asignados a los hospitales, los cuales no solo se vean restringidos al pago de salarios de empleados y a la compra de medicinas.

Por otra parte, es necesario resaltar que tanto el Departamento de Mantenimiento como los hospitales no cuentan con instituciones que auditen la calidad de su trabajo, al final, esto influye en el acomodamiento del mismo empleado, como consecuencia esto también repercute en la falta de iniciativa en la elaboración o generación de proyectos por parte de las autoridades de cada uno de los hospitales, que persigan el soporte de los sistemas electromecánicos y el máximo aprovechamiento de los recursos, ya sea con o sin el uso de tecnologías de control y monitoreo. También es necesario mencionar que los Jefes de Mantenimiento se ven imposibilitados a una propuesta continua de proyectos que persigan tal finalidad debido a que para las autoridades superiores de los hospitales muchas veces existen otras prioridades, sobre todo en el rubro medico.

Es importante enfatizar que en los hospitales existen necesidades de soporte electromecánico y algunas de ellas serian mejor resueltas mediante el uso de tecnologías de control y monitoreo, pero existen limitantes para que un hospital lleve a cabo un proyecto de tal magnitud, por su propia cuenta. La limitante mas influyente es la poca disponibilidad del recurso económico, pero existen también limitantes debido a la falta de un nivel académico adecuado por parte del personal que labora en el

Departamento de Mantenimiento y a esto se suma la falta de conocimiento que se tiene, a nivel general, tanto de aspectos básicos como de la funcionalidad de las tecnologías de control y monitoreo.

### 2.3.3 Análisis de Resultados de la Visita Técnica.

#### Nivel de Automatización.

Se considero pertinente resaltar el nivel de tecnologías de automatización encontrados en los sistemas electromecánicos estudiados, para ello a continuación se describe la aplicación encontrada en el sistema de bombeo de los hospitales analizados, dicho sistema posee el control eléctrico que se muestra en la figura 2.20.



Figura 2.20 Control Eléctrico.

A continuación se describe el proceso que realiza este sistema: 1) El control es un dispositivo eléctrico con contactos que abren y cierran en respuesta a niveles de líquido sensados por las puntas de prueba (probes). Debido a que este está atado con alambre a la fuente de energía y a la fuente de detección, este puede enviar señales que activan o desactivan solenoides, bombas o alarmas, 2) El montaje (fitting) es una cubierta que sostiene las puntas de prueba (o flotadores), aislándolas del recipiente y provee un medio de conexión a el control, 3) La punta de prueba es un sensor que se extiende hacia abajo del montaje, con la extremidad colocada exacto en el nivel donde el control debe ser activado. En la figura 2.21 se ilustra su respectiva instalación, como sigue:

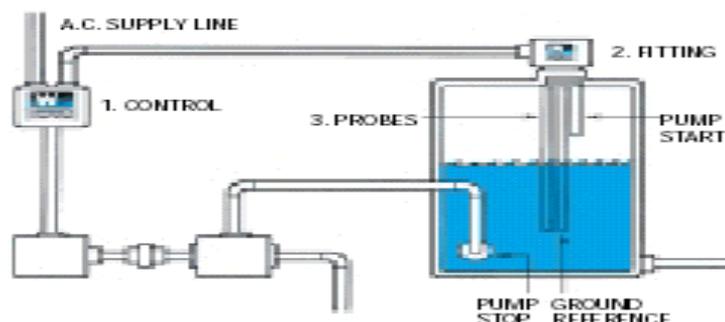


Figura 2.21 Control eléctrico en un sistema de bombeo.

Otro sistema que emplea sistemas de control eléctricos son las calderas, estos controles se encuentran distribuidos en un dispositivo llamado: Panel de Control. Uno de estos controles empleados en las calderas, posee una similar aplicación al sistema de bombeo, el cual es conocido como "Control de la Bomba y Cierre de Bajo Nivel de Agua". Este control opera por medio de un flotador que responde al nivel de agua de las calderas. El control efectúa dos funciones diferentes: (a) Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel seguro de operación, activando el indicador de bajo nivel en el panel de control; también hace sonar la alarma del bajo nivel, y (b) Arranca y detiene la bomba alimentadora de agua (si se utiliza) para mantener el agua al nivel de operación adecuado. La figura 2.22 ilustra la forma en como opera la bomba de alimentación de agua en las calderas, según las letras del alfabeto mostradas.

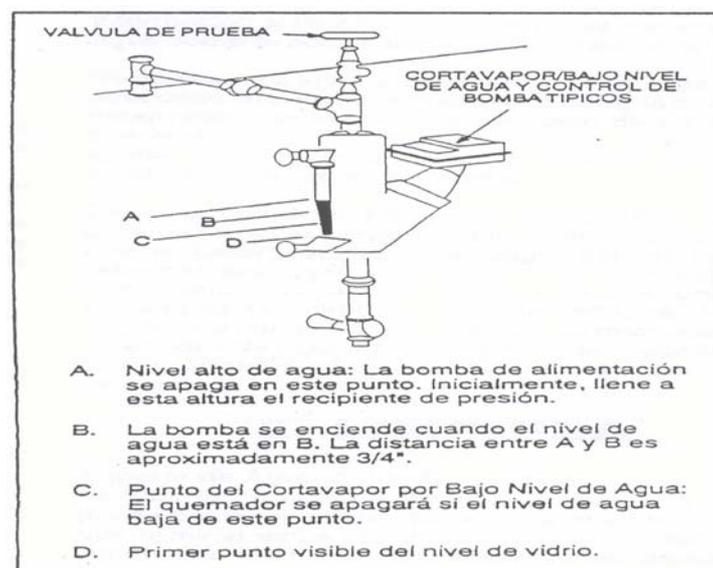


Figura 2.22 Operación de la bomba de alimentación de agua en calderas.

El control eléctrico descrito anteriormente es muy importante debido a que los mayores daños en las calderas se deben a operación con bajo nivel de agua, por tanto, en los manuales para el usuario de las calderas se sobreenfatiza la necesidad de inspeccionar periódicamente los controles de nivel de agua y seguir buenas prácticas de comprobación y mantenimiento. Similar al control descrito anteriormente el panel de control de las calderas posee otros tipos de controles, no menos importante, como son: Control de la Presión Máxima de Operación, Control de la Presión Máxima, Control

Modulador de la Presión, Control de Temperatura Máxima, Control de la Temperatura Máxima de Trabajo, Control Modulador Temperatura, entre otros.

### Necesidades de soporte electromecánico en los hospitales.

La visita técnica también permitió identificar necesidades de soporte electromecánico con la utilización de tecnologías de control y monitoreo en los sistemas electromecánicos bajo estudio. A continuación se detallan aplicaciones útiles que podrían ser realizadas en los hospitales, enfocadas al ahorro energético, la seguridad y el ahorro en el uso de vapor, como sigue:

1) Ahorro energético. Mediante la observación se identificaron necesidades de soporte electromecánico a través de tecnologías de control y monitoreo en sistemas electromecánicos como la Iluminación y el Aire Acondicionado, específicamente, en servicios críticos como Sala de Operaciones, en donde en muchas ocasiones en los quirófanos no se realizan intervenciones quirúrgicas simultáneamente y los sistemas mencionados se encuentran siendo subutilizados. En el momento que estos quirófanos no son utilizados es posible mediante la aplicación de un sistema automatizado y con la utilización de dispositivos de campo y un algoritmo de control establecer un ahorro energético ya sea para la Iluminación, Aire Acondicionado o ambos sistemas en este servicio. Por otra parte, también mediante tecnologías de control y monitoreo sería posible hacer mas efectivo o reducir el consumo de energía eléctrica mediante el control del sistema de iluminación en las distintas áreas de los hospitales, como por ejemplo en servicios como Consulta Externa y oficinas administrativas cuyas actividades poseen un horario de trabajo definido, así como también, en áreas como pasillos y estacionamientos.

2) Seguridad. En las calderas una aplicación útil mediante tecnologías de control y monitoreo sería: monitoreo continuo de la dureza del agua en el equipo suavizador y monitoreo de los sólidos disueltos a nivel interno en las calderas. Las variables mencionadas en conjunto con otras variables como la presión de trabajo, temperaturas de trabajo y el nivel de combustible en tanque principal, sería posible monitorearlas como un conjunto mediante el uso de un sistema centralizado. En cuanto al sistema de distribución de vapor es posible mediante un sistema centralizado también monitorear la presión en los distintos servicios que utilizan vapor, específicamente, en puntos

estratégicos como después de las reguladoras de presión, las cuales se encargan de proveer la presión adecuada en el vapor para los distintos servicios y equipos en los hospitales. También, en el sistema de bombeo de agua y la planta de emergencia la aplicación es similar, mediante el uso de dichas tecnologías, en casos de emergencia, se podría tener un mejor control de una forma más continua y confiable de los niveles de agua en las cisternas y de los niveles en los tanques de combustibles.

3) Ahorro en el Uso de Vapor. Esta es una necesidad muy palpable en las diferentes entidades hospitalarias estudiadas. Existen ciertos procedimientos a realizar tanto en el sistema de generación (calderas) como en el sistema de distribución de vapor que pueden hacer posible el ahorro deseado, tales como:

- ✓ Mantener la caldera en su mejor eficiencia.
- ✓ Procurar el buen estado del aislamiento térmico de líneas de vapor.
- ✓ Reparar fugas de vapor.
- ✓ Revisar periódicamente el retorno de condensado.
- ✓ Retornar el condensado de los distintos servicios suministrados.
- ✓ Procurar un horario compacto en la generación de vapor.
- ✓ Eliminar las líneas de vapor que estén sin uso.

## 2.4 OBSERVACIONES.

- 1) Debido a otras prioridades, el sistema de distribución de vapor muchas veces es descuidado en su mantenimiento, por ello en algunos hospitales fue posible encontrar fugas de vapor debido al mal funcionamiento de válvulas y trampas.
- 2) En algunos hospitales, el mantenimiento correctivo para las tuberías del sistema de distribución de vapor no es el adecuado, puesto que el reemplazo de tubería no incluye su respectivo aislante térmico (fibra de vidrio). Esto genera el incremento de costos en la generación de vapor para los hospitales.
- 3) El sistema de distribución de vapor fue considerado un sistema electromecánico aparte de las calderas debido a que éste cumple la importante función de transportar el vapor a distintos servicios de los hospitales y posee dispositivos para los cuales se requiere mantenimiento cada cierto período de tiempo, tales como válvulas y reguladoras.
- 4) El sistema de bombeo y las calderas son sistemas que poseen un cierto grado de automatización, encontrándose en ellos controles eléctricos, con el fin de proporcionar soporte electromecánico a un componente específico o al sistema en general.
- 5) Actualmente, debido a la falta de recurso económico para la elaboración de proyectos que impliquen tecnologías de control y monitoreo, el método mayormente empleado para minimizar el consumo de energía eléctrica es la utilización de balastos convencionales o electrónicos que utilizan tubos fluorescentes de 32 W y 20W, correspondientemente.
- 6) El estudio realizado en los sistemas electromecánicos ha permitido identificar necesidades de soporte electromecánico que se poseen, para las cuales en algunas de estas necesidades existe la posibilidad de emplear tecnologías de control y monitoreo. Estas necesidades se sintetizan en los términos siguientes: Ahorro Energético, Seguridad y Ahorro en el Uso de Vapor.

## CAPITULO 3. METODOLOGIA DE ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE CONTROL Y MONITOREO PARA UN SISTEMA CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO A NIVEL HOSPITALARIO.

La administración de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para proyectar actividades y poder cumplir o exceder las necesidades y expectativas del proyecto... esto, invariablemente involucra la habilidad de balancear las demandas competitivas de tiempo, costo, alcances, calidad y las diferentes necesidades y expectativas [referencia 3-1].

### 3.1 PRIMERA ETAPA. PROCESO DE INICIACION Y VISUALIZACION.

El fin de esta etapa es imaginar con claridad el resultado deseado antes de comenzar. El principio "Comenzar con el fin en la mente", le da un lugar mental para empezar un boceto para el producto terminado. Esto esta basado en el principio de que todas las cosas son creadas dos veces, la primera es la creación mental y la segunda es la creación física.

#### 3.1.1 COMPRENDER LA NECESIDAD DE CONTROL Y MONITOREO.

No se puede cumplir con una necesidad que no se entiende. Por tanto es necesario realizar un estudio cuantitativo y cualitativo tomando en cuenta las prioridades de los elementos a tratar en los sistemas electromecánicos dentro del hospital. En esta etapa uno de los pasos más importantes es la realización de una visita en planta que consiste en acudir al lugar donde se encuentra el sistema electromecánico o maquinaria para conocer directamente el proceso y las necesidades planteadas por el cliente clave.

Al final se deberán haber cumplido los siguientes requerimientos importantes, como son:

3.1.1.1 Necesidades Planteadas por los Clientes Clave del Proyecto: Los clientes claves del proyecto son aquellas personas que se ven afectadas por el resultado del proyecto y son los que determinan si este fue exitoso o no. El identificar los resultados esperados de los clientes clave del proyecto llegan a ser parte del Acuerdo Ganar-Ganar (ganancia reciproca).

- 3.1.1.2 Identificación del proceso del sistema o maquina. Este se basa en la observación exhaustiva y en la recopilación de información que permita conocer aspectos como: Funcionamiento del proceso, Reconocimiento de los valores máximos y mínimos de operación y las características y especificaciones técnicas del mismo sistema.
- 3.1.1.3 Definición de las variables a controlar y monitorear. El proceso de visualización deberá proporcionar las variables a controlar y monitorear para el sistema, las cuales pueden ser: presión, flujo, niveles, conductividad, temperatura, voltaje, corriente, etc.
- 3.1.1.4 Levantamiento de la periferia. En este paso se deben definir el numero de entradas y salidas que contendrá el sistema de control y monitoreo, así como también la periferia para la conectividad entre clientes-servidor, lo cual permitirá ir predefiniendo las tecnologías a utilizar para el proceso.
- 3.1.1.5 Elaboración de una propuesta que posea fundamento técnico y que persiga el alcance de beneficios para la institución hospitalaria mediante el sistema de control y monitoreo propuesto.

### 3.1.2 ENUNCIAR LA VISIÓN DEL PROYECTO.

Esto define el alcance y los resultados deseados del proyecto, esto dará al equipo de trabajo y a las personas claves del proyecto una visión clara de la meta final en mente.

- 3.1.2.1 Descripción del proyecto: Que, donde, y para cuando.
- 3.1.2.2 Resultados deseados: Lo que se debe lograr, producir y entregar.
- 3.1.2.3 El enunciado de visión deberá ser específico, medible, alcanzable, relevante y deberá de cumplirse en un tiempo definido.

### 3.2 SEGUNDA ETAPA. PROCESO DE PLANIFICACION.

Este proceso predice y previene los posibles fracasos, así como predetermina el curso de los eventos o tareas por escrito. En esta etapa se deberán de asignar prioridades, así como considerar posibles riesgos y las alternativas de solución. La planificación debe basarse en el análisis sistemático de una serie de factores, pero considerando no solo las características actuales de las tareas de control y monitoreo, sino también las necesidades futuras en función de los objetivos del hospital.

#### 3.2.1 FACTORES CUANTITATIVOS [referencia 3-2].

Se refiere a la capacidad de los equipos para soportar todos aquellos requerimientos para el sistema centralizado de control y monitoreo de los sistemas electromecánicos dentro del hospital.

3.2.1.1 Entradas / salidas: Determina la cantidad de señales de entrada y de salida, tanto discretas como numéricas y analógicas, que debe ser capaz de tratar el equipo, es el primer trabajo a realizar al iniciar la implementación de un sistema centralizado de control y monitoreo. No hay más remedio que contar el número de dispositivos cuyo estado hay que leer o gobernar. Una vez obtenidas estas cantidades es muy recomendable reservar espacio para futuras ampliaciones (entre 10% y 20%). Para aquellas aplicaciones complejas en que la realización resulta difícil, tanto en lo referente al material como a la programación, los fabricantes ofrecen un conjunto de E/S especiales con inteligencia incorporada, que permiten reducir el volumen del equipo y descargar a la Unidad Central de complicadas secuencias de instrucciones, reduciendo considerablemente el tiempo de ejecución. Estas E/S quasi-autónomas, están diseñadas para funciones de control PID, posicionamiento multi-eje, control de motores paso-paso etc. En el caso de grandes sistemas de control, es de particular importancia disponer de E/S remotas. La ubicación de estructuras de E/S junto a los dispositivos de entrada y salida, y unidas a la Unidad Central con un cable de comunicaciones (un simple par trenzado), disminuye drásticamente los costos de cableado, tanto en material como en trabajo de instalación.

Por otra parte, facilita las tareas de puesta a punto y mantenimiento, ya que se pueden realizar por áreas funcionales sin afectar al funcionamiento del resto del sistema.

3.2.1.2 Tipo de Control: En aplicaciones en las que se pretende el control de varias áreas o maquinas interdependientes, pero con funciones autónomas, se plantea la disyuntiva de optar por el control centralizado o por el control distribuido. La importancia de dichas funciones por si solas, o la posibilidad de subdividir la tarea de control del proceso o conjunto de maquinas en esas funciones autónomas, determinara en muchos casos la elección de un tipo u otro de control. El control centralizado presenta el inconveniente de que si el autómata falla (particularmente la Unidad Central), se produce un paro total de la instalación. En los sistemas de control centralizado donde la disponibilidad del equipo es fundamental (proceso continuos), se optara por el empleo de Unidades Centrales Redundantes. Una Unidad esta en ACTIVO controlando las E/S mientras que la otra esta en reserva o BACK-UP, de forma que si la primera deja de funcionar, la segunda asume el control de las E/S. La opción de control distribuido requiere que puedan considerarse maquinas o grupos de maquinas, o áreas funcionales del proceso susceptibles de ser definidas por un algoritmo de control. A cada una de ellas se destinara un Autómata dimensionado de acuerdo con los requerimientos de aquella área. Debido a la interdependencia que existe entre las operaciones que tienen lugar en cada área, hay que tener en cuenta que es necesario interconectar los Autómatas entre si o a través de una red de comunicaciones en Área Local (LAN-Local Area Network) para intercambio de datos y estados de E/S; por tanto para el sistema centralizado los Autómatas evaluados deberán permitir las comunicaciones.

3.2.1.3 MEMORIA DE LOS AUTOMATAS A MONITOREAR Y CONTROLAR: En este aspecto, es necesario considerar dos características principales: tamaño y tipo de la memoria. En general las Unidades Centrales incorporan una cantidad de memoria acorde con su capacidad de control y la potencia del conjunto de instrucciones con las que opera. Es altamente recomendable

considerar un porcentaje adicional de reserva. Debido a la flexibilidad de los Automatas, es frecuente que el usuario, una vez resuelto el problema de control fundamental de su instalación en su área, se plantee el obtener tal o cual información del proceso u optimizar tal o cual operación, ya que los datos y señales existen ya en el control. Esto es cierto, pero hay que programar las instrucciones que ejecuten esas nuevas funciones en la memoria restante, o acudir a una ampliación. El tipo de tecnología de la memoria empleada dependerá de la aplicación concreta. En ciertas aplicaciones es necesario introducir cambios en la secuencia de control con cierta frecuencia, sin posibilidad de detener su funcionamiento, esto solo es posible cuando se esta trabajando con una memoria de tipo RAM, por tanto volátil y que requiere un soporte de batería. En cambio los fabricantes de maquinaria una vez desarrollado, probado y depurado el programa, estarán mas interesados en trabajar con memorias permanentes del tipo EPROM o EEPROM, que proporcionan un medio muy fiable de almacenamiento del programa.

- 3.2.1.4 SOFTWARE: Debido a que los software´s de los sistemas SCADA son bastante complejos es necesario que los ordenadores utilizados como SERVIDOR – CLIENTES cumplan con requerimientos propios para poder soportar dichos software, es recomendable que el ordenador industrial llamado SERVIDOR este dedicado al proyecto. Por otro lado con el algoritmo de control definido, el programador tendrá una referencia del tipo de instrucciones que son necesarias para programar las secuencias lógicas definidas, pero también de aquellas funciones especiales, particularmente cálculos y tratamientos de datos, comunicaciones, regulación, etc., que requieren instrucciones especiales. Un potente conjunto de instrucciones facilitara la tarea de programación, y por tanto reducirá el tiempo empleado, y en general reducirá el tiempo de respuesta. También hay que considerar las instrucciones que permiten el control del ciclo de ejecución (subrutinas, salto, inhibición de secuencias, interrupciones, etc.), la posibilidad de organización del programa en módulos funcionales y la existencia de una biblioteca de secuencias pre-programadas (lazo de regulación PID), que simplemente con personalizar

parámetros y direcciones de variables pueden emplearse en el programa propio.

3.2.1.5 PERIFERICOS: Los fabricantes ofrecen distintos niveles de equipos de programación cuya utilidad depende del tipo de empleo a que se destinen, así los pequeños terminales tipo calculadora son de gran utilidad y económicos, cuando se emplean como unidad de monitorización y para pequeñas modificaciones en planta, o para la programación de pequeños sistemas. Sin embargo, trabajar con ellos en programas complejos, puede ser tedioso. Las consolas con pantalla CRT aportan una mayor comodidad así como un gran número de opciones de interconexión a otros periféricos, particularmente impresoras y unidades de cinta (cassette o stramer). Algunos de estos equipos denominados terminales inteligentes, permiten la programación automática (off-line), incorporan medios de archivo de programas (discos o cinta) y también capacidad de representación de gráficos. También se ofrecen elementos para la programación mediante los ordenadores PC, lo que abre la posibilidad de disponer de un potente equipo de programación (varios lenguajes, gestión de producción, etc.) a un costo aceptable, si se considera que es un equipo multiuso.

3.2.1.6 FISICOS Y AMBIENTALES: Las características constructivas, en cuanto a los materiales empleados, formas de presentación y dimensiones, deben ser analizadas en función de las condiciones mecánicas de la aplicación: aspectos como la forma de realizar el conexionado de los dispositivos de E/S (borneras a tornillo o terminales enchufables), la existencia de módulos de reserva para identificación de E/S, y otros pueden ser importantes en relación al personal que debe realizar la instalación y al que debe mantenerla. En cada caso hay que valorar las condiciones ambientales de la instalación, polvo, humedad, temperatura, y considerar la necesidad de tomar precauciones al respecto (presurización del armario).

En general los fabricantes realizan una serie de pruebas cuyos resultados se reflejan en las características técnicas de los equipos: banda de temperatura de trabajo y almacenaje, vibración soportada, nivel de interferencia etc...

### 3.2.2 FACTORES CUALITATIVOS [referencia 3-2].

Una vez planificados los factores correspondientes a las características técnicas y constructivas de los componentes del sistema centralizado y equipos periféricos, el número de equipos posibles para determinada aplicación quedara reducido a los ofrecidos por dos o tres proveedores, y habrá que decidir entre equipos de prestaciones muy similares. En muchas ocasiones la decisión se basa en criterios comerciales, y en general limitados al aspecto económico de la adquisición, pero hay que tener en cuenta otros aspectos que en definitiva tendrán una mayor influencia a medio plazo. Estos factores son menos tangibles que se ocultan en las mismas características del equipo y en las del fabricante o el suministrador del sistema centralizado.

3.2.2.1 AYUDAS AL DESARROLLO DEL PROGRAMA: Estas ayudas son proporcionadas por las herramientas de programación ofrecidas y que en un primer nivel se refieren a los analizadores de sintaxis en curso de programación es decir, la indicación inmediata de la trasgresión de las normas o formatos de programación. Siguen, la potencia de los mandatos de edición y modificación, referencias cruzadas, visualización dinámica, e histogramas de programación. Otras ayudas son los medios de documentación del programa, tanto en lo que se refiere a listados de instrucciones, listado de referencias cruzadas, como a la posibilidad de edición de un manual de la instalación que incluya el conexionado de E/S, situación física de módulos que componen el sistema centralizado, así como también la disponibilidad de librerías y dibujos etc. En las fases de Puesta en marcha es interesante disponer de instrucciones de condición forzada así como de simuladores on-line, tanto en lo que se refieren a E/S como a variables internas. Esta instrucción forzada permite que el usuario determine el estado o valor de la variable independientemente del que le corresponde por el desarrollo del proceso o del programa.

Estas ayudas reducen los tiempos de programación, y puesta a punto, que constituyen siempre un costo significativo en los sistemas programables.

- 3.2.2.2 **FIABILIDAD DEL PRODUCTO:** Este es un factor de particular importancia, si tenemos en cuenta que una falta de fiabilidad se traduce directamente en tiempos de parada, y por tanto, costos de producción. Un indicador de fiabilidad lo constituye los costos de producción en tiempo por fallas, así como el índice de costos encadenados hacia atrás y hacia adelante al proceso de producción derivados de las fallas presentadas. Pero otro indicador lo constituyen las experiencias de otros usuarios y la existencia de otras instalaciones similares en las que el equipo ha probado su valía, consúlteles acerca de su experiencia con el equipo y la marca
- 3.2.2.3 **SERVICIOS DEL SUMINISTRADOR:** En los primeros contactos potenciales con los suplidores se puede obtener una idea de la capacidad y voluntad del soporte técnico que el vendedor esta en condiciones de ofrecer. La formación del personal de programación o de mantenimiento, es un requisito importante, ya que cuanto mejor se conozcan y comprenda las características y prestaciones del equipo, mayor rendimiento se obtendrá de el. Acordar cursos de formación en los hospitales que permitan al usuario formar a un mayor número de técnicos. Los cursos suelen contratarse, aunque en ocasiones se ofrecen gratis con la compra del equipo; es un punto a acordar en el momento de cerrar un proyecto. Una vez instalado el equipo, adquiere importancia la Asistencia Técnica, esta puede abarcar un servicio de consulta técnica vía telefónica hasta el desplazamiento rápido y oportuno de un técnico de servicio al lugar de la instalación de igual manera se deber de asegurar la asistencia técnica de terceros especializados en automatización y que son referidos por los suplidores. Otro elemento de gran valía es la disponibilidad de una buena información técnica que cubra tanto los aspectos de instalación y programación, como el mantenimiento. La información debe esta bien organizada, debe ser clara y con ilustraciones de calidad, y es deseable que incluya ejemplos y notas de aplicación. Por ultimo hay que considerar las disponibilidades del producto y de recambios.

Aunque de hecho la instalación puede iniciarse aun sin tener el equipo, hay que asegurar su disponibilidad en el momento adecuado para no demorar la puesta en marcha y arranque del sistema de control

- 3.2.2.4 NORMALIZACION EN PLANTA: Pueden considerarse dos posturas respecto a la normalización de una determinada tecnología en el hospital para cubrir las necesidades de empleo de sistemas de control centralizado. 1) Actualmente, los fabricantes ofrecen familias de productos compatibles entre si que cubren todas las necesidades, desde pequeños sistemas, hasta aquellos capaces de controlar miles de E/S, que pueden comunicar a través de Redes Locales, y se configuran empleando componentes de E/S comunes a todos los modelos. En este aspecto la adopción de una sola marca cubre todas las necesidades y presenta las siguientes ventajas: -La formación del personal respecto a nuevos componentes es simplemente una ampliación de conocimientos previos. –Se reduce el stock de recambios distintos. – Una unidad que se amplié, en todo caso requerirá simplemente el cambio de la Unidad Central por otra mas potente o añadir mas memoria a la existente y reprogramar. 2) Por otra parte existe un factor de riesgo en la dependencia única de un solo proveedor. Hay que evaluar la posibilidad de trabajar con mas de una marca (dos a los sumo) de forma que el personal técnico este formado en el empleo de mas de un tipo de equipo, y tener una alternativa cada vez que se presenta una nueva aplicación. Las desventajas originales que representa tener que conocer dos o tres sistemas distintos, probablemente con lenguajes distintos y equipos de programación propios, van desapareciendo por la mayor similitud de los equipos actuales, las opciones de programación a través de ordenador personal, la disponibilidad de módulos de interconexión entre unidades de distintos fabricantes, y la interconectabilidad de Redes Locales propugnada por los esfuerzos de normalización en el campo de Redes de Comunicación.

### 3.2.3 SELECCIÓN DE LAS COMUNICACIONES [referencia 3-3].

La creciente integración de computadores y comunicaciones dentro de un sistema único, ha llevado a una industria nueva y de rápido crecimiento: la industria de comunicación de datos basada en computadores.

3.2.3.1 Protocolo de Enlace: una de las consideraciones fundamentales es la transmisión física de datos de un computador a otro, para cumplir con esta tarea exitosamente, se deben resolver problemas de correcta secuencia de datos y sincronización del trasmisor y receptor.

3.2.3.2 Adaptadores de Comunicaciones: es un elemento que conceptualmente existe en cada extremo de cada cable de comunicaciones. Normalmente son piezas de hardware independientes, aunque también pueden venir integrados en el dispositivo. Su modularidad es una condición deseable porque proporciona mayor flexibilidad de configuración al equipo que los contiene, su función principal es preparar los datos para su transmisión a través de la línea, serializándolos, insertando caracteres de control en el mensaje, permitiendo la sincronización, respondiendo a los comandos de control.

3.2.3.3 Compresores de Datos: la compresión o compactación de los datos se lleva a cabo mediante el uso de algoritmos muy sofisticados (mantenido como secreto comercial) que, operando sobre un bloque a enviar, busca una representación de los mismos usando un número menor de bits.

3.2.3.4 MODEMS: son dispositivos destinados principalmente a la conversión de señales digitales en analógicas y viceversa. Estos puede ser externos, independientes, o residir dentro del gabinete del procesador central. Según el caso, se les llama modulares o integrados.

3.2.3.5 PUENTES: son dispositivos de hardware cuyo cometido principal es contribuir a economizar líneas, módems, puertas del procesador y adaptadores de comunicaciones.

- 3.2.3.6 **CONCENTRADORES:** son dispositivos inteligentes, basados en un microprocesador, cuyo cometido principal es concentrar líneas de comunicaciones, economizando líneas, módems, adaptadores y puertos de conexión central. Su uso puede ser local o remoto.
- 3.2.3.7 **CONTROLADORES:** son dispositivos con mayores niveles de inteligencia desarrollada y programación realizable por el usuario (externa). Pueden usarse los medios de almacenamiento, no solo para capturar datos, sino también para consulta, actualización, etc.
- 3.2.3.8 **PROCESADORES:** se aplica a procesadores de comunicaciones súper especializados, es decir, con una arquitectura y un sistema operativo especialmente diseñados para manejar todas las funciones relativas a la administración de una red de procesamiento de datos.
- 3.2.3.9 **MEDIOS FISICOS DE TRANSMISION TERRESTRES O AEREOS:** el medio de transmisión es la facilidad física usada para la interconexión de estaciones del usuario y dispositivos, para crear una red que transporte mensajes de las mismas, según el ambiente donde se instalara, el tipo de equipo a usar, el tipo de aplicación y requerimientos, capacidad económica (relación costo-beneficio) y oferta.
- 3.2.3.10 **REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS:** Las arquitecturas de comunicaciones son el vínculo de unión para todos los productos de comunicación de datos, tanto existentes, como futuros de un vendedor. Estas arquitecturas solventan las necesidad de protocolos de comunicación de datos que trasciendan los limites de los anteriores, la capacidad de trasladar inteligencia a dispositivos cada vez mas pequeños, el desarrollo de las comunicaciones entre clases mas nuevas de dispositivos, la necesidad de interconectarse con medios mas nuevos de transportadores comunes. Una arquitectura debe brindar una filosofía de control de red que integre completamente al control dentro de la red, de manera que una porción de red del sistema de comunicación no depende de otros componentes para mantenerse en operación, deben ser

inherentes las disposiciones para alta eficiencia, redes de bajos tiempos adicionales, redes ultra resistentes y redes en la cuales los datos estén seguros.

3.2.3.11 Redes Locales (LAN: Local Área Network): Una red local se define como un sistema de comunicación intra-oficina, intra-edificio, intra-servicios, que apoya algún tipo de procesamiento de comunicaciones y transferencia de información transparente entre usuarios y/o dispositivos electrónicos. Estas redes locales habitualmente usan una arquitectura basada en cables seriales para unir computadores, periféricos, terminales de datos y equipos de control y monitoreo.

### 3.2.4 ADMINISTRACION DE RIESGOS DE UN PROYECTO [referencia 3-4].

Todo los Proyectos sin excepción alguna, tienen implícitos algún tipo de riesgo. Pero es usted quien debe administrar los riesgos del proyecto, decidiendo cuales acepta y cuales no.

3.2.4.1 PLANIFICACION DEL RIESGO: Se decide como se va a planificar la administración del riesgo en las distintas actividades del proyecto.

3.2.4.2 IDENTIFICACION DEL RIESGO: Se determina cuales riesgos podrían llegar a afectar al proyecto y se documentan las características de cada uno de ellos.

3.2.4.3 ANALISIS CUALITATIVO DEL RIESGO: Se evalúa el impacto y probabilidad de los riesgos identificados priorizando los mismos según su potencial impacto sobre el proyecto. Este enfoque se fundamenta en dos herramientas principales; la Expectativa de Perdida del Proyecto (EPP) y el Costo Estimado del Proyecto (CEP) es decir la probabilidad de que un evento de pérdida parcial o total ocurra.

3.2.4.4 ANALISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO: Se analiza numéricamente la probabilidad de cada riesgo y su consecuencia sobre los objetivos del proyecto.

3.2.4.5 PLANEAMIENTO DE LA RESPUESTA AL RIESGO: Se desarrollan opciones y se determinan acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas.

3.2.4.6 MONITOREO Y CONTROL DE RIESGO: Se lleva a cabo el seguimiento de los riesgos identificados, se detectan aquellos riesgos residuales no identificados con anterioridad y se identifican nuevos riesgos.

### 3.3 TERCERA ETAPA. PROCESO DE EVALUACION E IMPLEMENTACION.

EVALUACION: La evaluación de proyectos pretende medir la rentabilidad de la inversión así como abordar el problema de la asignación de recursos en forma explícita, recomendando a través de distintas técnicas que una determinada iniciativa se lleve adelante por sobre otras alternativas de proyectos. Este hecho lleva implícita una responsabilidad social de hondas repercusiones que afecta de una manera u otra a todo el conglomerado social, lo que obliga a que se utilicen adecuadamente patrones y normas técnicas que permitan demostrar que el destino que se pretende dar a los recursos es el óptimo. Los proyectos surgen de las necesidades individuales y colectivas de la persona. Es ella la que importa, son sus necesidades las que deben satisfacerse a través de una adecuada asignación de los recursos, teniendo en cuenta la realidad social, cultura y política en la que el proyecto pretende desarrollarse. Socialmente, la técnica busca medir el impacto que una determinada inversión tendrá sobre el bienestar de la comunidad. A través de la evaluación social se intenta cuantificar los costos y beneficios sociales directos, indirectos e intangibles, además de las externalidades que el proyecto pueda generar. El planificador y evaluador de proyectos tienen que trabajar con neutralidad respecto de las políticas de contexto que se dan en un momento determinado, independientemente de cual sea su posición frente a ellas.

#### 3.3.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD (COSTO-BENEFICIO) [referencia 3-5].

El estudio del proyecto pretende contestar el interrogante de si es o no conveniente realizar una determinada inversión. Esta recomendación solo será posible si se dispone de todos los elementos de juicio necesarios para tomar la decisión. Con este objeto, el estudio de viabilidad debe intentar simular con el máximo de precisión lo que le sucedería al proyecto si fuese implementado, aunque difícilmente pueda determinarse con exactitud el resultado que se lograra en su puesta en

marcha. De esta forma, se estimaran los beneficios y costos que probablemente ocasionaría y, por tanto, que pueden evaluarse. Si bien toda decisión de inversión debe responder a un estudio previo de las ventajas y desventajas asociadas a su implementación, la profundidad con que se realice dependerá de lo que aconseje cada proyecto en particular. En términos generales, cinco son los estudios particulares que deben realizarse para evaluar el proyecto: Los de la viabilidad: comercial, técnica, legal, de gestión y financiera.

- 3.3.1.1 El estudio de viabilidad comercial: indicara si el mercado es o no sensible al bien o servicio producido por el proyecto y la aceptabilidad que tendría en su consumo o uso, permitiendo, de esta forma, determinar la postergación o rechazo de un proyecto, sin tener que asumir los costos que implica un estudio económico completo.
- 3.3.1.2 El estudio de viabilidad técnica: estudia las posibilidades materiales, físicas y químicas de producir el bien o servicio que desea generarse con el proyecto.
- 3.3.1.3 El estudio de viabilidad legal: en un proyecto podrían existir algunas restricciones de carácter legal que impedirían su funcionamiento en los términos que se pudiera haber previsto, no haciendo recomendable su ejecución; por ejemplo, limitaciones en cuanto a su localización o el uso del producto.
- 3.3.1.4 El estudio de viabilidad de gestión: es el que define si existen las condiciones mínimas necesarias para garantizar la viabilidad de la implementación, tanto en lo estructural como en lo funcional.
- 3.3.1.5 El estudio de viabilidad Financiera: este estudio estima la rentabilidad de la inversión y verifica si existen incongruencias que permitan apreciar la falta de capacidad de gestión, su aprobación o rechazo.

**IMPLEMENTACION:** Es poner el plan en acción y coordinar actividades, recursos y calendarios. Sin embargo, implementar y planificar no se excluyen mutuamente, ya que se tendrá que ajustar el plan de acuerdo a nueva información a medida que se implementa. Es necesario hacer revisiones al plan según sea necesario. Es necesario activar un plan de seguimiento de las partes y tareas que conforman el proyecto. Utilice reuniones de seguimiento para monitorear el avance del proyecto y comunicar los asuntos claves del mismo. Utilice las técnicas de delegación para dar seguimiento efectivo hasta que el proyecto finalice.

### 3.3.2 DESARROLLO DE UNA TAREA DE CONTROL Y MONITOREO [referencia 3-2].

La mejor forma de resolver un problema es definirlo y entenderlo. Escribir instrucciones es un trabajo fácil cuando se han descrito adecuadamente las secuencias de control y monitoreo que permitirán resolver determinado problema de automatización. Así pues sea cual sea la magnitud del problema de automatización es necesario realizar unos pasos previos para minimizar los errores.

3.3.2.1 **DESCRIPCION:** obtener una descripción funcional del sistema, con el mayor detalle posible, y comprenderla; de ser posible obtener una representación esquemática.

3.3.2.2 **ALGORITMO DE CONTROL Y MONITOREO:** Mediante un proceso de análisis reiterativo de las tareas de control, definir el método de control y monitoreo hasta optimizarlo y obtener un diagrama de flujo o de fases de las secuencias de operaciones que determinan el método.

3.3.2.3 **REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO DE CONTROL Y MONITOREO:** El equipo de control y monitoreo debe ser capaz de manejar la información requerida, es decir, señales de E/S discretas, numéricas y analógicas, además de efectuar operaciones de cálculo de variables.

3.3.2.4 **ESQUEMAS LÓGICOS:** A partir del diagrama de flujo se pueden expresar las secuencias en esquemas lógicos.

3.3.2.5 ASIGNACION DE DIRECCIONES DE E/S: Este trabajo se hace necesario para poder identificar las variables que intervienen en el proceso a la hora de transcribir los esquemas lógicos al lenguaje de programación del sistema que se emplee. Efectuado el direccionado, se procederá a la transcripción de los circuitos lógicos obtenidos, al lenguaje de programación propio de los sistemas de control que se seleccionen para la aplicación.

### 3.3.3 DOCUMENTACION DE LOS PROGRAMAS.

Cuando se dispone de unos esquemas de conexionado, claros, explícitos y organizados, se facilita la comprensión del funcionamiento de una maquina o proceso, y por supuesto se hace mas viable la investigación y corrección de averías o funcionamiento anómalo del sistema. De igual forma, disponer de una buena documentación del programa de aplicación introducido en la memoria de los sistemas de control, facilitara cualquier trabajo durante la puesta en marcha del proceso, y el mantenimiento de la instalación.

La documentación del programa consiste fundamentalmente en la obtención de listados de impresora, ya sea en esquema de contactos o en lista de instrucciones, y listados de referencias cruzadas, es decir, listados que indican en que punto del programa y con que función, se han empleado las direcciones de entrada/salida e internas asignadas a las variables del proceso.

Un nivel superior de documentación permite asociar a cada dirección de E/S una leyenda o etiqueta descriptiva que permite la rápida identificación de las variables de E/S con los dispositivos de campo o la función de variables internas. Además se permiten comentarios descriptivos de las secuencias programadas par una mejor comprensión de la función de control. Por ultimo, comentar que con el empleo de las técnicas de AUTOCAD se han desarrollado paquetes de programas que permiten completar la documentación comentada con esquemas eléctricos del conexionado del sistema de control, representación esquemática de los equipos (tipo y situación de los módulos), mapas de instalación, etc.

### 3.4 CUARTA ETAPA. PROCESO DE CIERRE.

Cada proyecto es una experiencia de aprendizaje y la oportunidad para identificar que funciono, que deseamos repetir en los proyectos futuros y que no funciono bien para evitarlo. Esta etapa deberá de responder las siguientes preguntas: ¿Como se si el proyecto tuvo éxito? y ¿Que parte del proceso puedo mejorar en un futuro?

#### CAPITULO 4. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA PROPUESTA.

Tomando como referencia la información obtenida en el capítulo 2, y más específicamente, basándose en las técnicas de recolección de datos realizada en cada uno de los hospitales, se pudo determinar que los sistemas electromecánicos más impactantes son: calderas y aire acondicionado. Antes de proceder a favorecer a uno de los sistemas antes mencionados mediante el sistema de soporte electromecánico se procedió a evaluar a cada uno de ellos mediante los siguientes criterios:

- a) El impacto del ahorro en los recursos que utilizan.
- b) El impacto del sistema debido a un paro imprevisto.

Como resultado, el sistema electromecánico electo fueron las calderas, puesto que se comprobó que dicho sistema tiene más apego a los dos criterios antes mencionados, las razones que justifican a cada criterio se detallan a continuación correspondientemente:

1. El proceso de generación de vapor representa un gran impacto económico a nivel de hospitales principalmente en los siguientes rubros:
  - Costos por mantenimiento
  - Costos por operación [ver anexo 4-A], dependiendo de las necesidades y los servicios existentes en cada hospital.

Al revisar cada uno de los recursos utilizados en dicho proceso, aquél que genera mayor impacto económico en sus costos es el combustible (aceite diesel No. 2<sup>18</sup> o aceite fuel oil No. 6<sup>19</sup>), y es aun más desfavorable en aquellas instalaciones de vapor donde se utiliza aceite diesel No. 2 como fuente de energía, debido a las diferencias notorias en el costo por galón de este con respecto al aceite fuel oil No.6<sup>20</sup>. Como resultado de estos altos costos, a través del tiempo se han desarrollado métodos y técnicas para mejorar la eficiencia energética en las calderas, generando una reducción en el consumo de recursos en general y posibilitando de esta forma beneficios a cualquier tipo de institución o entidad.

---

<sup>18</sup>El Aceite Diesel No.2 es identificado en el ámbito hospitalario únicamente como "Diesel".

<sup>19</sup> El Aceite Fuel Oil No.6 también se llama "Aceite Bunker C" y es identificado en el ambiente hospitalario únicamente como "Bunker o Fuel Oil".

<sup>20</sup> El precio actual del Aceite Diesel No.2 por galón es de \$2.80, mientras que el precio del Aceite Fuel Oil No. 6 es de \$1.30 por galón, datos investigados el día 28 de Agosto del 2005.

2. Por otra parte, también es importante mencionar que el uso de vapor es fundamental en la ejecución de una gran diversidad de procesos en los distintos servicios hospitalarios, los cuales tienen como finalidad la búsqueda del bienestar en el paciente. La ausencia de vapor debido a posibles paros imprevistos en los sistemas generadores (calderas) representa un impacto muy perjudicial en una entidad hospitalaria. La magnitud del caos que genera el paro imprevisto de una caldera en un hospital es casi comparable a sistemas de soporte básicos tales como bombeo de agua y plantas eléctricas de emergencia, pero a diferencia de dichos sistemas, las calderas tienen la particularidad que son sistemas en los cuales se ha comprobado, a través de diferentes textos bibliográficos, que es posible la maximización de los recursos que utilizan.

Antes de profundizar respecto al sistema centralizado de soporte electromecánico específico que se persigue realizar en las calderas del hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom" (HNNBB), es importante resaltar, que dicho sistema se encuentra íntimamente relacionado con dispositivos conocidos como equipos complementarios, entre los más importantes se tienen los siguientes: deaerador, tanque de alimentación de agua, tanque de condensado, dosificador de químicos, suavizador de agua, tanque de combustible, separador de purgas, distribuidor de vapor; por consiguiente, tanto la caldera como los equipos complementarios conforman el conjunto que actualmente es llamado: central de vapor. En la figura 4.1 se muestra una ilustración gráfica de la central de vapor del hospital en cuestión, la cual no presenta mucha variación con respecto a las centrales de vapor de la totalidad de hospitales visitados (presentados en la primera etapa de la investigación), ya que estas se encuentran conformadas por los mismos equipos complementarios mencionados.

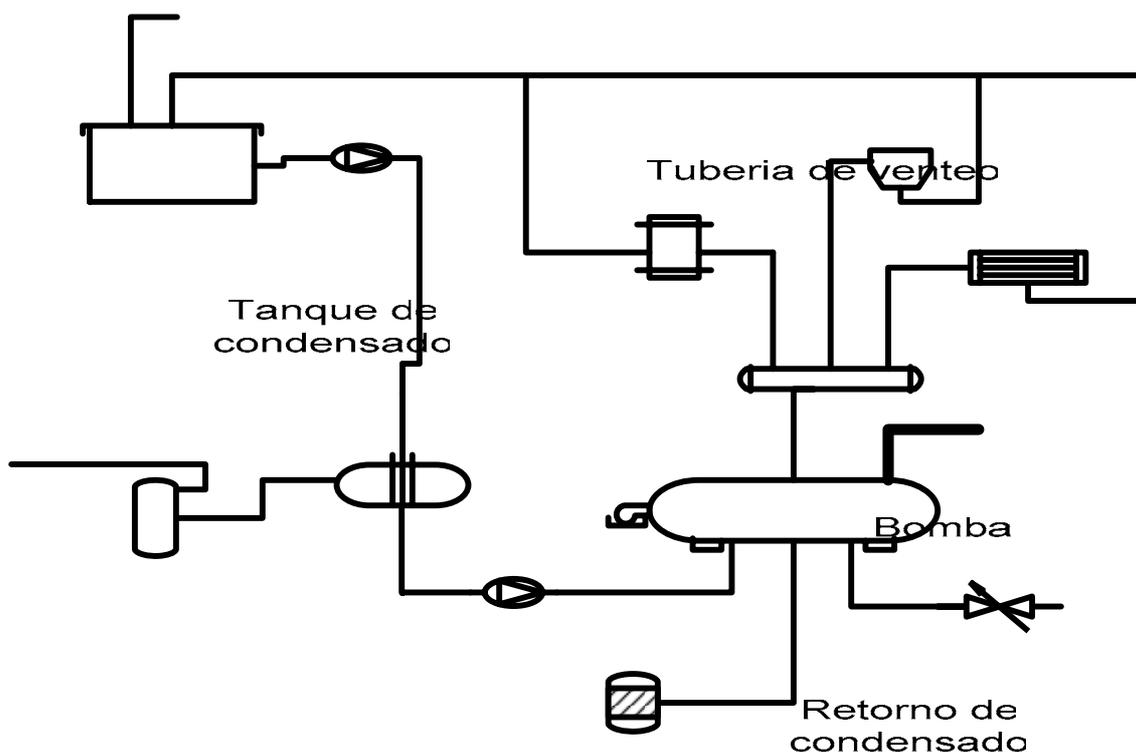


Figura 4.1 Representación esquemática de la central de vapor del HNNBB.

La importancia de resaltar los dispositivos mencionados en el párrafo anterior se debe al tipo de soporte electromecánico que se pretende llevar a cabo, ya que dicho soporte implica agregar algunos dispositivos adicionales al conjunto de dispositivos que conforman la central de vapor actual, por tanto, el soporte electromecánico propuesto implica incorporar los siguientes dispositivos:

- 1) Un sistema centralizado basado en tecnologías de control y monitoreo capaz de monitorear variables físicas del sistema de vapor y controlar dispositivos de accionamiento para la recuperación continua de condensados en el mismo, y
- 2) Un intercambiador de calor que permita la recuperación de condensados de una forma mas continua mediante el aprovechamiento de las grandes cantidades de vapor vivo<sup>21</sup> proveniente de la tubería de venteo<sup>22</sup> del mismo sistema.

<sup>21</sup> La expulsión de vapor vivo (mezcla de vapor flash y vapor con alto poder energético) es una anomalía del sistema, este se explicara y calculara en un apartado posterior del documento.

<sup>22</sup> La importancia de la tubería de venteo es que permite que no se acumule presión en el sistema evitando así un colapso del mismo por sobrepresiones. En teoría, el sistema debe liberar por dicha tubería únicamente vapor flash, el cual es un tipo de vapor con una capacidad calorífica aun aprovechable.

Para entrar más en detalle a continuación se presentan las razones que han permitido proponer el sistema centralizado de soporte electromecánico para la central de vapor del HNNBB, como sigue:

- Deficiente recuperación de condensado<sup>23</sup>. A pesar de una adecuada instalación de tuberías principales de distribución y de retorno de condensado, esto se debe a problemas que se mencionaran en un apartado posterior<sup>24</sup>, y
- Suficiente documentación del sistema. En general, la central de vapor del hospital cuenta con información relevante no encontrada en los otros hospitales visitados, tanto de la generación como de la distribución de vapor.

Para darle una forma ordenada y coherente al documento también se ha considerado necesario desarrollar la metodología propuesta en el capítulo 3, tal y como se desarrollará en los apartados posteriores del documento.

#### 4.1 PRIMERA ETAPA. PROCESO DE INICIACION Y VISUALIZACION.

##### COMPRENDIENDO LA NECESIDAD DE CONTROL Y MONITOREO.

A manera de identificar la necesidad específica de soporte electromecánico para el sistema seleccionado a continuación se desarrollan los aspectos siguientes: necesidad planteada por el cliente o usuario, identificación del proceso, propuesta técnica, variables a controlar y monitorear, y levantamiento de la periferia.

##### 4.1.1 NECESIDAD PLANTEADA POR LOS USUARIOS.

La necesidad específica planteada en el Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom" para la central de vapor se obtuvo a través de dos personas, tanto el subgerente de mantenimiento como el jefe del área de mecánica coincidieron que la principal necesidad es el ahorro de combustible, considerando como la principal causa de dicha necesidad a la poca recuperación de condensado en la central de vapor del hospital debido a ciertos fallos en el sistema [referencia 4-2], esto fue comprobado mediante la

---

<sup>23</sup> El condensado es agua con una temperatura menor pero próxima a los 100°C y se genera a partir del uso del vapor debido a la carga instalada de consumo (equipos). Este es recolectado en un tanque del sistema conocido como: TANQUE COLECTOR DE CONDENSADOS.

<sup>24</sup> Este apartado ha sido llamado: "aprovechamiento de vapor vivo en la tubería de venteo".

observación de la fuga presente en el sistema a través de la tubería de venteo (ver fig.4.2). Estas personas también resaltaron las grandes cantidades de agua suavizada<sup>25</sup> que se están utilizando actualmente para solventar las perdidas por dicha fuga.



Figura 4.2 Fuga de vapor vivo a través de tubería de venteo.

En conclusión, dicha necesidad implica una oportunidad de mejora para la institución, que consiste básicamente en maximizar la recuperación de condensado del sistema para llevar la masa de agua proporcionada por el tanque de alimentación a una temperatura de 90°C (actualmente 32°C) hacia la entrada de la caldera, hasta la presión y temperatura<sup>26</sup> adecuada de generación de vapor.

En los siguientes apartados se detallan dos aspectos importantes, por un lado se justifica la necesidad específica planteada por las personas del Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom" (la cual es una necesidad común para todos los sistemas de generación y distribución de vapor actualmente a nivel hospitalario) y, por otro lado, en el mismo apartado se destaca la importancia del recurso primario a utilizar para dar solución a dicha necesidad, como sigue:

#### 4.1.1.1 AHORRO EN EL USO DE COMBUSTIBLE.

Independientemente del ámbito o rubro donde sea utilizado el vapor, éste implica costos elevados en su generación [ver anexo 4-A], por ello, durante mucho tiempo ha existido el interés por parte de usuarios y expertos en la búsqueda de formas para minimizar dichos costos, procurando para ello producir el calor necesario en los puntos

<sup>25</sup> Consumo diario de agua suavizada 100GPM de los cuales un 50% lo consume la caldera y el otro 50% los demás servicios, información brindada por el técnico José Jesús Lara Martínez con fecha de informe 6 de Julio de 2005.

<sup>26</sup> La presión y temperatura de generación de vapor son 145 psig y 184.10°C, respectivamente.

de consumo al menor costo posible, para alcanzar este objetivo se deben analizar todos los parámetros que influyen en el consumo de combustible por ser el principal factor de costo en la producción de vapor, como resultado, paulatinamente se han descubierto algunas técnicas o procedimientos que han posibilitado dicho objetivo, los cuales van desde el mejoramiento de la combustión en las calderas, pasando por un adecuado aislamiento de las tuberías de distribución, hasta considerar la importancia en la instalación de tuberías que retornen eficientemente hacia la caldera el condensado generado por el uso del vapor.

El costo total de la producción de vapor en un periodo de tiempo determinado se obtiene por la suma siguiente: 1) costos de combustible, 2) costos de electricidad, 3) costo de agua y su tratamiento y 4) costos por mantenimiento. Si asignamos un porcentaje de los costos del vapor generado por una caldera se encontrara que más de un 75 % proviene del costo por combustibles; en energía eléctrica y agua los costos oscilan en el orden del 18 al 22 %; y en mantenimiento (repuestos y tratamiento químico interno) los costos oscilan en el orden del 2 al 5 %<sup>27</sup>.

A continuación se muestra en la tabla 4.1 [referencia 4-1] como el comportamiento de los porcentajes en los costos de producción de vapor son bastante similares para calderas de distintos tamaños, utilizando aceite fuel oil No.6 como combustible (el más barato) y supuestas 2000 h/año de servicio de la caldera, como sigue:

<b>Porcentajes de costo energético en calderas</b>				
Producción de vapor (BTU)	1x10 <sup>8</sup>	2.5x10 <sup>8</sup>	5x10 <sup>8</sup>	10x10 <sup>8</sup>
Combustible	75.97%	80.68%	83.21%	83.04%
Electricidad	7.24%	3.94%	1.69%	2.37%
Agua	12.58%	13.36%	13.78%	13.75%
Mantenimiento	4.19%	2.00%	1.31%	0.82%

Tabla 4.1 Porcentajes estimados de costos por recurso.

La tabla anterior mantiene una relación similar con los porcentajes mostrados en el anexo 4-A, este anexo es el resultado de un calculo realizado para conocer los costos mensuales por recurso en el proceso de generación de vapor para el HNNBB, e indica

<sup>27</sup> Los porcentajes mencionados se obtuvieron del documento "Ahorro de energía en la explotación de calderas" [Referencia 4-1].

en porcentaje cuanto mayor es el costo en dinero del combustible con respecto a los demás insumos, este informe fue realizado en base a datos obtenidos por el personal del Departamento de Mantenimiento en dicho hospital.

El presente trabajo, propone una reducción en los costos del consumo de combustibles a través de un diseño de un sistema centralizado de soporte electromecánico, enfrentando 2 aspectos que se consideran importantes: 1) los altos precios de los combustibles debido a la crisis del petróleo y sus derivados y 2) el insuficiente presupuesto que experimenta actualmente el Ministerio de Salud<sup>28</sup> para la adquisición de este recurso. Por tanto, se ha comprobado que los costos en el consumo de combustible generan un alto impacto económico, pero a continuación se propondrá un método útil para reducir el consumo de este recurso en la central de vapor del Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom", el cual garantice beneficios para dicha institución.

#### 4.1.1.2 APROVECHAMIENTO DE VAPOR VIVO A TRAVÉS DE LA TUBERÍA DE VENDEO.

En el tanque colector de condensados de la central de vapor del Hospital Bloom se acumulan cantidades de vapor que están por sobre lo normal, este vapor es liberado hacia el exterior en forma continua mediante la tubería de venteo. La presencia de excedentes de vapor en este punto del sistema tiene su razón, por un lado este vapor esta compuesto por vapor flash el cual es completamente normal y es producido por los cambios de presión a que es sometido el mismo condensado proveniente de los servicios en las tuberías de recuperación de condensado, y por otro lado también este vapor esta complementado por vapor con alto poder energético presente en el sistema de recuperación de condensado, esta condición del sistema no es normal y según estudios realizados [referencia 4-2] se debe a que existe "una presión de vapor en la tubería de venteo del tanque colector del sistema", este problema se atribuye a la suma de los siguientes puntos: 1) Trampas abiertas, 2) Falta de válvulas direccionales de un solo paso, 3) Fallo de trampas de flotador y 4) Perdida de presión en trampas termodinámicas". Las fallas en los dispositivos anteriormente mencionados producen una condición anormal en el sistema ya que como resultado incorporan vapor con alto poder energético, agregando a su vez presión de línea y altas temperaturas en la tubería de recuperación de condensado, lo cual da como resultado que la temperatura

---

<sup>28</sup> Periódico Nacional La Prensa Grafica, Ejemplar con Fecha: Domingo 28 de Agosto de 2005.

en el tanque colector de condensado sea de 98 °C<sup>29</sup>; se debe recordar que este valor es casi la temperatura de ebullición del agua a presión atmosférica, esta condición no es normal ya que la presión en este punto debe ser menor a la presión atmosférica y, por tanto, debe presentar un valor de temperatura mas bajo. Para entender aun mas la problemática del sistema, a continuación se presenta la generación del vapor flash y su respectivo calculo que es la forma en como debería estar funcionando el sistema en optimas condiciones. Posteriormente, se presenta el calculo del vapor vivo que actualmente esta siendo expulsado en la tubería de venteo y representa la forma en como funciona el sistema actualmente.

#### 4.1.1.3 GENERACION Y CÁLCULO DEL VAPOR FLASH.

GENERACION. La explicación de la formación del vapor flash es como sigue: Cuando el agua se calienta a la presión atmosférica, su temperatura se eleva hasta que llega hasta los 100 °C que es la temperatura mas alta a la que el agua puede aun existir como liquido a esta presión, cualquier calor adicional no eleva la temperatura, sino que transforma el agua en vapor. El calor que es absorbido por el agua cuando eleva su temperatura hasta el punto de ebullición se llama "calor sensible" o "calor del líquido saturado", por otro lado, el calor que se necesita para transformar el agua en ebullición a vapor a la misma temperatura se llama "calor latente". Sin embargo, si el agua se calienta a presión, su punto de ebullición es mas alto que 100°C y consecuentemente el calor sensible requerido es mayor, mientras más alta sea la presión, más alto será el punto de ebullición y mayor el calor requerido. Cuando la presión se reduce, una cierta cantidad de calor sensible es liberado, este calor es entonces absorbido en la forma de calor latente, lo cual causa que una cantidad del agua se convierta en vapor flash. Es decir, que cuando se tiene condensado caliente o agua hirviendo, presurizados, y se libera a una presión más baja, parte de esos líquidos se vuelven a evaporar, y a esto es a lo que se le llama vapor flash o vapor secundario. Entonces, es posible afirmar que "el vapor flash" es importante porque guarda unidades de calor que pueden ser aprovechadas para una operación más económica de la planta, de lo contrario, esta energía es desperdiciada" [referencia 4-3]. El aprovechamiento del vapor flash es aun mas justificable cuando se encuentra mezclado con vapor con alto poder energético presente en la tubería de recuperación de condensado y en el mismo tanque colector, tal y como se ha explicado anteriormente.

---

<sup>29</sup> Recolección de datos de temperatura tomados con un trazador láser de temperatura marca 3M a una emisividad del 0.95.

CALCULO DEL VAPOR FLASH. Previo a cuantificar el vapor flash que el sistema debería generar en optimas condiciones, se debe conocer previamente el condensado generado en el sistema de vapor del HNNBB, para ello se identificaron en la tabla 4.2 los equipos que se encuentran en estado activo de forma simultanea actualmente (sin considerar aquellos equipos que se encuentran fuera de uso o inactivos), mostrando en cada uno de ellos la presión de trabajo y su respectiva demanda estimada<sup>30</sup>, como se muestra a continuación (Al final de la tabla se muestra el total consumido por los equipos en estado activo considerando una demanda simultánea de los mismos):

<b>APORTACION DE EQUIPOS A LA RED DE CONDENSADOS</b>					
<i>Demanda por área</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Presión de trabajo (Bar)</i>	<i>Demanda (kg/hr)</i>		<i>Estado**</i>
			<i>Estimada</i>	<i>Actual</i>	
<i>Equipo de lavandería</i>					
Lavadoras	4	10.0	60	90	A
Secadoras	2	10.0	400	400	A
Mangle	1	10.0	232	232	A
Planchadoras	3	6.0	23	*	
Prensas de forma	1	6.0	15	*	
<i>Equipo de cocina</i>					
Marmitas A032	1	0.5	41	41	A
Marmitas A033	2	0.5	92	92	A
Marmitas A034	1	0.5	56	56	A
Marmitas A051	1	0.5	54	54	A
Lavadora de vajillas	1	0.5	28	*	
<i>Lavachatas</i>					
En torre	11	0.5	165	*	
En edificios nuevos	2	0.5	30	*	
<i>Esterilizadores</i>					
A001 Anestesia	2	2.5	10	10	
A002 Instrumentación	1	2.5	10	10	
<i>Calentadores de agua</i>					
Para cocina	1	2.5	9.75	9.75	A
Para agua general AP	3	2.5	70.18	*	
Para agua Calif A/A	2	10.0	400	*	
<i>Equipos varios</i>					
Deaerador	1	0.3	27	40	A
Planta desinfección	1	2.5	195	*	
Caldera de vapor limpio	1	10.0	314	*	
Demanda de vapor simultanea (kg/hr)				1014.75	
<b>*Equipo fuera de uso.</b>					
<b>**Estado del equipo a la hora de máxima demanda.</b>					
<b>A: activo</b>					

Tabla 4.2 Presiones y demandas por equipos en el sistema.

<sup>30</sup> Información obtenida del documento de referencia 4-4.

De la tabla anterior la aportación de condensados proviene de la casilla llamada "demanda actual"<sup>31</sup> de cada uno de los equipos indicados en estado activo, por tanto el total de condensado aportado a cada línea de presión o trabajo se resume en la tabla 4.3, como sigue:

Línea de presión o trabajo	Condensado Aportado
Para línea de 10 bares	722.00
Para línea de 6 bares	0.00
Para línea de 2.5 bares	9.8
Para línea de 0.5 bares	243.00

Tabla 4.3 Condensado aportado por cada línea de trabajo.

Posteriormente se utilizó la tabla mostrada en el anexo 4-B para el cálculo de vapor flash<sup>32</sup> correspondiente a cada línea de trabajo como se muestra a continuación:

Presión en la red (Bar) *	Total de condensado/red Kg/hr	Presión en el tanque (tanque abierto) *	% de vapor Flash/red	Vapor Flash (kg/hr)
10,0	722,0	0	16,00%	115,52
6,0	0,0	0	12,26%	0,00
2,5	9,8	0	7,45%	0,73
0,5	243,0	0	2,24%	5,44
*PRESION MANOMETRICA			<b>Vapor Flash producido</b>	<b>121,69</b>

Tabla 4.4 Cálculo del Vapor Flash generado por el sistema en óptimas condiciones.

En conclusión, el vapor que se generaría a través de la tubería de venteo para un sistema en óptimas condiciones sería el mismo vapor flash calculado, el cual sería de 121.69 Kg/hr.

#### 4.1.1.4 CALCULO DEL VAPOR VIVO LIBERADO POR EL SISTEMA ACTUALMENTE.

Este cálculo es sencillo pero se considera como el más importante ya que permite conocer la cantidad de vapor vivo que actualmente se encuentra siendo liberado mediante la tubería de venteo debido a las deficiencias mencionadas en un apartado anterior [referencia 4-2]. Para la realización del cálculo se consideró una demanda de vapor simultánea (1,014.75 Kg/hr) mostrada en la tabla 4.2 y estimando pérdidas en el

<sup>31</sup> Considerando que la cantidad de vapor utilizada por los equipos es la misma cantidad que el condensado producido, es decir, simplemente el vapor ha perdido su energía calorífica convirtiéndose en agua caliente.

<sup>32</sup> Ver anexo 4-B para observar el cálculo del Vapor Flash realizado.

sistema del 5%<sup>33</sup>. Por tanto, el cálculo parte de la siguiente igualdad (apegándose a la ley de la conservación de la masa):

$$m_{\text{(producida)}} = m_{\text{(liberada en venteo)}} + m_{\text{(tanque de condensado)}} \text{ [ver anexo 4-C]}$$

Por tanto se tiene que:

$$m_{\text{(demanda)}} + m_{\text{(perdidas)}} = m_{\text{(liberada en venteo)}} + m_{\text{(tanque de condensado)}}$$

Asignando valores a la ecuación anterior tenemos:

$$1014.75 \text{ Kg/h} + 50.74 \text{ Kg/h} = m_{\text{(liberada en venteo)}} + 205.77 \text{ Kg/h}$$

Despejando  $m_{\text{(liberada en venteo)}}$  se tiene que:

$$m_{\text{(liberada en venteo)}} = 859.72 \text{ Kg/h}$$

En conclusión, el resultado anterior es la cantidad de vapor vivo que esta siendo liberado hacia la atmósfera, este valor supera por un factor de 7 a la cantidad de vapor que generaría el sistema en óptimas condiciones (vapor flash). Como consecuencia, el sistema actual consume mayores recursos.

Por tanto se presentara una propuesta que instruya a resolver los siguientes dos aspectos: 1) alcanzar la temperatura deseada de  $\geq 90^{\circ}\text{C}$  a la entrada de la caldera ya que actualmente esta baja ( $32^{\circ}\text{C}$  aproximadamente) y 2) recuperar el vapor vivo (vapor con alto poder energético mas vapor flash) que actualmente se esta botando por la tubería de venteo.

#### 4.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DEL SISTEMA ELECTROMECAÁNICO.

##### 4.1.2.1 IDENTIFICACIÓN DEL VAPOR Y EL CONDENSADO.

El vapor es un gas invisible que se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera, para lograrlo, se necesita añadir suficiente energía para que se eleve la temperatura del agua hasta su punto de ebullición, después de ello, cualquier energía adicional transforma el agua en vapor, sin un incremento en la temperatura. Por tanto,

---

<sup>33</sup> Dato estimado por los encargados de la central de vapor del hospital BLOOM.

el vapor de agua es un vehiculo para transferir calor en forma bastante eficiente y fácil de controlar, este es utilizado para transportar energía desde un punto central (la caldera) hasta los equipos de consumo.

A la cantidad de calor que se requiere para transformar agua hirviendo a vapor de agua se le llama calor de vaporización o calor latente, esta cantidad requerida es diferente para cada combinación de presión/temperatura. Dado que el calor del vapor es utilizado el calor fluye de un punto a alta temperatura a un punto a temperatura menor, esto es lo que se conoce como transferencia de calor, empezando en la cámara de combustión de la caldera, el calor fluye a través de la pared de los tubos de la caldera hasta el agua. Cuando la presión más alta de la caldera empuja el vapor hacia afuera de la caldera, los tubos de distribución se calientan, entonces calor fluye, a través de la pared de los tubos, hacia el aire a temperatura menor alrededor de la tubería, esta transferencia de calor transforma una cierta cantidad del vapor en agua nuevamente, está es la razón por la que usualmente las tuberías de distribución están aisladas, ya que así se minimiza el desperdicio de energía de esta transferencia de calor indeseable.

Por otra parte, el condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor, se forma en el sistema de distribución debido a la inevitable existencia de radiación, este también se forma en equipos de calentamiento y de proceso debido a la transferencia de calor del vapor a la sustancia que se desea calentar. Una vez que el vapor se condensa al haber soltado todo su valioso calor latente, el condensado caliente se debe remover inmediatamente, el condensado todavía es agua caliente con valor energético y se debe regresar a la caldera, aún cuando el calor disponible en un kilogramo de condensado es relativamente poco comparado al de un kilogramo de vapor.

#### 4.1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VAPOR ACTUAL.

Para una mejor comprensión se ha considerado hacer una breve descripción del estado actual de la central de vapor del Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom", la cual comprende desde su generación en el área de calderas hasta las líneas de retorno de condensado, por tanto la descripción del sistema se ha dividido en las siguientes áreas:

- 1) Área de generación: calderas.
- 2) Área de distribución: manifold, tuberías principales y secundarias.
- 3) Estaciones de reducción de presión: válvulas reguladoras.
- 4) Usuarios: secadoras, autoclaves, marmitas, lavadora de vajillas, etc.
- 5) Colectores de condensado: tuberías de retorno y tanques.

1) Área de generación.

Se encuentran dos calderas para suministrar la demanda completa de vapor, las calderas trabajan de forma alterna, esto quiere decir que cuando una caldera opera la otra esta fuera de línea. A continuación se muestra en la tabla las características de las calderas instaladas en el hospital:

<b>EQUIPO:</b>	Calderas
<b>MARCA:</b>	Cleaver-Brooks
<b>MODELO:</b>	CB-100-80-200-Steam
<b>SERIE:</b>	L89152-53
<b>TIPO:</b>	Paquete
<b>CAPACIDAD:</b>	80 BHP
<b>COMBUSTIBLE:</b>	DIESEL (OIL No.2)
<b>PRESION DE TRABAJO:</b>	145 PSIG (10 BAR)
<b>PRESION DE DISEÑO:</b>	200 PSIG
<b>PRODUCCION NOMINAL:</b>	2760 LB/HR
<b>EFICIENCIA:</b>	80%

TABLA 4.5 Características técnicas de los sistemas generadores de vapor.

El diseño de estas calderas es de tipo pirotubular o de tubos de fuego las cuales son cilindros o recipientes llenos de agua, atravesados por una cantidad de tubos por los cuales pasa el calor. En este caso el fuego o los gases calientes pasan por los tubos y el agua envuelve los tubos intercambiando el calor. Dichas calderas se encuentran ubicadas en un área física denominada: sala de maquinas, desde donde se suministra el vapor hacia los servicios aledaños, tales como: lavandería, alimentación y dietas, formulas lácteas y central de esterilización.

2) Área de distribución.

La importancia del manifold en los sistemas generadores de vapor es que cumple con las siguientes funciones:

- ✓ Es un separador de humedad: todo arrastre o condensación será eliminada por el manifold.
- ✓ Es un distribuidor de vapor: de aquí parten las líneas de vapor para todos los usuarios.
- ✓ Es un mecanismo de seguridad: las válvulas de cierre están accesibles y se puede aislar parte del sistema sin afectar los demás usuarios.

Por otra parte, la tubería de distribución tanto de entrada como de salida se encuentra con buen aislamiento y debidamente señalizada, así como también, las válvulas de entrada y alimentación se encuentran en buen estado.

### 3) Estaciones de reducción de presión.

Las líneas de vapor alimentan un banco de válvulas reguladoras de presión, estas válvulas proporcionan una variedad de rangos de presiones como se describe a continuación: de 10 hasta 2.5 bares, de 6.5 hasta 2.5 bares y de 2.5 hasta 0.5 bares. Estas se seleccionaron tomando como base los siguientes aspectos:

- a) El caudal a manejar en cada caso,
- b) La presión de entrada, y
- c) La presión de salida.

Las estaciones reguladoras de presión han sido diseñadas en forma duplex y su funcionamiento es simultaneo a pesar que cada válvula tiene la capacidad de manejar el 100% de la carga (usuarios). Esta disposición se consideró por razones de seguridad en el caso de que una de ellas fallara o para tener capacidad de sobra en caso de una demanda pico.

### 4) Usuarios.

Los usuarios de vapor se dividen de la siguiente manera: a) lavandería: secadoras, lavadoras, mangle y prensa de forma, b) cocina: marmita y lavadora de vajillas, c) lavachatas, d) calentadores de agua y e) esterilizadores.

#### a) Lavandería.

Lavadoras: Se dispone de 4 maquinas lavadoras y su presión de operación es de 10 bares, este tipo de maquina emplea el vapor en forma directa.

Secadoras: Se dispone de tres maquinas secadoras dos rotativas y una de rodillos, las maquinas emplean el vapor para calentar un radiador y el aire es succionado por un

ventilador, cuando pasa el aire por la ropa se calienta y seca la ropa. La del tipo de rodillos calienta la superficie de los cilindros y el calor del vapor se traslada de forma directa a la ropa. La presión de operación es de 10 bares.

Planchadoras: Se encuentran fuera de uso.

b) Cocina.

Se encuentran 4 marmitas en operación, el tipo de presión es de 2.5 bares mientras que la lavadora de vajillas se encuentra fuera de uso.

c) Lavachatas.

Ninguno de los usuarios las usa por estar descompuestas.

d) Calentadores de agua.

Los calentadores de agua trabajan a una presión reducida de 2.5 bares.

e) Esterilizadores.

Los esterilizadores son equipos que elevan la temperatura de su interior con el objetivo de destruir bacterias, actualmente se cuenta con tres de ellos, uno de los cuales esta fuera de uso.

5) Colectores de condensado.

Los colectores de condensado se encuentra conformado por 2 tanques de almacenamiento, los cuales son:

- a) Tanque colector de condensado. La función de este dispositivo es la de recolectar los condensados de las diferentes presiones y transferirlos al tanque de alimentación ubicado en sala de maquinas. Este presenta las siguientes especificaciones [referencia 4-3]:

$$\text{Volumen total} = 1.00 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Aprovechable} = 0.75 \text{ m}^3$$

$$\text{Área de la base} = 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro de la tubería de venteo} = 100 \text{ mm}$$

- b) Tanque de alimentación de agua: su función específica es alimentar la caldera cada vez que esta lo demande y su capacidad máxima es de 335 galones (1.27m<sup>3</sup>).

#### 4.1.3 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES A CONTROLAR Y MONITOREAR (ver tabla 4.6).

##### a) Proceso de recuperación de condensado:

1. Monitoreo de tanque de condensado: nivel mínimo, nivel medio y nivel máximo a través de medición de nivel por presión diferencial [referencia 4-7] el cual enviara una señal de corriente 4-20mA hacia la entrada analógica de los dispositivos de control.
2. Medición volumétrica de la cantidad de condensado en el tanque en unidades de Galones a través de la señal del transmisor de presión diferencia con señal de respuesta 4-20 mA multiplicado por el área del tanque.
3. Control on/off de ventilador para hacer condensado en el intercambiador de calor, este será accionado a on después de alcanzada la presión de trabajo = 10 Bares (145 PSI) de la caldera y estará en estado off cuando el volumen del tanque se encuentre sobre el nivel máximo del 75% = 198.13 galones de la capacidad del tanque, así mismo estará en estado de off cuando el nivel mínimo de condensado este bajo el 20% = 52.83 galones de la capacidad del tanque. Estará permanentemente en estado on cuando el condensado se encuentre sobre el 20% y abajo del 75%.
4. Control on/off de la válvula de paso desde el intercambiador de calor hacia el tanque de condensado, esta será accionada a on después de alcanzada la presión de trabajo = 10 Bares(145 PSI) de la caldera y estará en estado off cuando el volumen del tanque se encuentre sobre el nivel máximo del 75% = 198.13 galones de la capacidad del tanque, también estará en estado de off cuando el nivel mínimo de condensado esta bajo el 20% = 52.83 galones de la capacidad del tanque. Estará permanentemente en estado on cuando el condensado se encuentre sobre el 20% y abajo del 75%.

5. Control on/off de bomba de succión de tanque de condensado hacia tanque deaerador, el estado de on podrá ser efectivo cuando se cumplan las siguientes dos condiciones: el nivel del tanque de condensado haya alcanzado el nivel máximo 75% = 198.13 galones de la capacidad del tanque y el nivel en volumen del tanque deaerador demande condensado, el estado off se dará cuando el nivel del tanque de condensado se encuentre en mínimo = 20% = 52.83 galones.
6. Monitoreo de temperatura del flujo que sale del proceso de condensado.

b) Proceso de llenado del tanque de alimentación de flujo hacia la caldera:

1. Monitoreo de tanque deaerador: nivel mínimo, nivel medio y nivel máximo a través de medición de nivel por presión diferencial [referencia 4-7] el cual enviara una señal de corriente 4-20mA hacia la entrada analógica de los dispositivos de control.
2. Medición volumétrica de la cantidad de condensado en el tanque en unidades de galones a través de la señal del transmisor de presión diferencia con señal de respuesta 4-20 mA multiplicado por el área del tanque.
3. Control on/off de válvula para suplir agua suavizada a 32 °C el estado on de conexión dicha válvula se dará al inicio, asumiendo que en condiciones iniciales el tanque deaerador esta vacío así mismo su estado on volverá a darse en el proceso siempre y cuando el nivel de dicho tanque este abajo de un 20% = 67galones de la capacidad máxima del tanque deaerador, con el fin de evitar que el nivel llegue al mínimo. El estado off en condiciones iniciales dependerá del nivel del tanque para un máximo del 70% equivalente 234.5 galones de igual manera en el proceso cuando el tanque sea igual a un 30% = 70.35 galones del 70% de la capacidad del tanque.
4. Control on/off de bomba de succión de tanque de deaerador hacia la caldera, el estado de on podrá ser efectivo cuando en condiciones iniciales el nivel del tanque haya alcanzado el nivel máximo 70% equivalente a 234.5 galones así mismo estará en on cada vez que lo demande la caldera.

5. Monitoreo de temperatura del flujo agua suavizada que entra al deaerador.

c) Proceso de alimentación hacia la caldera:

1. Actualmente la caldera cuenta con un control de procesos cuyo fin es poder mantener el set point de presión 150PSI no importando la demanda de los servicios de distribución de vapor esto lo hace a través del ajuste automático de una leva electromecánica la cual demanda diesel y agua, por tal razón nos enfocaremos solamente al monitoreo de vapor en Kg/hr para conocer la eficiencia de esta por medio de una placa de orificio y un transductor de presión diferencial [referencia 4-7]. Y se utilizaran los cálculos de consumo de diesel proporcionados por el departamento de mantenimiento a través del uso del medidor que ya posee el proceso.
2. Monitoreo de temperatura del flujo que entra a la caldera.
3. Monitoreo de temperatura del flujo de vapor que sale de la caldera hacia los servicios de distribución.

ITEM	VARIABLE	ACCION CENTRALIZADA	PROCESO	TIPO DE SEÑAL
1	NIVEL MÍNIMO	MONITOREO	SISTEMA DE RECUPERACION DE CONDENSADO	ANALOGA
2	NIVEL MEDIO			
3	NIVEL MÁXIMO			
4	VOLUMEN			
5	BOMBA "T"	CONTROL	SISTEMA DE RECUPERACION DE CONDENSADO	DIGITAL
6	Válvula "T"			
7	VENTILADOR			
8	ALARMA VISUAL			
9	TEMPERATURA	MONITOREO	SISTEMA DE RECUPERACION DE CONDENSADO	ESPECIAL
10	NIVEL MÍNIMO		SISTEMA DE ALIMENTACION HACIA CALDERA	ANALOGA
11	NIVEL MEDIO			
12	NIVEL MÁXIMO			
13	VOLUMEN	CONTROL	SISTEMA DE ALIMENTACION HACIA CALDERA	DIGITAL
14	BOMBA "D"			
15	Válvula "D"			
16	ALARMA VISUAL			
17	TEMPERATURA	MONITOREO	SISTEMA DE ALIMENTACION HACIA CALDERA	ESPECIAL
18	FLUJO		SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR	ANALOGA
19	NIVEL MÍNIMO			DIGITAL
20	TEMPERATURA		SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR	ESPECIAL
21	TEMPERATURA			

Tabla 4.6 Definición de variables a controlar y monitorear.

#### 4.1.4 LEVANTAMIENTO DE LA PERIFERIA.

El numero de entradas y salidas físicas será el siguiente (ver tabla 4.7):

ITEM	TIPO DE SEÑAL FÍSICA	CANTIDAD
1	ENTRADAS DIGITALES	8
2	SALIDAS DIGITALES	13
3	ENTRADAS ANALOGAS	3
4	ENTRADAS ESPECIALES	4
TOTAL		28

Tabla 4.7 Numero de entradas y salidas físicas del sistema propuesto.

#### 4.1.5 PROPUESTA TÉCNICA.

La propuesta técnica consiste en identificar los dispositivos a utilizar para dar cumplimiento al mismo, como sigue a continuación:

##### a) Sistema centralizado de control y monitoreo.

Un sistema centralizado puede ser llamado también un "sistema de adquisición de datos" que es "un grupo de dispositivos electrónicos que permiten la medición, cuantificación, y conversión de señales eléctricas análogas a un formato digital que pueda ser leída por una computadora y de esta manera la información en forma digital se pueda procesar, almacenar, comunicar y presentar con facilidad. Las señales pueden ser producidas por sensores de temperatura, transductores de presión, medidores de flujo, etc. Si los sistemas de adquisición de datos tienen capacidades de entradas / salidas, la computadora puede ser utilizada para monitorear y controlar con exactitud las variables físicas y así lograr una eficiencia máxima" [referencia 4-5]. Para el caso particular del hospital en estudio, una solución viable tanto tecnológica como económica para mejorar la eficiencia de su central de vapor es el control y monitoreo de variables por medio de una computadora, ya que mediante su utilización se aprovechara al máximo los recursos humanos, materiales y técnicos, disminuyendo el error humano en cuanto a la toma de valores de las variables involucradas en el proceso.

El proyecto consiste en proveer un sistema centralizado de soporte electromecánico basado en el monitoreo y control, este sistema incluye una computadora, un dispositivo de control junto con sensores de medición y dispositivos de control (electroválvulas y ventilador) para mejorar el proceso de recolección de condensados en la central de vapor actual, con el fin de experimentar un beneficio en el consumo del combustible, el

cual se detalla posteriormente en el estudio costo-beneficio. A continuación se muestra en la figura 4.3 el sistema centralizado de control y monitoreo a utilizar para la central de vapor del Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom" como sigue:

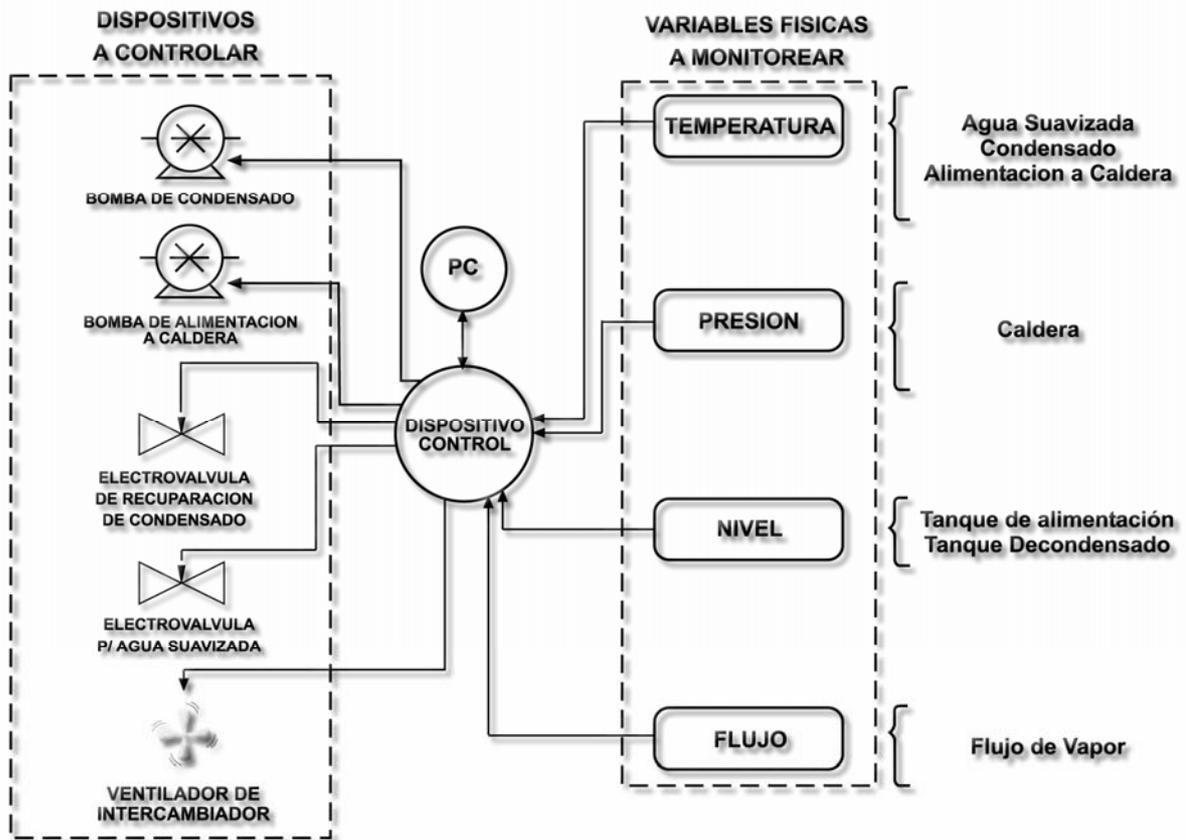


Figura 4.3 Sistema centralizado de control y monitoreo.

#### b) Intercambiador de calor.

El proceso de intercambio de calor entre dos fluidos que están a diferentes temperaturas y separados por una pared sólida, ocurre en muchas aplicaciones de ingeniería. El dispositivo que se utiliza para llevar a cabo este intercambio se denomina intercambiador de calor, y las aplicaciones específicas se pueden encontrar en calefacción de locales y acondicionamiento de aire, producción de potencia, recuperación de calor de desecho y algunos procesamientos químicos.

Los intercambiadores de calor normalmente se clasifican de acuerdo con el arreglo del flujo y el tipo de construcción. El intercambiador de calor más simple es aquel en que los fluidos caliente y frío se mueven en la misma dirección o en direcciones opuestas en una construcción de tubos concéntricos (o doble tubo). Para la aplicación específica del hospital se ha optado por un intercambiador donde los fluidos se puedan mover en flujo

cruzado (perpendiculares entre si), estos dispositivos son comúnmente llamados: Cambiadores de Calor Compactos o Tubulares, los cuales alcanzan un área superficial por unidad de volumen muy grande, este tipo de cambiadores se adaptan mejor a las aplicaciones en las que se tienen corrientes gaseosas y valores bajos de entalpía (h). En figura 4.4 se muestra la ilustración grafica del intercambiador seleccionado, como sigue:

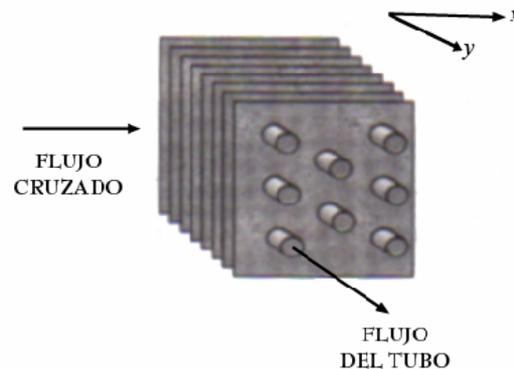


Figura 4.4 Intercambiador de calor compacto tubular.

Este tipo de intercambiador esta compuesto por unas aletas las cuales impiden el movimiento en una dirección (y) que es transversal a la dirección del flujo principal (x), en este caso la temperatura del fluido varia con (x) y (y). Por tanto, en el intercambiador con aletas, dado que el flujo del tubo no es mezclado, ambos fluidos están sin mezclar.

#### 4.1.6 ENUNCIANDO LA VISIÓN DEL PROYECTO.

Hacer una propuesta de tecnologías de control y monitoreo para un sistema centralizado de la central de vapor en el hospital nacional de niños Benjamín Bloom, con la finalidad de maximizar los recursos de operación, de esta forma se ha buscado un problema específico, como resultado de la investigación realizada se determino que es posible el ahorro de combustible maximizando el condensado de la central de vapor, el cual es aun mas justificable de acuerdo al siguiente enunciado "se puede minimizar el consumo de agua y el costo de tratamiento necesario, considerando maximizar el retorno de condensados, con la posibilidad de alimentación directa de los mismos a la caldera", en conclusión, el ahorro de combustible incide en la disminución de los costos de operación para un sistema de generación y distribución de vapor, por ello en

términos de factibilidad económica es posible considerar la propuesta como un proyecto rentable. En base al enunciado del proyecto a continuación se muestra en la figura 4.5 una representación grafica de la disposición de la central de vapor del HNNBB con los dispositivos propuestos en el proyecto, como sigue:

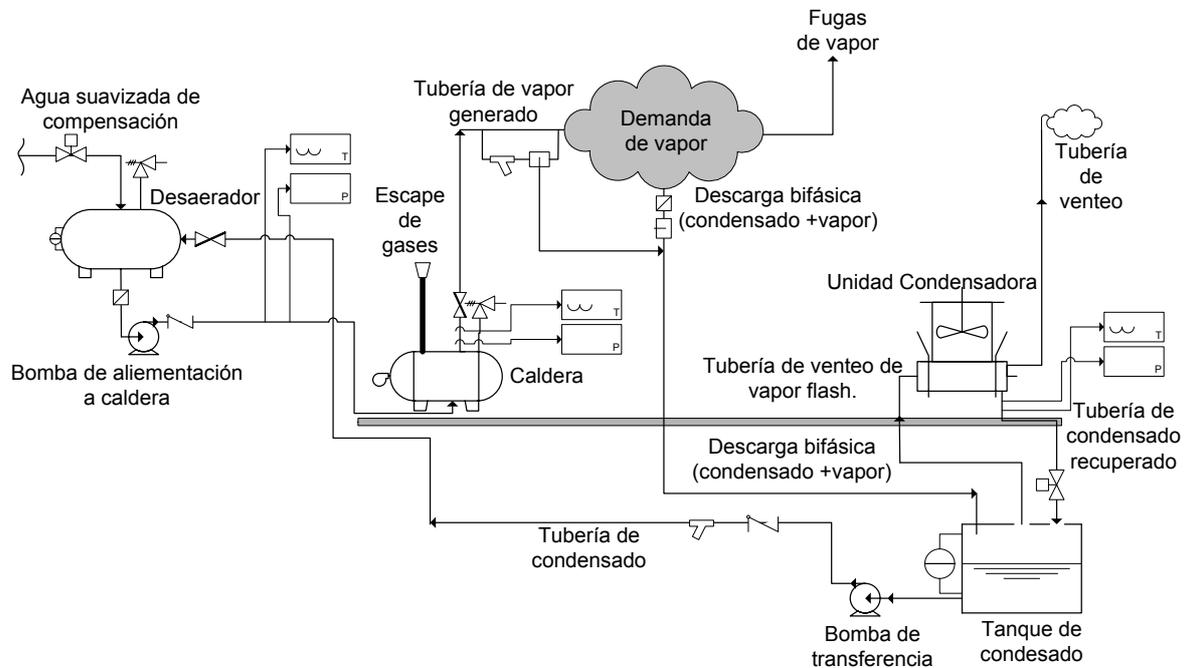


Figura 4.5 Central de vapor propuesta.

En donde la unidad condensadora (intercambiador de calor) juega un papel importante en la producción de condensado para el sistema. Además, es importante aclarar que las tecnologías de control y monitoreo (responsables de la supervisión y de la recuperación continua de condensado) a utilizar en la central de vapor propuesta se describen y especifican en apartados posteriores.

## 4.2 SEGUNDA ETAPA. PROCESO DE PLANIFICACION.

### 4.2.1 FACTORES CUANTITATIVOS.

<b>SEÑALES FISICAS DE ENTRADA DIGITAL<sup>34</sup></b>		
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	BOTON DE EMERGENCIA	1
2	CONTROL MANUAL DE BOMBA "T"	1
3	CONTROL MANUAL VENTILADOR "T"	1
4	CONTROL MANUAL VALVULA "T"	1
5	CONTROL MANUAL DE BOMBA "D"	1
6	CONTROL MANUAL VALVULA "D"	1
7	SELECTOR CONTROL AUTOMÁTICO	1
8	NIVEL MÍNIMO DE AGUA DENTRO DE LA CALDERA	1
<b>TOTAL</b>		<b>8</b>

<b>SEÑALES FISICAS DE SALIDA DIGITAL</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Activación on/off ventilador intercambiador de calor	1
2	Activación on/off válvula suministro de condensado	1
3	Activación on/off bomba de succión de condensado	1
4	Piloto on/off nivel mínimo tanque de condensado	1
5	Piloto on/off nivel medio tanque de condensado	1
6	Piloto on/off nivel maximo tanque de condensado	1
7	Piloto on/off nivel mínimo tanque deaereador	1
8	Piloto on/off nivel medio tanque deaereador	1
9	Piloto on/off nivel maximo tanque deaereador	1
10	Piloto de control manual de planta	1
11	Piloto de control automático de planta	1
12	Activación on/off válvula de suministro de agua suavizada en tanque deaereador	1
13	Activación on/off de bomba de succión de agua desde el tanque deaereador hacia la caldera.	1
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>

<b>SEÑALES FISICAS DE ENTRADA ANALOGA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Sensor de presión diferencial con transmisor 4-20mA para tanque de condensado	1
2	Sensor de presión diferencial con transmisor 4-20mA para tanque deaereador	1
3	Sensor de presión diferencial con transmisor 4-20mA para medición de flujo de vapor	1
<b>TOTAL</b>		<b>3</b>

<b>SEÑALES FISICAS ESPECIALES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Sensor de temperatura de condensado, punto de medición entrada deaereador	1
2	Sensor de temperatura de agua suavizada, punto de medición entrada deaereador	1
3	Sensor de temperatura de mezcla de flujos, punto de medición salida deaereador	1
4	Sensor de temperatura de vapor, punto de medición salida de la caldera.	1
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>

<sup>34</sup> Ver figura 4.10.

#### 4.2.1.1 TIPO DE CONTROL, MEMORIA, SOFTWARE, PERIFÉRICOS, PROTOCOLO.

Para dicho proyecto se utilizara control centralizado, no se justifica la utilización de dispositivos de control redundantes debido a que el tipo de proceso no es continuo. Los tipos de control a proponer son los siguientes:

ITEM	TIPO DE CONTROL	MEMORIA CPU	SOFTWARE DE CONTROL Y COMUNICACIÓN	PERIFÉRICOS	PROTOCOLO
1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE + INTERFASE DE OPERADOR PLC - HMI	7.4 Kb RAM	PLC = CX-Programmer, HMI = NT SERIRES SUPPORT TOOL	HMI - RS232	MACRO
2	CONTROLADOR AUTOMÁTICO PROGRAMABLE PAC – SCADA	32 Mb RAM	SCADA = LAB VIEW	PC - ETHERNET	ASCII-BASED
3	SISTEMA DE CONTROL HIBRIDO PLC - SCADA – OPC	8 Kb RAM	PLC = S7-200 Micro Win, SCADA = GENESIS 32 OPServer = KEPServerEX	PC - RS 485 / RS232/ETHERNET	PROFIBUS-DP

#### 4.2.1.2 SELECCIÓN DE LAS COMUNICACIONES.

Conexión:	
<b>Bus serial</b>	RS-232/485,
<b>No. de puerto</b>	COM1
<b>Velocidad de comunicación</b>	≥ 9600 Baudios

Formato de Datos:	
<b>Bits de datos</b>	7
<b>Paridad</b>	Even
<b>Bits de stop</b>	2

#### 4.2.1.3 ADAPTADORES DE COMUNICACIONES.

Para los controladores lógicos programables se ocupan conectores con terminales DB-9, para el controlador automático programable se utilizan conectores ethernet.

### 4.3 TERCERA ETAPA. PROCESO DE EVALUACIÓN.

#### 4.3.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD (COSTO-BENEFICIO) [referencia 4-5].

Tomando como referencia las condiciones actuales de la central de vapor del Hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom", se puede visualizar la necesidad de desarrollar el sistema propuesto y mejorar así la eficiencia energética<sup>35</sup> del sistema. La presente etapa permite describir los costos asociados a la alternativa de solución propuesta, realizando una evaluación Costo-Beneficio, con la finalidad de verificar la factibilidad de la propuesta. Se da inicio con generalidades del análisis Costo-Beneficio, considerando que el beneficio a obtener es a mediano plazo, posteriormente se efectúa el análisis tanto de los costos con la implementación del sistema, así como también los beneficios a obtener, en términos monetarios. Los datos se calculan mediante la estimación de la Tasa Mínima de Rendimiento definida para el hospital objeto de estudio. Finalmente la relación entre los costos y los beneficios esperados, con base al análisis, se especifica la conclusión que define claramente la factibilidad de la propuesta.

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO. Este análisis es considerado como una técnica original de evaluación económica, que consiste básicamente en una contabilización de costos y resultados en términos monetarios. Dicho análisis se remonta a los estudios de A. J. Dupuit (Ingeniero francés que ya en 1844 la aplicaba para determinar la utilidad y la viabilidad económica de las obras públicas), en la que tanto los costos, como las consecuencias (beneficios) de un proyecto, vienen expresados en términos monetarios. Además permite identificar la opción que amplía la diferencia entre beneficios y costos; que es, en teoría, la opción que maximiza el bienestar de la sociedad, lo cual nos ofrece un criterio de decisión claro. La principal ventaja de este enfoque es que, permite confrontar el beneficio neto de un proyecto determinado con la opción de no realizarlo.

PRINCIPIOS SOBRE EL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO. Cualquier problema existente que se analice con el objetivo de encontrar posibles soluciones, deberá incluir en el análisis de alternativa, un estudio de la relación Costo-Beneficio, éste permitirá fijar prioridades y definir si la solución establecida es la más óptima. Para desarrollar dicho análisis, es necesario hacer uso de metodologías de evaluación económica, entre las que figura: Valor Presente (VP).

---

<sup>35</sup> Se debe entender eficiencia energética como ahorro en el uso del combustible.

Valor presente, significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente, para lo cual se utiliza una tasa de descuento, denominada así, debido a que los flujos de efectivo al trasladarse al presente se traducen en flujos descontados. Toda empresa o institución fijan una tasa de rendimiento, conocida como Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR), para cualquier inversión que efectúen, la cual funciona como referencia para definir el aceptar o rechazar dichas inversiones. Éstas instituciones o empresas esperan que su dinero crezca en términos reales, lo que significa ganar un rendimiento superior a la inflación, por lo tanto la TMAR se fija a través de la siguiente fórmula:

$$\text{TMAR} = \text{tasa de inflación} + \text{Premio al riesgo.}$$

La tasa de inflación está fuera del alcance de cualquier analista o inversionista, su valor es estimado; el premio al riesgo es el verdadero crecimiento del dinero y se le denomina así porque las empresas arriesgan su dinero y por arriesgarlo merecen una ganancia adicional sobre la inflación, este valor es fijado por los inversionistas. La TMAR, es la tasa de descuento a utilizar en el cálculo del VP de los flujos de efectivo (ya sean estos ingresos o egresos para la empresa o institución) que permitirá establecer finalmente una relación entre Costos y Beneficios estimados, en la ejecución del proyecto de inversión.

Para evaluar la factibilidad de implementar el sistema centralizado de soporte electromecánico en el hospital objeto de estudio, se desarrolla el análisis Costo-Beneficio para el cual es de importancia tomar en cuenta las siguientes consideraciones especiales:

- ✓ Se realizara la cuantificación de costos y beneficios para un mínimo de 5 años<sup>36</sup>.
- ✓ Para la compra de equipo y contratación de servicios propuestos se efectuó cotizaciones de diversos proveedores [ver anexo 4-D].

---

<sup>36</sup> Considerando una vida útil mínima de 5 años para los equipos y dispositivos propuestos.

#### 4.3.1.1 ESTIMACION DE COSTOS ASOCIADOS AL SISTEMA CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO A NIVEL HOSPITALARIO.

El sistema propuesto implica la adquisición de equipos y servicios para mejorar las condiciones de operación de la central de vapor del Hospital Nacional de Niños “Benjamín Bloom”, para la selección de los mismos se efectuaron cotizaciones de 3 distintos proveedores<sup>37</sup>, el detalle se presenta a continuación:

##### EQUIPOS A COMPRAR:

- ✓ Intercambiador de calor
- ✓ Tecnologías de control
- ✓ Tecnología de Instrumentación
- ✓ Electrovalvulas + válvulas de acero inoxidable
- ✓ Accesorios

##### SERVICIOS A CONTRATAR:

- ✓ Desarrollo de Ingeniería
- ✓ Instalación y Puesta en Marcha
- ✓ Mantenimiento y/o calibración

##### Propuesta #1.

A continuación se muestra en la tabla 4.8 los costos presentados por el primer proveedor [ver anexo 4-D] como se detalla en el resumen a continuación:

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Costo sin/IVA</b>
Tecnología de control (PAC + SCADA)	-	\$3,890
Tecnología en Instrumentación	-	\$3,900
Intercambiador de calor	-	\$2,000
Accesorios (cable de termocupla o RTD)	-	\$316.80
Electrovalvulas + válvulas de acero inoxidable	-	\$500
Desarrollo de Ingeniería	-	\$3,000
Instalación y puesta en marcha	-	\$1,000
Mantenimiento	Anual	\$200
Ventiladores del intercambiador (ConsumoKw/h) <sup>38</sup>	Anual	\$3,855.87

Tabla 4.8 Resumen de costos del Proveedor #1.

<sup>37</sup> Las propuestas dadas únicamente difieren en el precio de la tecnología de control puesto que los proveedores del resto de equipos y servicios mantienen precios muy similares.

<sup>38</sup> El costo de consumo anual de los ventiladores del intercambiador de calor se obtuvo en base al cargo por consumo variable establecido por CAESS, el cual es de 0.090158\$/Kwh, calculo: 18hr x 6.6 kw (consumo ventiladores) x 30 días x 12 meses x consumo variable CAESS. En este cálculo se estimo que los ventiladores operan continuamente.

### Propuesta #2.

A continuación se muestra en la tabla 4.9 los costos presentados por el segundo proveedor [ver anexo 4-D] como se detalla en el resumen a continuación:

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Costo sin/IVA</b>
Tecnología de control (PLC+INTERFASE DE OPERADOR HMI)	-	\$4,980.50
Tecnología en Instrumentación	-	\$3,900
Intercambiador de calor	-	\$2,000
Accesorios (cable de termocupla o RTD)	-	\$316.80
Electrovalvulas + válvulas de acero inoxidable	-	\$500
Desarrollo de Ingeniería	-	\$3,000
Instalación y puesta en marcha	-	\$1,000
Mantenimiento	Anual	\$200
Ventiladores del intercambiador (Consumo Kw/h)	Anual	\$3,855.87

Tabla 4.9 Resumen de costos del Proveedor #2.

### Propuesta #3.

A continuación se muestra en la tabla 4.10 los costos presentados por el tercer proveedor [ver anexo 4-D], como se detalla en el resumen a continuación:

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Costo s/IVA</b>
Tecnología de control (PLC + SCADA)	-	\$3,810
Instrumentación	-	\$3,900
Intercambiador de calor	-	\$2,000
Accesorios (cable de termocupla o RTD)	-	\$316.80
Electrovalvulas	-	\$500
Desarrollo de Ingeniería	-	\$3,000
Instalación y puesta en marcha	-	\$1,000
Mantenimiento y/o calibración	Anual	\$200
Ventiladores del intercambiador (Consumo Kw/h)	Anual	\$3,855.87

Tabla 4.10 Resumen de costos del Proveedor #3.

#### 4.3.1.2 CALCULO DEL VALOR PRESENTE (VP) DE COSTOS TOTALES ANUALES DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO.

Posterior a la estimación de costos y desembolsos a efectuar para implementar el sistema centralizado de soporte electromecánico, es necesario calcular el Valor Presente de los flujos de efectivos, de acuerdo a la siguiente formula:

$$VP = P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

$FNE_n$  = Flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a los desembolsos a efectuar para el mantenimiento del sistema centralizado de soporte electromecánico.

P= Inversión inicial en el año cero.

i = Tasa de Referencia que corresponde a la TMAR.

Para el caso específico del hospital en estudio, se estima una TMAR equivalente al 20%<sup>39</sup>, capitalizable anualmente. En los casos en los que los flujos netos de efectivo para los 5 años de evaluación sean igual, el cálculo del VP, se simplifica a la siguiente fórmula:

$$VP = P + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde:

A= Flujo neto de efectivo constante (anualidades).

n= Años de evaluación de la propuesta.

A continuación se presentan los resúmenes de costos totales<sup>40</sup> en adquisición de equipos y servicios para las tres propuestas que el hospital objeto de estudio debe efectuar en un proceso de implementación de un sistema centralizado de soporte electromecánico, como sigue:

<sup>39</sup> La TMAR se estimo con un 20%, con un 5% estimado para la inflación y un 15% por el premio al riesgo dado la magnitud del proyecto de inversión, datos proporcionado por el Lic. Balmore López, catedrático de Economía de la Universidad de El Salvador.

<sup>40</sup> Los costos incluyen IVA.

En la tabla 4.11 para la Propuesta #1<sup>41</sup> se tiene:

Año	Control	Instrumentación	Intercambiador De calor	Accesorios	Electrovalvulas	Desarrollo de Ingeniería	Instalación y puesta en marcha	Total
0	\$4,395.7	\$4,407.00	\$2,260.00	\$357.98	\$565.00	\$3,390.00	\$1,130.00	\$16,505.68
1	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
2	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
3	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
4	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
4	\$226		\$3,855.87					4,081.87

Tabla 4.11 Resumen de costos totales para Propuesta #1 asociados al proceso de implementación del sistema centralizado de soporte electromecánico para los 5 años de evaluación.

En la figura 4.6 se presenta el flujo de desembolsos totales para la Propuesta #1 necesarios para implementar el sistema, como sigue:

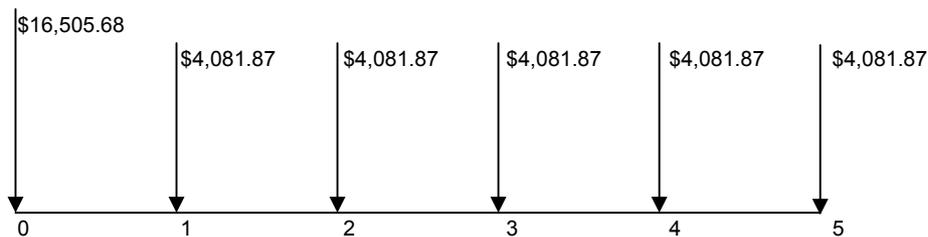


Figura 4.6 Flujo de desembolsos totales anuales para el sistema propuesto.

Por tanto el cálculo para VP es el siguiente:

$$VP = P + A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P= \$16,505.68

i = 20% (TMAR del hospital)

n= 5

<sup>41</sup> Únicamente el costo de servicio de mantenimiento y el costo de consumo (en Kw/h) de ventiladores ha sido incluido en los 5 años de evaluación, el resto de costos únicamente tienen efecto en el año cero. El costo de mantenimiento se ubico en la casilla de "Control" y el costo por de consumo (en Kw/h) de ventiladores se ubico en la casilla del "Intercambiador de Calor".

$$VP = \$16,505.8 + \$4,081.87 [(1+0.20)^5 - 1 / 0.20 (1+0.20)^5]$$

$$VP = \$16,505.8 + \$4,081.87 [2.99]$$

$$VP = \$28,710.59$$

En la tabla 4.12 para la Propuesta #2 se tiene:

Año	Control	Instrumentación	Intercambiador De calor	Accesorios	Electrovalvulas	Desarrollo de Ingeniería	Instalación y puesta en marcha	Total
0	\$5,627.97	\$4,407.00	\$2,260.00	\$357.98	\$565.00	\$3,390.00	\$1,130.00	\$17737.95
1	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
2	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
3	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
4	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
5	\$226		\$3,855.87					4,081.87

Tabla 4.12 Resumen de costos totales para la Propuesta #2 asociados al proceso de implementación del sistema centralizado de soporte electromecánico para los 5 años de evaluación.

En la figura 4.7 se presenta el flujo de desembolsos totales para la Propuesta #2 para implementar el sistema, como sigue:

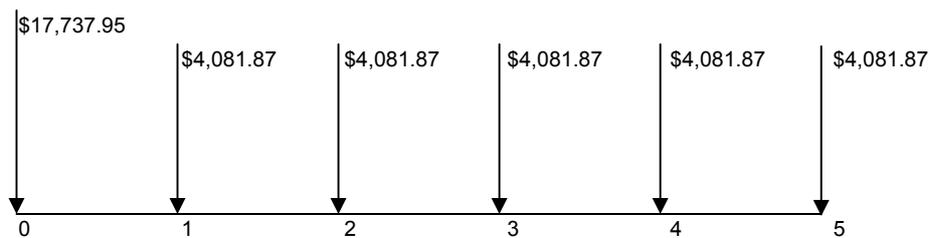


Figura 4.7 Flujo de desembolsos totales anuales para el sistema propuesto.

Por tanto el cálculo para VP es el siguiente:

$$VP = P + A [(1+i)^n - 1 / i (1+i)^n]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P=\$17,737.95

i = 20% (TMAR del hospital)

n=5

$$VP = \$17,737.95 + \$4,081.87 [(1+0.20)^5 - 1/0.20 (1+0.20)^5]$$

$$VP = \$17,737.95 + \$4,081.87 [2.99]$$

$$VP = \$29,942.74$$

En la tabla 4.13 para la Propuesta #3 se tiene:

Año	Control	Instrumentación	Intercambiador De calor	Accesorios	Electrovalvulas	Desarrollo de Ingeniería	Instalación y puesta en marcha	Total
0	\$4305.3	\$4,407.00	\$2,260.00	\$357.98	\$565.00	\$3,390.00	\$1,130.00	\$16,415.28
1	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
2	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
3	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
4	\$226		\$3,855.87					\$4,081.87
5	\$226		\$3,855.87					4,081.87

Tabla 4.13 Resumen de costos totales para Propuesta #3 asociados al proceso de implementación del sistema centralizado de soporte electromecánico para los 5 años de evaluación.

En la figura 4.8 se presenta el flujo de desembolsos totales para la Propuesta #3 para implementar el sistema, como sigue:

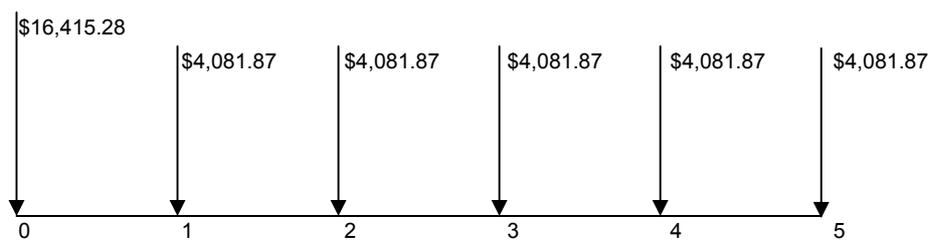


Figura 4.8 Flujo de desembolsos totales anuales para el sistema propuesto.

Por tanto el cálculo para VP es el siguiente:

$$VP = P + A [(1+i)^n - 1/i (1+i)^n]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P= \$16,415.28

i = 20% (TMAR del hospital)

n= 5

$$VP = \$16,415.28 + \$4,081.87 [(1+0.20)^5 - 1 / 0.20 (1+0.20)^5]$$

$$VP = \$16,415.28 + \$4,081.87 [2.99]$$

$$VP = \$28,620.07$$

#### 4.3.1.3 ESTIMACION DE BENEFICIOS ASOCIADOS AL SISTEMA CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO A NIVEL HOSPITALARIO.

La cuantificación de los beneficios que se estiman percibir con la implementación de la propuesta, estará representado por todos los ahorros en desembolsos ocasionados actualmente por la deficiente recuperación de condensados en la central de vapor del HHNNB. Es importante destacar que los beneficios que se estiman para el análisis, no representan ingresos pero sí ahorros en gastos innecesarios, lo cual se traduce en mejoras en la operación del sistema.

#### 4.3.1.4 CUANTIFICACION DEL FACTOR QUE INCIDE NEGATIVAMENTE EN EL SISTEMA CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO A NIVEL HOSPITALARIO.

Dado que el sistema centralizado de soporte electromecánico planteado busca la maximización del combustible, para conocer el ahorro que este nuevo sistema implicaría será necesario entonces identificar el consumo del sistema actual y el consumo del sistema propuesto. Para obtener el consumo de ambos sistemas (actual y propuesto) es necesario dar a conocer previamente el poder calorífico del combustible utilizado (Diesel para el caso del Hospital Bloom), para conocer este valor se sigue el siguiente procedimiento:

- a) Un galón de diesel proporciona 140,000 BTU [referencia 4-7].
- b) Un galón de diesel pesa aproximadamente 7.985 lbs [referencia 4-7].

El calor liberado por una libra de diesel es:  $140,000 / 7.985$

$$Q_{\text{liberado}} / \text{lb}: 17532.87 \text{ BTU}$$

Por tanto, el poder calorífico del diesel es:

$$P.C. = 17532.87 \text{ BTU} / \text{lb. de diesel}$$

Una vez obtenido el poder calorífico por libra de Diesel es importante conocer las temperaturas de entrada de agua de alimentación y de salida de vapor en las calderas del sistema y de esta forma conocer las energías o entalpías necesarias (en base a tablas termodinámicas [referencia 4-9]) para llevar a cabo la generación de vapor y identificar los respectivos consumos para ambos sistemas. A continuación se presenta con detalle el procedimiento realizado:

### 1) Consumo del sistema actual.

Para determinar el valor actual necesario por el agua para llegar a un estado con un 80% de calidad se tiene la siguiente formula:

$$q = m_v \Delta h$$

Donde:

$$m_v = \text{flujo de masa de vapor de agua [lb/hr]}$$

$$\Delta h = \text{aumento de entalpía necesaria para producir Vapor con un 80% de calidad [BTU/Lb]}$$

a) El flujo de masa de vapor de agua que se convierte diariamente se obtiene a partir de la demanda máxima de la caldera en el hospital. Por tanto, si 1 HP equivale a una capacidad de producción de vapor de 34.5 lb/hr con 68 HP puede producirse:

$$m_v = 34.5 \times 68 = 2,346 \text{ lbs de vapor/hr}$$

b) El cambio de entalpía que experimenta el agua, para obtener el vapor de esta calidad es:

$$\Delta h = h_1 (389 \text{ }^\circ\text{F, 95\%}) - h_2 (90 \text{ }^\circ\text{F, 145 psi})$$

Sin incurrir en ningún error apreciable, puede decirse que:

$$h_2 (90^\circ\text{F, 145 psi}) = h_f (90^\circ\text{F}) = 58.07 \text{ BTU/lb}$$

Donde  $h_f (90^\circ\text{F})$  es la entalpía específica del agua a  $32^\circ\text{C}$  y en estado de líquido saturado. Para el agua a  $363.38^\circ\text{F}$  ( $184.10^\circ\text{C}$ ) y 80% de calidad de vapor, puede obtenerse de tablas de vapor los valores siguientes:

$$h_f = 335.94 \text{ BTU/lb}$$

$$h_{fg} = 859.96 \text{ BTU/lb}$$

Y la entalpía específica a las condiciones establecidas será:

$$h_1 = h_f + x' h_{fg} = 335.94 + 0.80 (859.96)$$

$$h_1 = 1023.91 \text{ BTU/lb}$$

c) Como resultado el flujo de calor necesario para que el agua alcance las condiciones deseadas será de:

$$q = m_v \Delta h$$

$$q = 2,346 (1023.91 - 58.07)$$

$$q = 22.6586 \times 10^5 \text{ BTU/lb}$$

d) Dado que la caldera presenta una eficiencia térmica del 80%, el flujo de calor que tiene que entregar el combustible para que el agua absorba la cantidad de calor calculada, será de:

$$q = \frac{22.6586 \times 10^5}{0.8} = 28.32325 \times 10^5 \text{ BTU/hr}$$

e) Relacionando este valor con el poder calorífico de diesel puede obtenerse el flujo de masa de diesel, de la siguiente manera:

$$m = \frac{28.32325 \times 10^5 \text{ BTU/hr}}{17532.87 \text{ BTU/lb diesel}} = 161.54 \text{ lb de diesel/hr}$$

f) Obteniendo el flujo de masa de diesel en gal/hr se tiene el siguiente valor:

$$m = 161.54 \text{ lb de diesel/hr} \times 1 \text{ galón de diesel}/7.985 \text{ lb de diesel}$$

$$m = 20.23 \text{ gal. de diesel/hr}$$

## 2) Consumo del sistema propuesto.

Siguiendo el mismo formato que el cálculo anterior se tiene:

a) El flujo de masa de vapor de agua que se convierte diariamente se obtiene a partir de la demanda máxima de la caldera en el hospital. Por tanto, si 1 HP equivale a una capacidad de producción de vapor de 34.5 lb/hr con 68 HP puede producirse:

$$m_v = 34.5 \times 68 = 2,346 \text{ lbs de vapor/hr}$$

b) El cambio de entalpía que experimenta el agua, para obtener el vapor de esta calidad es:

$$\Delta h = h_1 (389^\circ\text{F}, 95\%) - h_2 (194^\circ\text{F}, 145 \text{ psi})$$

Sin incurrir en ningún error apreciable, puede decirse que:

$$h_2 (194^\circ\text{F}, 145 \text{ psi}) = h_f (194^\circ\text{F}) = 162.05 \text{ BTU/lb}$$

Donde  $h_f (194^\circ\text{F})$  es la entalpía específica del agua a  $90^\circ\text{C}$  y en estado de líquido saturado. Para el agua a  $363.38^\circ\text{F}$  ( $184.10^\circ\text{C}$ ) y 80% de calidad de vapor, puede obtenerse de tablas de vapor los valores siguientes:

$$h_f = 335.94 \text{ BTU/lb}$$

$$h_{fg} = 859.96 \text{ BTU/lb}$$

Y la entalpía específica a las condiciones establecidas será:

$$h_1 = h_f + x' h_{fg} = 335.94 + 0.80 (859.96)$$

$$h_1 = 1023.91 \text{ BTU/lb}$$

c) Como resultado el flujo de calor necesario para que el agua alcance las condiciones deseadas será de:

$$q = m_v \Delta h$$

$$q = 2,346 (1023.91 - 162.05)$$

$$q = 20.21923 \times 10^5 \text{ BTU/lb}$$

d) Dado que la caldera presenta una eficiencia térmica del 80%, el flujo de calor que tiene que entregar el combustible para que el agua absorba la cantidad de calor calculada, será de:

$$q = \frac{20.21923 \times 10^5}{0.8} = 25.27404 \times 10^5 \text{ BTU/hr}$$

e) Relacionando este valor con el poder calorífico de diesel puede obtenerse el flujo de masa de diesel, de la siguiente manera:

$$m = \frac{25.27404 \times 10^5 \text{ BTU/hr}}{17532.87 \text{ BTU/lb de diesel}} = 144.15 \text{ lb de diesel/hr}$$

f) Obteniendo el flujo de masa de diesel en gal/hr se tiene el siguiente valor:

$$m = 144.15 \text{ lb de diesel/hr} \times 1 \text{ galón de diesel/7.985 lb de diesel}$$

$$m = 18.05 \text{ gal de diesel/hr}$$

En conclusión, si se resta la cantidad de combustible a consumir por el sistema de vapor propuesto menos la cantidad que consume el sistema de vapor actualmente se obtiene un ahorro de **2.18 gal. de diesel/h**, el resultado del ahorro anual se genera en la tabla 4.14, como se muestra a continuación:

Ahorro/hora (galones)	Horas de Operación Diaria del sistema	Periodo de Operación	Total (galones)
2.18 galones	18 horas	1 año	14,322.60

Tabla 4.14 Ahorro anual de galones de combustible (Diesel).

Por tanto, si se multiplica el valor obtenido por \$2.80 (costo del diesel actualmente) el resultado en costos anuales excedentes para el sistema actual es de **\$40,103.28**, considerando que este costo originado por el factor negativo encontrado (deficiente recuperación de condensado) se mantiene constante durante los 5 años de evaluación en el sistema, el resumen de dichos desembolsos se presenta en la tabla 4.15 como sigue:

Correlativo	Año	Valor (\$)
0	Base	0
1	1	40,103.28
2	2	40,103.28
3	3	40,103.28
4	4	40,103.28
5	5	40,103.28

Tabla 4.15 Resumen de costos de operación asociado al factor que incide negativamente en el proceso.

En la figura 4.9 se presenta la grafica de desembolsos anuales, que se estima se traducirá en ahorros con la implementación de la propuesta.

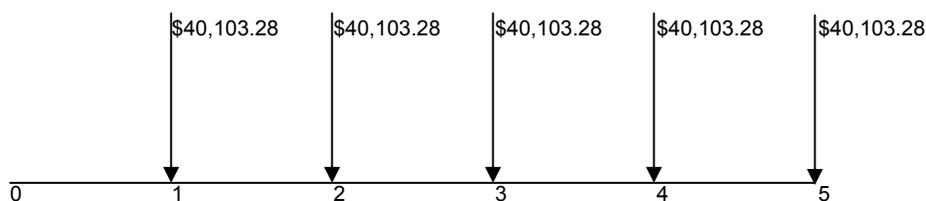


Figura 4.9 Flujo de efectivo que se estiman ahorros por mejorar en la operación del sistema.

#### 4.3.1.5 CALCULO DEL VALOR PRESENTE PARA LOS BENEFICIOS QUE SE ESTIMAN OBTENER CON LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.

El detalle de los factores a considerar en el cálculo del Valor Presente Neto de los beneficios, se presenta a continuación:

$$A = \$40,103.28$$

$$P = \$0$$

$$I = 20\% \text{ (TMAR del laboratorio)}$$

$$n = 5 \text{ (años de evaluación)}$$

$$VP = \$0 + \$40,103.28 \left[ \frac{(1+0.20)^5 - 1}{0.20} (1+0.20)^{-5} \right]$$

$$VP = \$0 + \$40,103.28 [2.99]$$

VP = \$119,908.80 (Valor presente de los gastos anuales por fallas en el proceso, que se traducirían en ahorros o beneficios al implementar la propuesta).

#### 4.3.1.6 RELACION COSTO/BENEFICIO<sup>42</sup> DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

##### CENTRALIZADO DE SOPORTE ELECTROMECHANICO A NIVEL HOSPITALARIO.

Tomando como referencia el cálculo del Valor Presente de los costos de implementación vrs. Los beneficios estimados del mismo, se determina la relación entre costo y beneficio, que permite establecer la factibilidad de implementación de la propuesta. La fórmula que determina la relación Costo-Beneficio es la siguiente:

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{\text{Beneficios Esperados}}{\text{Costos}}$$

Entonces,

Para la Propuesta #1 se tiene:

Beneficios esperados: \$119,908.80

Costos de Implementación: \$28,710.59

Relación Costo-Beneficio =  $\frac{\$119,908.80}{\$28,710.59}$

***Relación Costo-Beneficio = 4.18***

Para la Propuesta #2 se tiene:

Beneficios esperados: \$119,908.80

Costos de Implementación: \$29,942.74

Relación Costo-Beneficio =  $\frac{\$119,908.80}{\$29,942.74}$

***Relación Costo-Beneficio = 4.00***

Para la Propuesta #3 se tiene:

Beneficios esperados: \$119,908.80

Costos de Implementación: \$28,620.07

Relación Costo-Beneficio =  $\frac{\$119,908.80}{\$28,620.07}$

***Relación Costo-Beneficio = 4.19***

---

<sup>42</sup> Ver calculo desarrollado para el Análisis Costo-Beneficio considerando la implementación del sistema propuesto junto con la mejora en la problemática técnica actual de la central de vapor del HNNBB en el Anexo 4-G.

Una propuesta de inversión es atractiva si la relación Costo-Beneficio es igual o mayor a 1, puesto que la relación indica la proporción en la que los beneficios superan a los costos; pero si por el contrario dicha relación es menor que 1, significa que los costos superan los beneficios a percibir, por lo tanto no tiene ningún sentido invertir para aquellas organizaciones con fines de lucro. La relación Costo-Beneficio para el hospital Nacional de Niños "Benjamín Bloom" es mayor que 1 en las tres propuestas, pero la propuesta #3 es la más óptima, por lo tanto se sugiere que sea evaluada por las autoridades competentes de dicha entidad hospitalaria, tomando con referencia el reporte técnico presentado por Jorge A. Acevedo Arquitecto anexo 4-G.

#### 4.3.1.7 RELACION COSTO-BENEFICIO CONSIDERANDO QUE LA PROBLEMÁTICA

TECNICA ACTUAL HA SIDO REPARADA (CONDICIONES ÓPTIMAS DE TRABAJO).

Considerando que la central de vapor del HNNBB emplea el sistema propuesto y se realizan mejoras en el sistema de distribución de vapor, se presentarían las siguientes condiciones de funcionamiento:

1) El sistema únicamente transformaría en condensado el vapor flash a través de la tubería de venteo, es decir, se estima que se transformaría por cada hora 121.69 Kg. de vapor flash en 121.69 Kg. de condensado, dadas las características técnicas del intercambiador propuesto.

2) La temperatura de retorno de condensados hacia el tanque de alimentación se mantendría aproximadamente a 98°C dada la cantidad extra de condensado obtenida a través de la condensación del vapor flash. La temperatura del agua que va desde el tanque de alimentación hacia la caldera mantendría una temperatura de 90°C<sup>43</sup> debido a la mezcla de los condensados con el agua suavizada, de hecho, esta última se utilizaría en menores proporciones.

Para el cálculo costo-beneficio requerido se considero que los costos del sistema propuesto en cada una de las propuestas de tecnología seria el mismo valor, por tanto el cálculo del valor presente seria el mismo procedimiento con la variante que se utilizaría una TMAR del 12%<sup>44</sup> para cada propuesta.

---

<sup>43</sup> Referencia 4-4.

<sup>44</sup> La TMAR se estimo con un 12%, a partir del comportamiento de la inflación y de los valores de riesgo que el Banco Central de Reserva, Estadísticas y Censos y el Ministerio de Hacienda aplican a los proyectos de inversión a las instituciones publicas, por tal razón, se estima un 5% para la tasa de inflación y un 7% de premio al riesgo aplicado al proyecto de inversión, dato proporcionado por el Lic. Balmore López, catedrático de Economía de la Universidad de El Salvador.

### Propuesta #1.

Por tanto el cálculo del VP para la propuesta #1 es el siguiente:

$$VP = P + A [(1+i)^n - 1/i (1+i)^n]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P= \$16,505.68

i = 12% (TMAR del hospital)

n= 5

$$VP= \$16,505.8 + \$4,081.87 [(1+0.12)^5 - 1/0.12 (1+0.12)^5]$$

$$VP= \$16,505.8 + \$4,081.87 [3.60]$$

$$VP= \$31,200.53$$

### Propuesta #2.

Por tanto el cálculo del VP para la propuesta #2 es el siguiente:

$$VP = P + A [(1+i)^n - 1/i (1+i)^n]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P=\$17,737.95

i = 12% (TMAR del hospital)

n=5

$$VP= \$17,737.95 + \$4,081.87 [(1+0.12)^5 - 1/0.12 (1+0.12)^5]$$

$$VP= \$17,737.95 + \$4,081.87 [3.60]$$

$$VP= \$32,432.68$$

### Propuesta #3.

Por tanto el cálculo del VP para la propuesta #3 es el siguiente:

$$VP = P + A [(1+i)^n - 1/i (1+i)^n]$$

Donde: A= \$ 4,081.87

P= \$16,415.28

i = 12% (TMAR del hospital)

n= 5

$$VP = \$16,415.28 + \$4,081.87 [(1+0.12)^5 - 1 / 0.12 (1+0.12)^5]$$

$$VP = \$16,415.28 + \$4,081.87 [3.60]$$

$$VP = \$31,110.01$$

Obtenido el valor presente de los costos del sistema para las 3 propuestas, únicamente se procede a obtener el valor presente para los beneficios esperados, el cual sería el mismo que el cálculo realizado anteriormente para los costos, utilizando una TMAR del 12%, como sigue:

El cálculo del Valor Presente del beneficio esperado es el siguiente:

$$A = \$40,103.28$$

$$P = \$0$$

$$I = 12\% \text{ (TMAR del laboratorio)}$$

$$n = 5 \text{ (años de evaluación)}$$

$$VP = \$0 + \$40,103.28 [(1+0.12)^5 - 1 / 0.12 (1+0.12)^5]$$

$$VP = \$0 + \$40,103.28 [3.60]$$

VP = \$144,371.8 (Valor presente de los gastos anuales por fallas en el proceso, que se traducirían en ahorros o beneficios al implementar la propuesta).

Para la relación Costo-Beneficio se tiene la siguiente fórmula:

$$C/B = \frac{\text{Beneficios Esperados}}{\text{Costos}}$$

Entonces,

Para la Propuesta #1 se tiene:

Beneficios esperados: \$144,371.8

Costos de Implementación: \$31,200.53

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{\$144,371.8}{\$31,200.53}$$

**Relación Costo-Beneficio = 4.63**

Para la Propuesta #2 se tiene:

Beneficios esperados: \$144,371.8

Costos de Implementación: \$32,432.68

Relación Costo-Beneficio =  $\frac{\$144,371.8}{\$32,462.78}$

***Relación Costo-Beneficio = 4.45***

Para la Propuesta #3 se tiene:

Beneficios esperados: \$144,371.8

Costos de Implementación: \$31,110.01

Relación Costo-Beneficio =  $\frac{\$144,371.8}{\$31,110.01}$

***Relación Costo-Beneficio = 4.64***

En conclusión, el sistema presentaría mayores beneficios considerando que entraría una mayor cantidad de condensados al sistema, siendo la propuesta #3 la relación Costo-Beneficio mas optima, por lo tanto se recomienda que sea evaluada por las autoridades competentes de dicha entidad hospitalaria.

#### 4.3.2 DESARROLLO DE UNA TAREA DE CONTROL Y MONITOREO.

Descripción del Sistema (ver fig. 4.10):

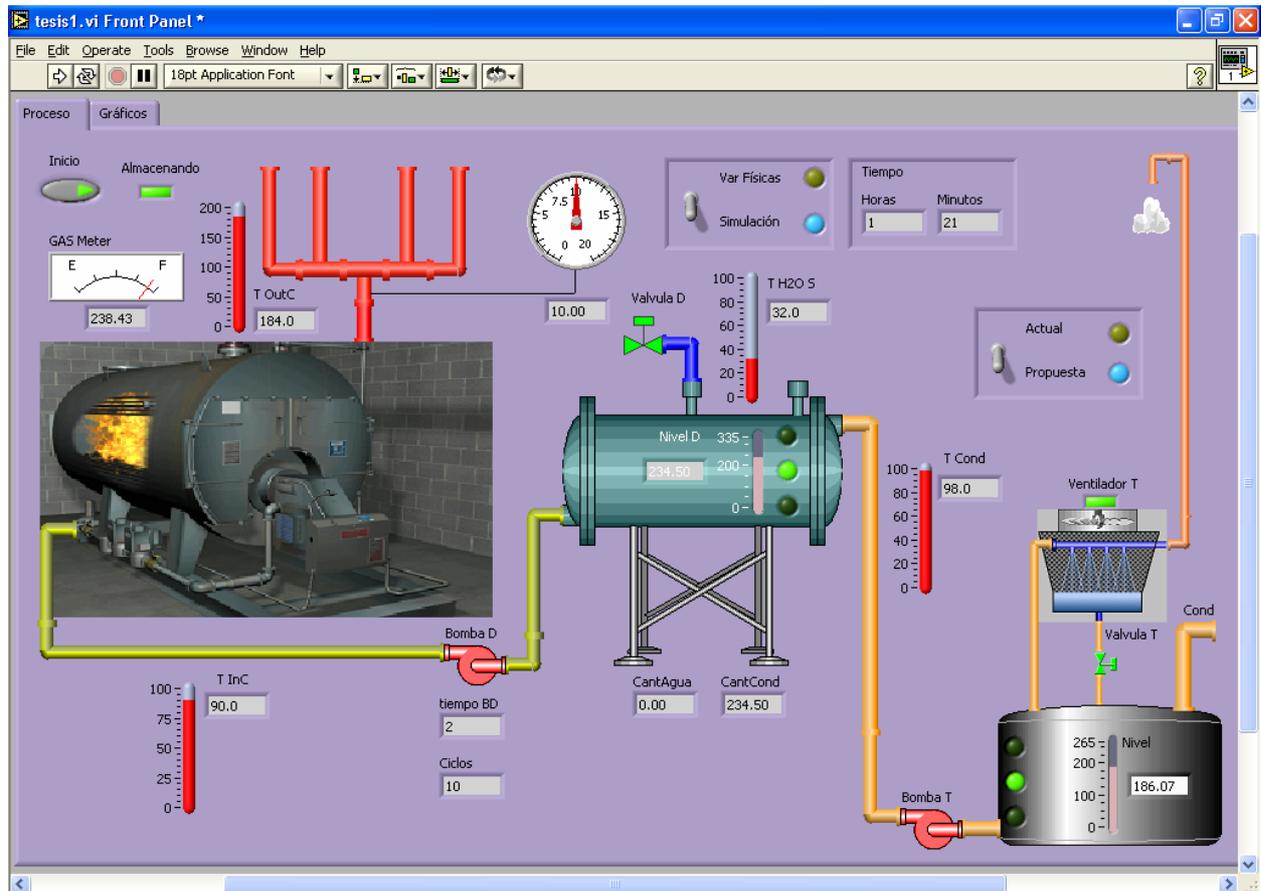
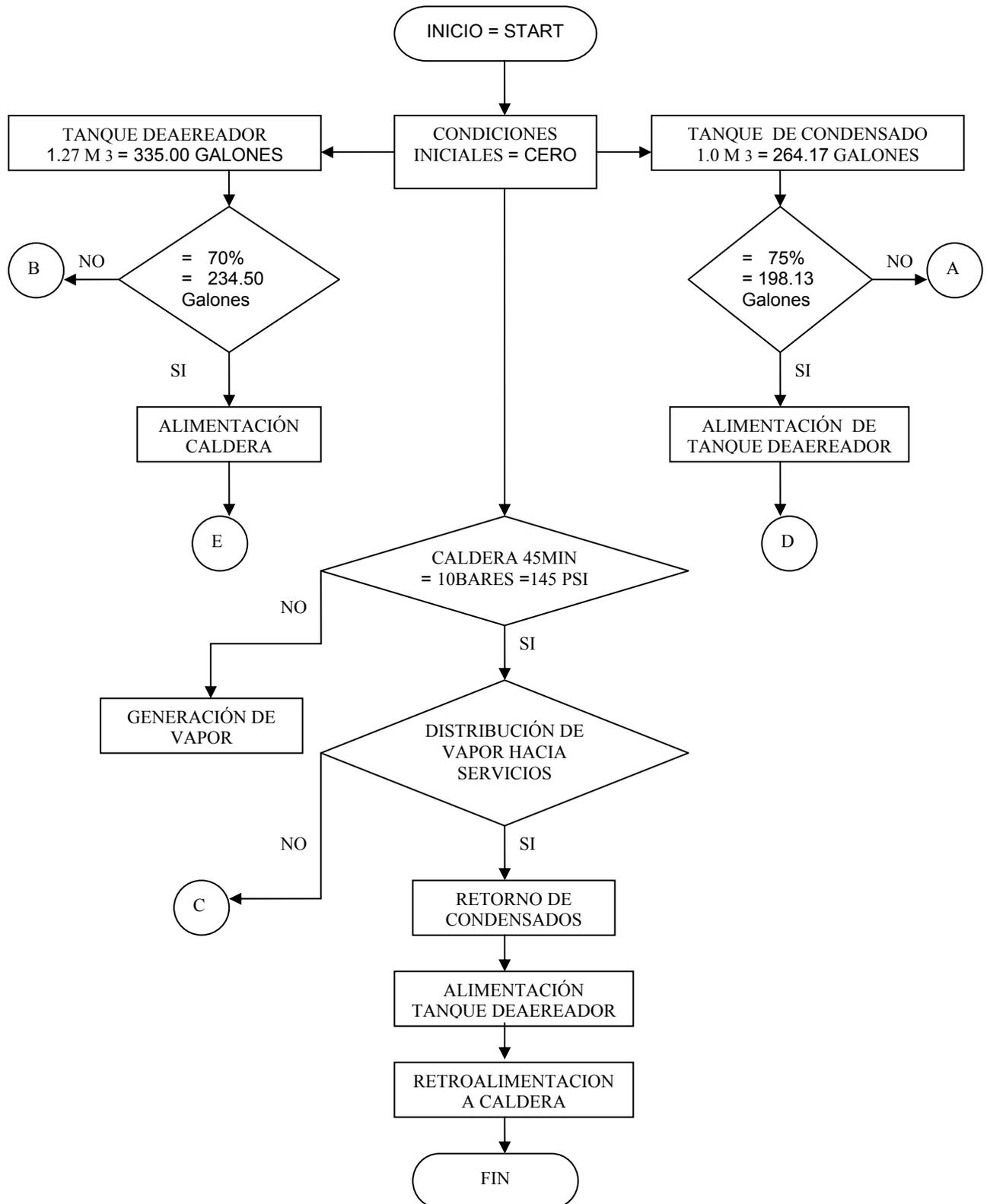
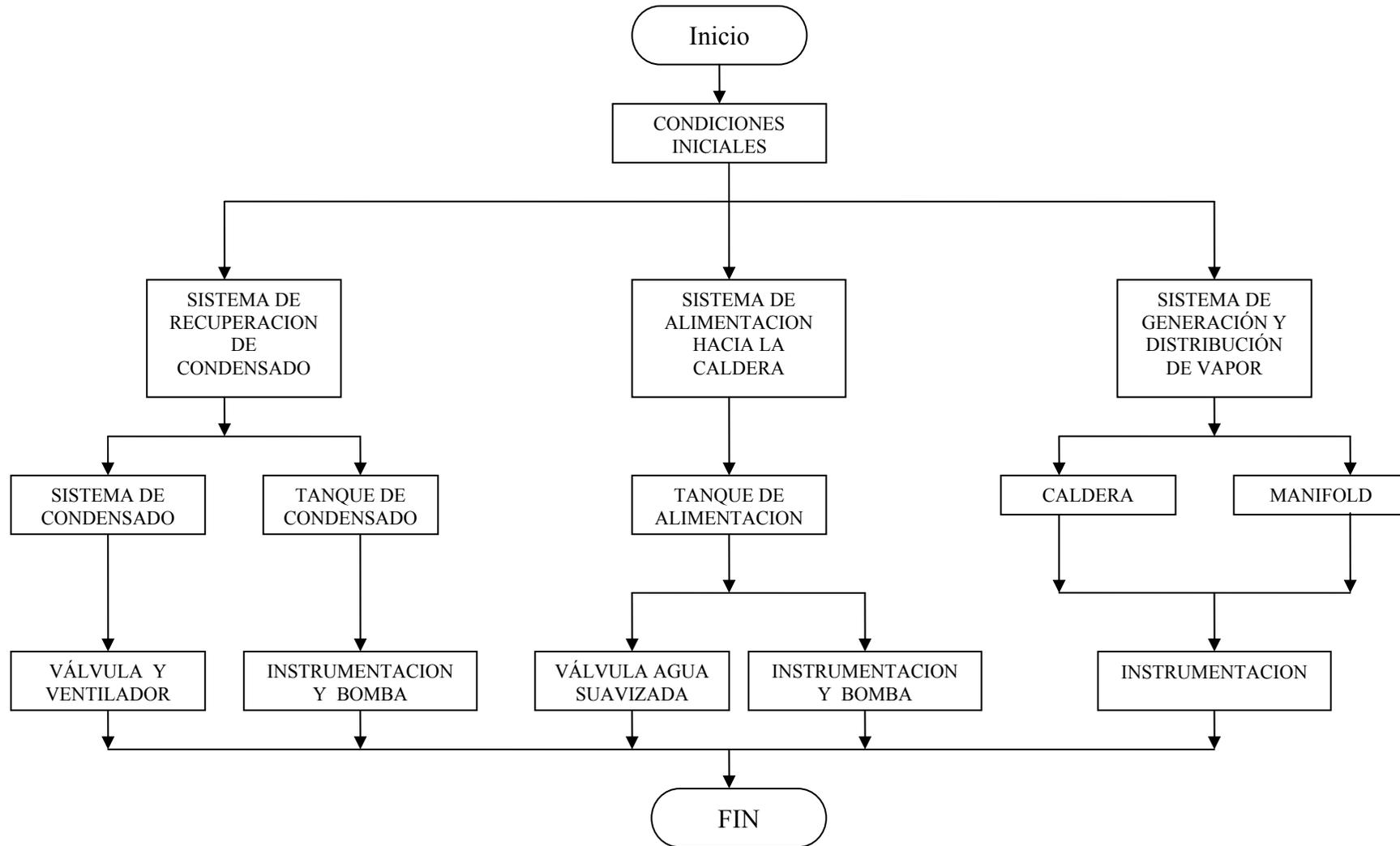


Figura 4.10 Vista simulada del sistema centralizado de soporte electromecánico propuesto. A través del uso del software Lab View de National Instruments el cual permite la programación de variables simuladas en el tiempo.

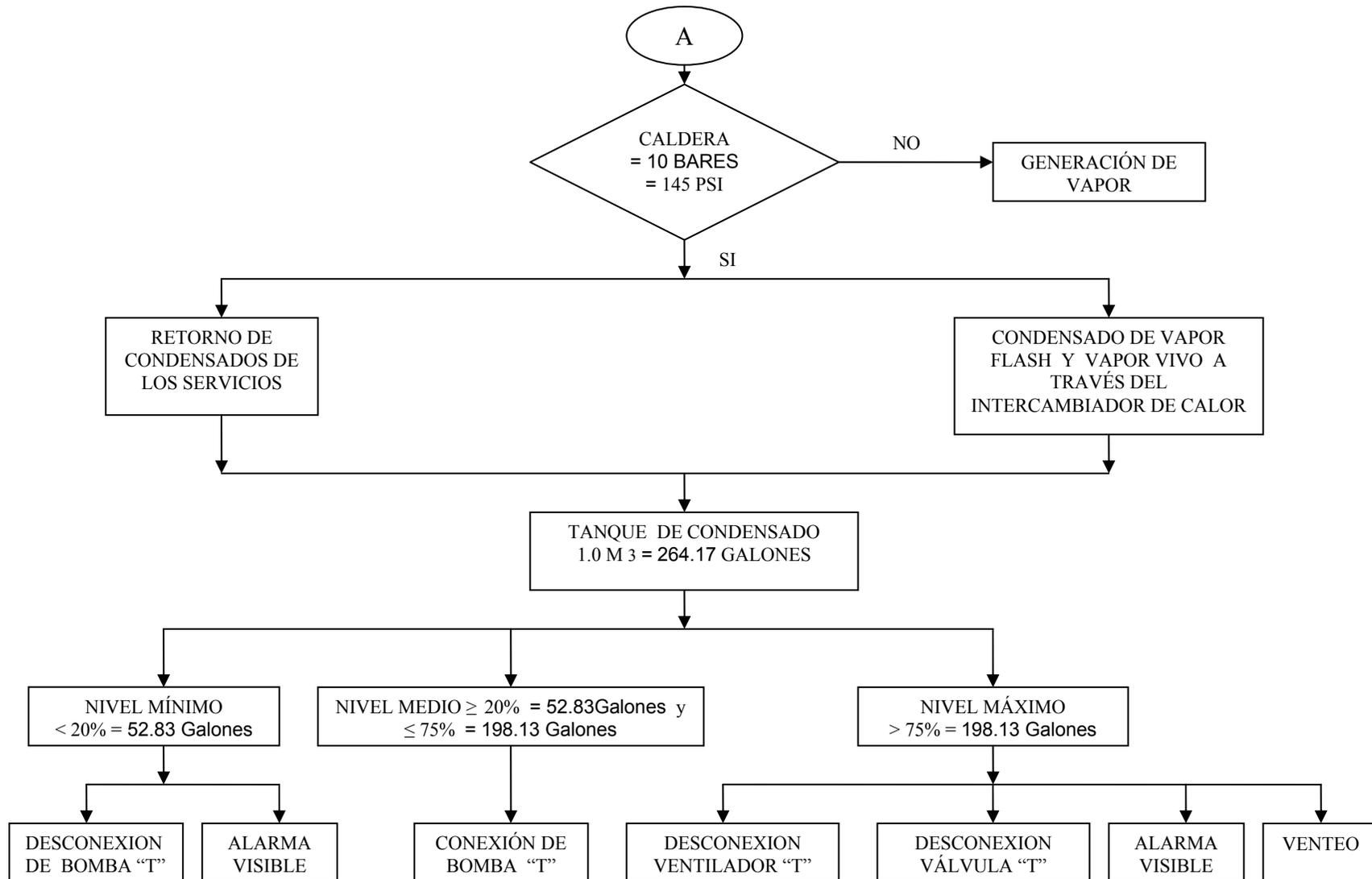
### 4.3.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO: PROCESO DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PROPUESTOS



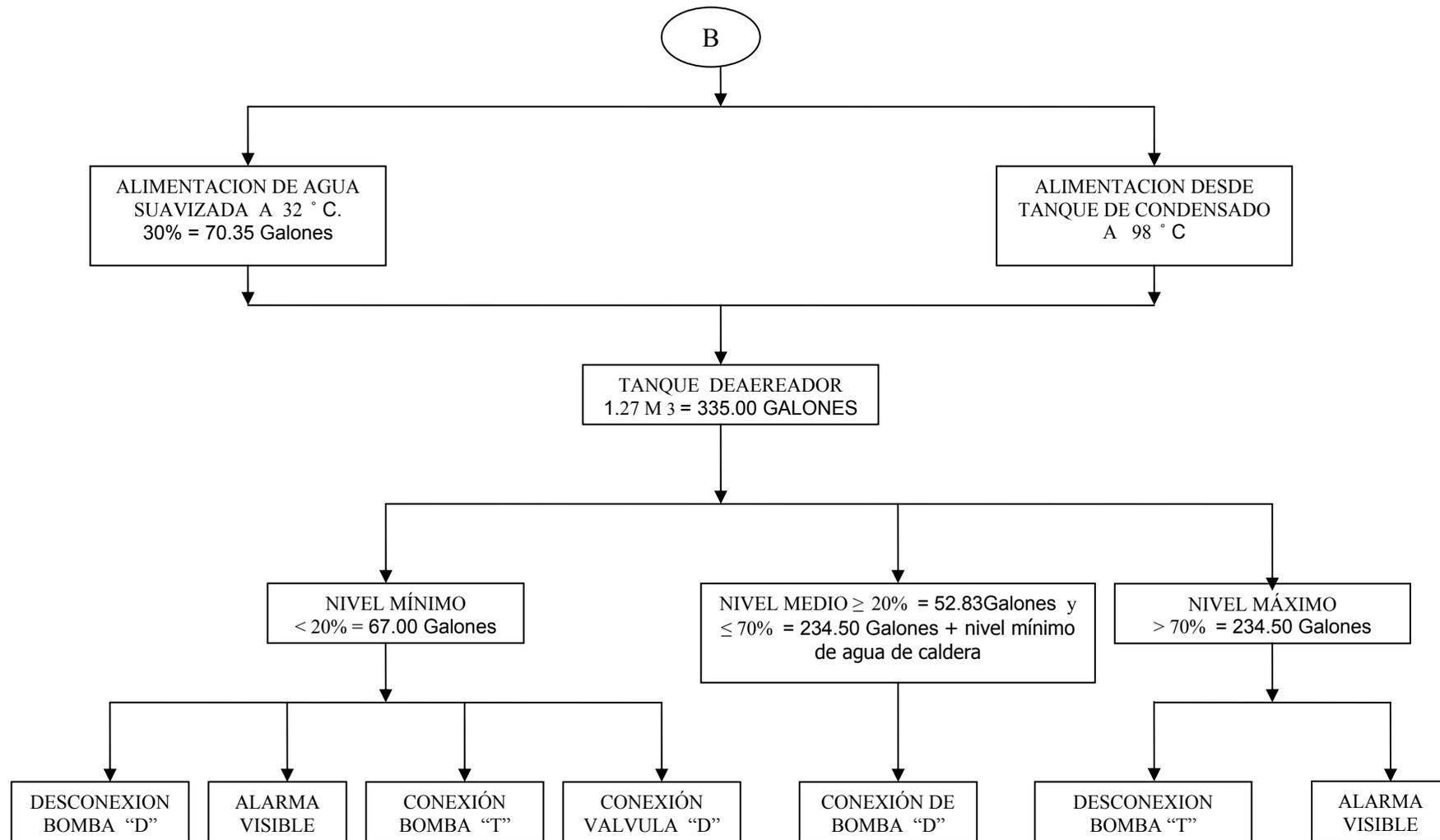
#### 4.3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO: COMPONENTES DEL PROCESO DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE VAPOR PROPUESTOS



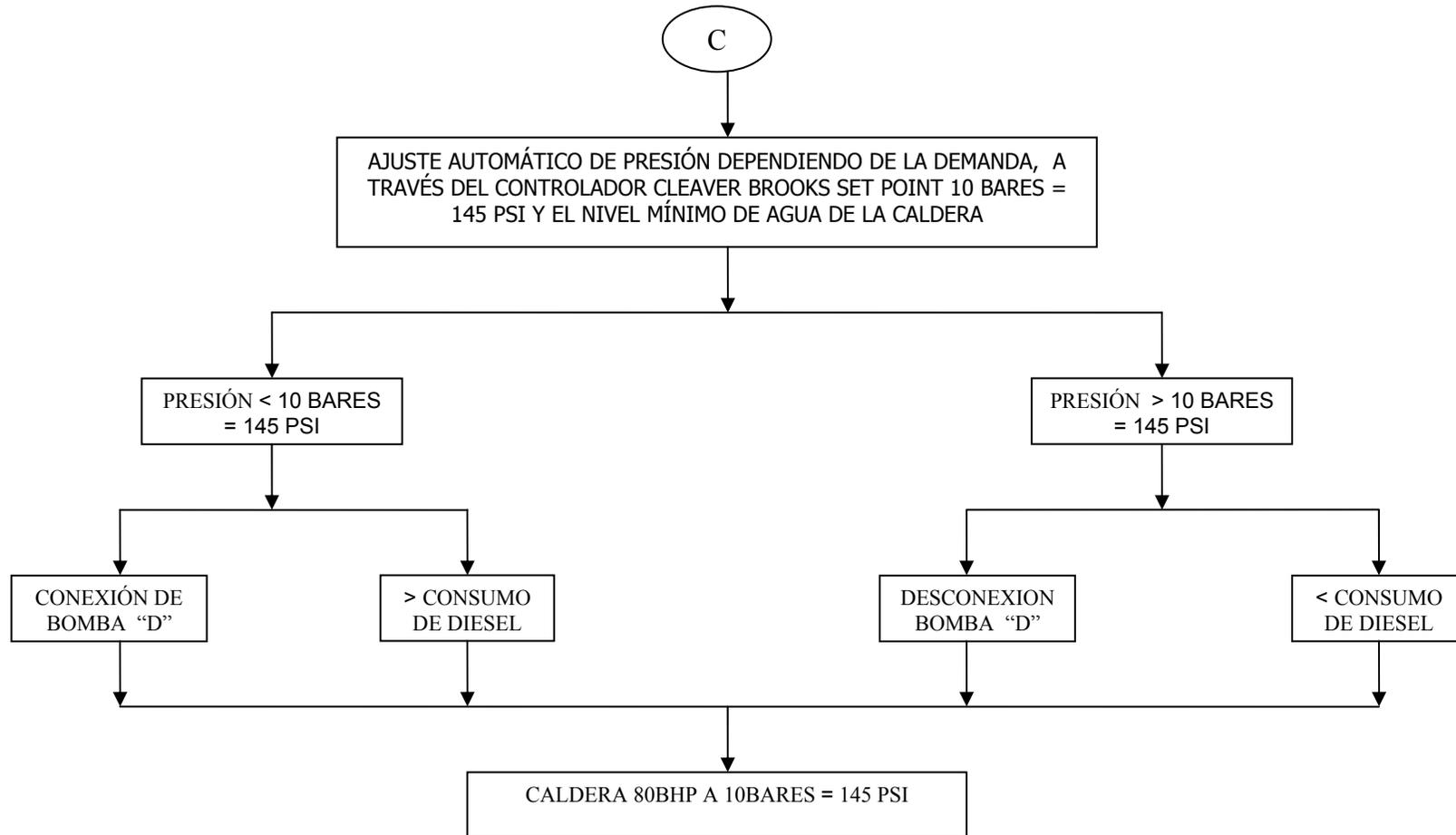
### 4.3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO: PROCESO PROPUESTO TANQUE DE CONDENSADO



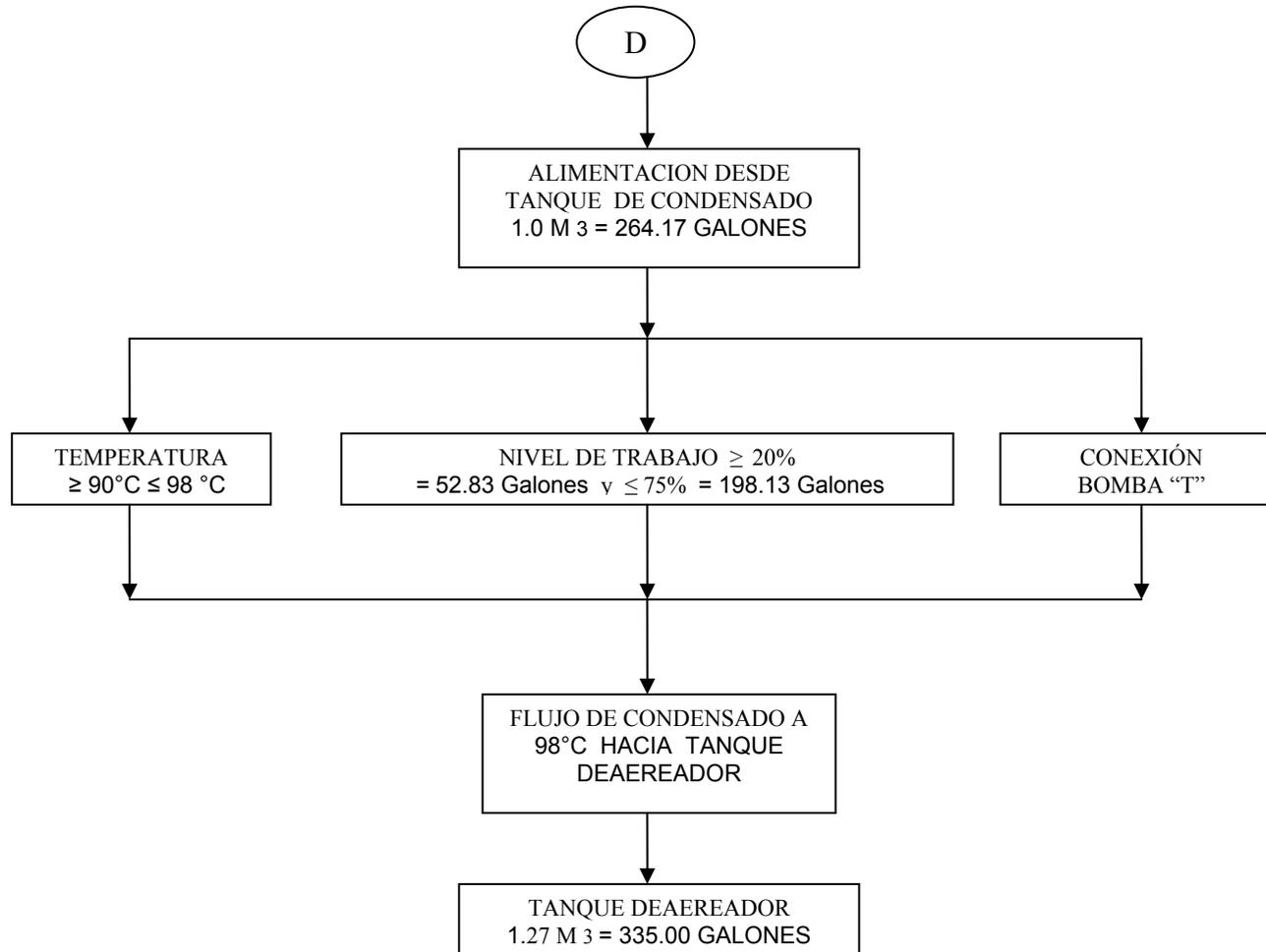
#### 4.3.2.4 DIAGRAMA DE FLUJO: PROCESO PROPUESTO TANQUE DE ALIMENTACION A CALDERA



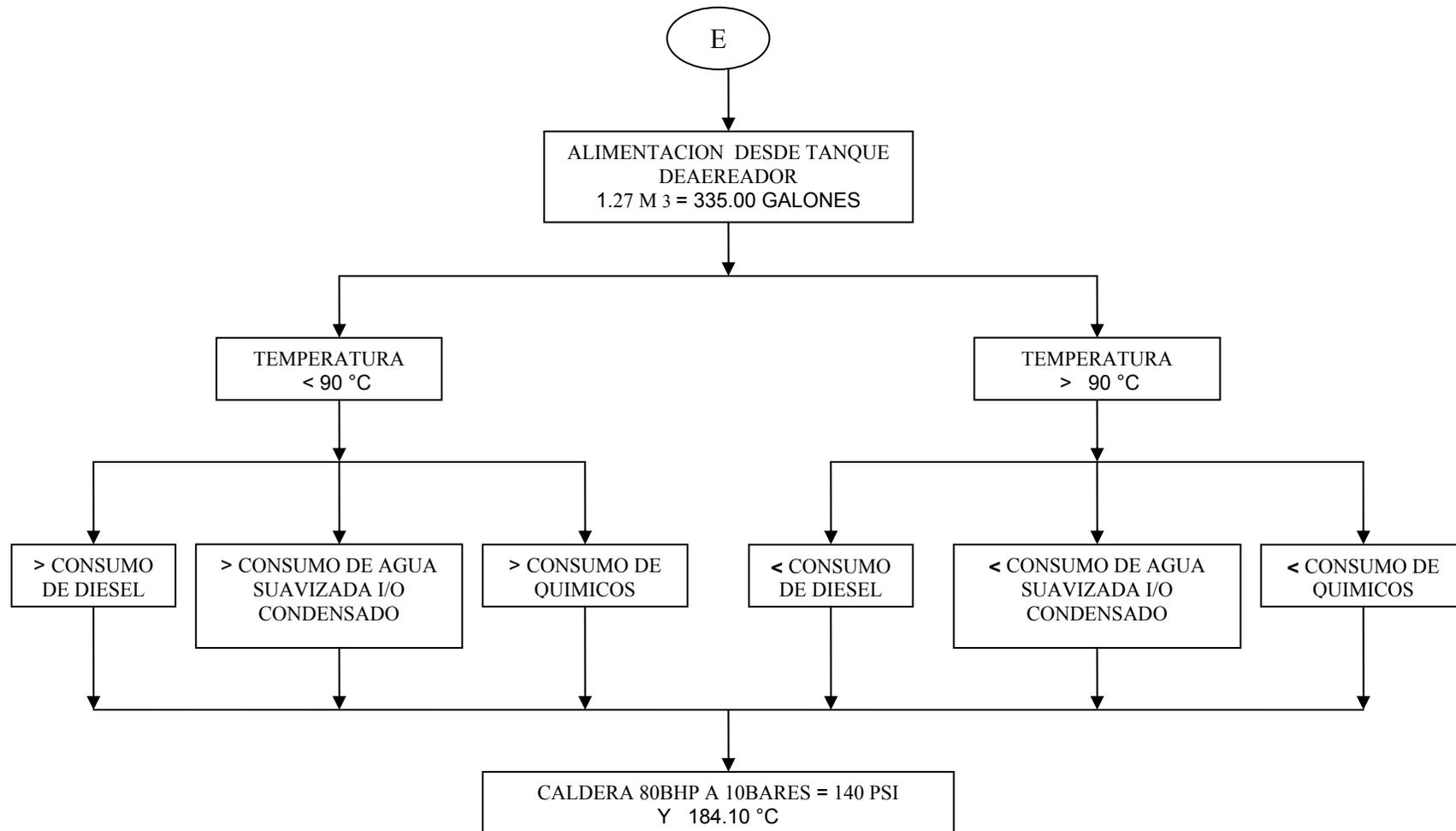
#### 4.3.2.5 DIAGRAMA DE FLUJO: COMPORTAMIENTO DEL SET POINT DE PRESIÓN DE LA CALDERA



#### 4.3.2.6 DIAGRAMA DE FLUJO: ALIMENTACION DE CONDENSADO HACIA TANQUE DEAERADOR



#### 4.3.2.7 DIAGRAMA DE FLUJO: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA HACIA LA CALDERA





## CONCLUSIONES.

- 1) La implementación del diseño propuesto permite controlar las variables del proceso productivo, con ello es posible ahorrar considerablemente en el uso del combustible, ofrecer un mejor servicio y calidad, así como beneficios adicionales tales como la reducción en costos asignados a recursos como: Agua Suavizada y Químicos. Todo esto contribuye a mejorar el bienestar de los pacientes y se convierte en un bien social para la comunidad ya que con dicho ahorro se puede asignar un mayor presupuesto a otras áreas.
- 2) El sistema propuesto es de carácter contingencial, dadas las necesidades actuales existentes en la central de vapor, pero el sistema es de uso permanente debido a que siempre es necesario recuperar el condensado del vapor, como se demuestra en la tercera etapa (4.3 Proceso de Evaluación) del capítulo 4.
- 3) Actualmente en nuestro país se tiene acceso a tecnologías de avanzada en control y monitoreo centralizado; productos fiables, servicios de ingeniería local y refacciones en stock.
- 4) La falta de implementación de un sistema de calidad en el ambiente hospitalario nacional vuelve ineficientes las gestiones independientes de cada departamento, así como también hace ineficientes las relaciones entre clientes y proveedores internos.
- 5) La falta de control metrológico en el ambiente hospitalario pone en duda la confiabilidad de las mediciones presentadas por los instrumentos que están en los diferentes procesos.
- 6) La evaluación Costo-Beneficio ha permitido definir claramente la factibilidad económica de implementar un sistema de control y monitoreo centralizado puesto que los costos asociados a los factores que generan pérdidas en el proceso superan en el tiempo (mediano plazo) a la inversión requerida en la implementación del mismo sistema. Resultando la propuesta #3 como la Relación Costo-Beneficio más óptima para el hospital en estudio.

## RECOMENDACIONES.

- 1) Se recomienda la subcontratación de servicios externos de metrología en aquellos instrumentos críticos que afecten la calidad de los procesos, con el fin de asegurar la confiabilidad en las mediciones.
  
- 2) Se recomienda la contratación de personal con conocimientos más actualizados y la capacitación del recurso humano ya existente en las áreas de instrumentación y automatización, para el desarrollo de mejores soluciones para el hospital.
  
- 3) Se recomienda reevaluar el reporte técnico titulado "Evaluación de Sistemas de Vapor" [ver anexo 4-G] presentado por la empresa Jorge Alberto Acevedo Arquitecto, en el cual se detallan a cabalidad las deficiencias técnicas del sistema de vapor, las cuales persisten hasta el día de hoy.

## GLOSARIO.

**ACEITE BUNKER C.** Aceite combustible residual de alta viscosidad comúnmente usado en la marina y en plantas generadoras de vapor estacionarias, también conocido como: Aceite Fuel Oil No.6.

**ACONDICIONADOR DE SEÑAL.** Realiza la función de elaboración, amplificación y filtrado de la salida de los transductores, permitiendo obtener una señal eléctrica medible (tensión, intensidad y frecuencia) ya en condiciones de ser aceptadas por el sistema de medida y control.

**AUTOMATIZACION.** Proceso de mecanización de las actividades industriales con el fin de reducir la mano de obra simplificando el trabajo.

**BAR.** Unidad de presión igual a la presión atmosférica terrestre a nivel del mar; 1 bar es igual a 0.987 atmósferas /101,300 pascales /14.5 libras por pulgada cuadrada /100,000 Newtons por metro cuadrado.

**BAUDIO:** Unidad de medida utilizada en comunicaciones. Velocidad de señalización de una línea. Es la velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se realiza por segundo.

**BUS:** Conjunto de conductores compartidos por dos o más sistemas digitales (en general, próximos). La comunicación a través de un bus implica que sólo uno de los terminales conectados podrá enviar datos en un instante determinado. No existe limitación en cuanto al número de terminales que reciben la información.

**CALDERA.** Es un recipiente cerrado en el cual agua es calentada para la generación de vapor bajo presión o vacío por la aplicación de combustibles, electricidad o energía nuclear.

CALIDAD DEL VAPOR. En la práctica, el vapor suele llevar pequeñas gotitas de agua y no es totalmente vapor saturado seco, este se denota como “vapor húmedo”. Si se sigue aportando calor después de haber evaporado toda el agua, la temperatura del vapor volverá a elevarse, a este se le llama “vapor recalentado”. La calidad del vapor se define por su porcentaje de vapor seco, por tanto si se dice que el porcentaje de vapor seco es de 0.95, el 95% de su masa será vapor saturado seco y el 5% será agua. La calidad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$X = \frac{h_x - h_f}{h_g - h_f}$$

Donde:

x: calidad

$h_f$ : entalpía de líquido saturado

$h_g$ : entalpía de vaporización

$h_x$ : entalpía de la mezcla.

CALOR. Es la energía térmica (Energía Interna: Cinética y Potencial) que posee un cuerpo o sustancia, debido a su temperatura. Se denota por “q”. El calor es una forma de energía que puede causar el cambio físico en la materia o sustancia calentada, ya sea a Sólido, Líquido o Gas.

CALOR TOTAL DEL VAPOR. Es el calor que gana el vapor tomando como punto de partida una temperatura de 0°C. Es igual a la suma del Calor del Líquido Saturado y el Calor Latente, expresado en kJ/kg o en BTU/lbm.

CONDENSADO. El condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor. Se forma en el sistema de distribución debido a la inevitable existencia de radiación. También se forma en equipos de calentamiento y de proceso debido a la transferencia de calor del vapor a la sustancia que se desea calentar. Una vez que el vapor se condensa al haber soltado todo su valioso calor latente, el condensado caliente se debe de remover inmediatamente. El condensado todavía es agua caliente con valor energético y se debe de regresar a la caldera, aún cuando el calor disponible en un kilogramo de condensado es relativamente poco comparado al de un kilogramo de vapor.

CONEXIÓN PUNTO A PUNTO: Conexión en la que intervienen sólo dos terminales o sistemas digitales, uno a cada extremo de la línea de comunicación.

CONEXIÓN MULTIPUNTO: Conexión de más de dos terminales o sistemas digitales a través de una misma línea o bus.

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC). Sistema lógico que combina hardware y software, de modo que sus instrucciones codificadas pueden modificarse (reprogramarse) por el uso de un teclado; proporciona automatización "flexible" en vez de "dedicada".

CONVERTIDOR ANÁLOGO DIGITAL. Dispositivo que transfiere información de formato análogo a digital.

CONVERTIDOR DIGITAL ANALOGO. Dispositivo que transfiere información de formato digital a análogo.

COMBUSTION. Es la rápida combinación química del oxígeno con elementos de un combustible obteniendo como resultado la generación de calor.

DCE: Equipo previsto para transmitir y recibir información digital a distancia, generalmente por vía telefónica o vía radio. El DCE suele utilizar una onda portadora modulada en frecuencia para transmitir la información, por lo que se llama genéricamente MODEM (Modulador-Demodulador).

DTE: Equipo que dispone al menos de un canal para transmitir y/o recibir información digital. En lo que sigue le llamaremos simplemente terminal o DTE.

EBULLICION. Es la conversión de un líquido a vapor con la formación de burbujas.

ENLACE FULL DUPLEX: Comunicación entre dos terminales, con posibilidad de flujo simultáneo de datos en ambos sentidos (transmisión y recepción al mismo tiempo). Lógicamente requiere líneas independientes para transmisión y recepción.

ENLACE HALF DÚPLEX: Comunicaciones entre dos terminales, que permiten flujo de datos en ambos sentidos, pero no simultáneamente, utilizando los mismos cables o medio físico.

ENTALPÍA. Es la unidad de medida de la energía térmica de los fluidos. La entalpía puede ser entalpía absoluta o específica. La entalpía absoluta Es el calor total de un fluido y se denota por la letra "H" y su unidad de medida es el BTU o Kj. La entalpía específica es el calor de un fluido por unidad de masa y se denota por la letra "h" y su unidad de medida es BTU / lbm o Kj / Kg.

ENTALPÍA DEL LÍQUIDO. Es la cantidad de energía en BTU o Kj necesario para elevar la unidad de medida de masa de agua desde una temperatura de 32 °F (0 °C) hasta su temperatura de ebullición, a una presión determinada. Se denota con las letras "h<sub>f</sub>".

ENTALPIA DE VAPORIZACIÓN. Es la cantidad de energía medida en BTU o Kcal necesario para convertir la unidad de medida de masa de agua a vapor seco, a la misma temperatura y presión. Se denota con las letras "h<sub>fg</sub>".

ETHERNET. Estándar para redes de ordenadores muy utilizados por su aceptable velocidad y bajo costo. Admite distintas velocidades según el tipo de hardware utilizado, siendo las más comunes 10 Mbits/s y 100 Mbits/s.

EVAPORACION. Básicamente es el cambio de estado de una sustancia de líquido a vapor. El rango de evaporación en una caldera es la cantidad de libras de agua que son evaporadas en una unidad de tiempo.

HP CALDERA. Es la evaporación de 34.5 libras de agua por hora a una temperatura de 212°F (100°C), esta agua es convertida en vapor seco saturado a la misma temperatura. El valor de calor contenido en esta masa de vapor es de 33,475 BTU/hr.

HMI. Interfase hombre-maquina (Human Machine Interface).

LAN (Red de Área Local): Red local que comunica varios terminales, por lo general a corta distancia (del orden de 1 Km.).

**PIROTUBULAR:** Estas son calderas dotadas de tubos rectos, rodeados de agua y a través de cuyo interior pasan los gases de la combustión. Estos tubos se instalan normalmente, en la parte inferior de un tambor sencillo o de un casco, abajo del nivel de agua.

**PRESION.** Es la fuerza ejercida por el fluido sobre la unidad de superficie de la pared que lo contiene o del seno mismo del fluido. La Presión Atmosférica es la presión ejercida por la atmósfera terrestre, sobre la superficie de la tierra. Una atmósfera equivale a 14.7 psi (1 bar), al nivel del mar. La Presión Manométrica es la presión arriba o debajo de la presión atmosférica, si el valor es mas alto, la presione es positiva y si la presión es mas baja la presión es de vacío. La Presión Absoluta es la presión resultante de sumar la Atmosférica y la Relativa.

**PROTOCOLO.** Reglas y procedimientos utilizados para establecer la comunicación.

**SCADA.** Software de supervisión, control y adquisición de datos.

**TRANSDUCTOR.** Dispositivo de medición que da una señal eléctrica de salida comúnmente de voltaje o resistencia.

**TRANSFERENCIA DE CALOR.** Es el flujo de calor que se produce en un cuerpo o sustancia, debido a la diferencia de temperaturas entre un cuerpo de mayor temperatura y uno de menor temperatura, que se ponen en contacto directo o indirecto.

**VAPOR DE AGUA.** Es un gas real que no cumple con la ley de los gases ideales, se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera. Se necesita añadir suficiente energía para que se eleve la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. Después de ello, cualquier energía adicional transforma el agua en vapor, sin un incremento en la temperatura. La cantidad requerida de calor es diferente para cada combinación de presión/ temperatura.

VAPOR FLASH. Es un tipo de vapor que se genera cuando se tiene condensado caliente o agua hirviendo, presurizados, y se libera a una presión más baja, el resultado es la evaporación de una parte de esos mismos líquidos y la parte evaporada es conocida como "Vapor Flash o Vapor Secundario".

UNIDAD TERMICA BRITANICA (BTU). Estas unidades representan el 1/180 del calor requerido para llevar la temperatura de 1 libra de agua desde 32°F (0°C) hasta 212°F (100°C) a una presión atmosférica constante.

WAN (Red de Área Amplia): Red de área amplia, que comunica terminales alejados, generalmente a través de líneas telefónicas o enlaces de uso público.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- [1-1] Trabajo de Graduación UDB. "Automatización con autómatas programables del proceso de bobinado de una máquina laminadora". Autor: Serrano Balmore.1, 1997.
- [1-2] "Adelantos en la automatización a nivel industrial".  
<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all>  
2,001.
- [1-3] Porrás Criado. "Autómatas Programables". Editorial McGraw Hill.  
1ª Edición.1,1995.
- [1-4] "Iniciación a los Autómatas Programables".  
<http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/automatas/auto4.htm>  
2,001.
- [1-5] Romeral Luís. "Autómatas Programables". Alfaomega Grupo Editor.  
1ª Edición. 1,1991.
- [1-6] Piedrafita Ramón. "Ingeniería de la Automatización Industrial".  
Alfaomega Grupo Editor. 1ª Edición. 1,1992.
- [1-7] "Sistemas de control".  
<http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>.  
1,1997.
- [3-1] Covey Franklin. "Project Management". 1,1999.
- [3-2] Badia Albert. "Autómatas Programables #3". Marcombo Boixerau Editores. 1,1995.

- [3-3] González Néstor. "Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos".  
Editorial McGraw-Hill. 1,998.
- [3-4] Revista de Alta Dirección de Negocios. "Ventajas de administrar los  
riesgos de un proyecto". Edición #5. Diciembre 2,004 – Enero 2,005.
- [3-5] Sapag Chain Reinaldo. "Preparación y Evaluación de Proyectos".  
Editorial McGraw-Hill. 1,999.
- [4-1] "Ahorro de energía en la explotación de calderas"  
<http://www.arrakis.es/~consulterm/ahorroener.htm>.  
2,001.
- [4-2] Acevedo, Jorge Alberto. "Evaluación del sistema de vapor para el  
Hospital Nacional de Niños Benjamín Bloom". Reporte técnico.  
Junio 2,001.
- [4-3] "Guía para la conservación del vapor en el drenado de condensados"  
<http://www.armstrong.be/prod/traps/hb/trapshb.html>  
2,001.
- [4-4] Técnica Internacional. "Sistema de generación y distribución de vapor del  
hospital de niños Benjamín Bloom". Manual técnico. 1,992.
- [4-5] Trabajo de Graduación UDB. "Monitoreo y control de variables en  
procesos industriales por medio de una computadora", Autor: Gómez  
Carlos/ Conde Miguel Angel. Septiembre 2,000.
- [4-6] Trabajo de Graduación UDB. "Diseño de un plan HACCP aplicado  
a la industria farmacéutica salvadoreña", Autor: Morales Cecilia  
/ Vásquez Leila. Septiembre 2,004.

- [4-7] Trabajo de Graduación UES. "Diseño de un caldera tubular a baja presión", Autor: Santos Francisco. 1,977.
- [4-8] Battikha, N.E. "The condensed handbook of measurement and control", 2a. Edición, 2004.
- [4-9] Cengel Yunus/Boles Michael. "Termodinámica". Editorial McGrawHill. Tomo I. 2ª Edición. 1,999.