



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

**“SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA LA
CLIMATIZACIÓN DEL QUIRÓFANO Y LA SALA DE RECUPERACIÓN
DEL HOSPITAL MUNICIPAL NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED DE
LA CIUDAD DE AMBATO”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Seminario de Graduación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Mario Villalba

TUTOR: Ing. Santiago Villacís

AMBATO – ECUADOR
OCTUBRE - 2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA LA CLIMATIZACIÓN DEL QUIRÓFANO Y LA SALA DE RECUPERACIÓN DEL HOSPITAL MUNICIPAL NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED DE LA CIUDAD DE AMBATO”, del señor Mario Andrés Villalba Gonzaga, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ambato, Octubre 7 de 2011

EL TUTOR

Ing. Santiago Villacís

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA LA CLIMATIZACIÓN DEL QUIRÓFANO Y LA SALA DE RECUPERACIÓN DEL HOSPITAL MUNICIPAL NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED DE LA CIUDAD DE AMBATO”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Octubre 7 de 2011

Mario A. Villalba Gonzaga

CC: 172060341-2

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Jurado e Ing. Carlos Gordón, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA PARA LA CLIMATIZACIÓN DEL QUIRÓFANO Y LA SALA DE RECUPERACIÓN DEL HOSPITAL MUNICIPAL NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED DE LA CIUDAD DE AMBATO”, presentado por el señor Mario Andrés Villalba Gonzaga de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Marco Jurado

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Carlos Gordón

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres, ya que gracias a su incondicional y constante apoyo, a su comprensión y enseñanza rica en valores, he conseguido concluir una de las tantas y más importantes metas propuestas en mi vida.

A mis abuelos, quienes me brindaron un lugar en el cual permanecer para poder llevar a cabo mis estudios y a sus consejos que elevaron mi ánimo cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos, ya que con su cariño y fe en mí, permitieron que continúe en pie en esta larga y ardua tarea.

A mis primos, con quienes compartí muchas experiencias y cuya compañía siempre engrandeció mi espíritu.

Mario Villalba

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Santiago Villacís, por haber sido partícipe directo en este proyecto, a la Facultad por haberme brindado los conocimientos, valores y experiencias a través de sus maestros y permitir formarme como profesional, al Hospital Municipal “Nuestra Señora de la Merced” por haberme abierto sus puertas y de esta manera poder trabajar en su beneficio, y por supuesto a mis amigos y compañeros de aula, quienes se convirtieron en mi segunda familia.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORIA..... | iii |
| APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE GENERAL..... | vii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xvii |
| INTRODUCCIÓN | xviii |

CAPITULO I

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1.1 TEMA | 19 |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.2.1 Contextualización..... | 19 |
| 1.2.2 Análisis Crítico | 20 |
| 1.2.3 Prognosis..... | 20 |
| 1.2.4 Formulación del Problema | 21 |
| 1.2.5 Preguntas Directrices | 21 |
| 1.2.6 Delimitación del Problema..... | 21 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 21 |
| 1.4 OBJETIVOS | 22 |
| 1.4.1 Objetivo General | 22 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 22 |

CAPITULO II

| | |
|--------------------------------------|----|
| 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS..... | 24 |
| 2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL..... | 24 |
| 2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES | 25 |
| 2.3.1 SISTEMA DE CONTROL | 25 |

| | |
|---|----|
| 2.3.1.1 Clasificación..... | 25 |
| 2.3.1.2 Control PID | 27 |
| 2.3.1.3 Autosintonización y control adaptativo | 34 |
| 2.3.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL..... | 39 |
| 2.3.2.1 Microcontroladores | 40 |
| 2.3.2.2 Controladores de temperatura | 42 |
| 2.3.2.3 Controladores Lógicos Programables (PLC)..... | 44 |
| 2.3.3 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL | 48 |
| 2.3.3.1 Válvula de Solenoide | 48 |
| 2.3.3.2 Contactores..... | 52 |
| 2.3.3.3 Temporizador | 55 |
| 2.3.3.4 Relé Térmico..... | 56 |
| 2.3.3.5 Disyuntores | 57 |
| 2.3.3.6 Elementos de accionamiento..... | 59 |
| 2.3.4 SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA..... | 60 |
| 2.3.4.1 Temperatura | 60 |
| 2.3.4.2 Escalas de temperatura | 60 |
| 2.3.4.3 Medida de temperatura..... | 61 |
| 2.3.4.4 Termoresistencia (RTD) | 62 |
| 2.3.4.5 Termocuplas..... | 64 |
| 2.3.4.6 Sensor de temperatura en circuito integrado..... | 66 |
| 2.3.5 CONTROL AMBIENTAL EN INTERIORES..... | 68 |
| 2.3.5.1 Medidas de control ambiental en interiores | 68 |
| 2.3.6 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO..... | 68 |
| 2.3.6.1 Requisitos Fundamentales..... | 69 |
| 2.3.6.2 Clasificación de los Sistemas de Aire Acondicionado..... | 70 |
| 2.3.6.3 Cargas Térmicas..... | 71 |
| 2.3.6.4 Difusión de aire en salas | 76 |
| 2.3.6.5 Unidad de tratamiento de aire | 76 |
| 2.3.6.6 Bomba de calor | 81 |
| 2.3.6.7 Recomendaciones internacionales sobre climatización hospitalaria..... | 82 |
| 2.3.7 CLIMATIZACIÓN DE AMBIENTES HOSPITALARIOS | 85 |

| | |
|--|----|
| 2.3.7.1 Climatización de las Salas de recuperación | 85 |
| 2.3.7.2 Climatización de Quirófanos..... | 86 |
| 2.4 HIPOTÉISIS..... | 87 |
| 2.5 VARIABLES | 87 |
| 2.5.1 Variable Independiente | 87 |
| 2.5.2 Variable Dependiente | 87 |

CAPITULO III

| | |
|---|----|
| 3.1 ENFOQUE | 88 |
| 3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 88 |
| 3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 89 |
| 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 89 |
| 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 90 |
| 3.5.1 Variable Independiente | 90 |
| 3.5.2 Variable Dependiente..... | 91 |
| 3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 92 |
| 3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN | 92 |

CAPITULO IV

| | |
|-----------------------|----|
| 4.1 ENTREVISTA | 93 |
| 4.2 OBSERVACIÓN | 95 |

CAPITULO V

| | |
|---------------------------|-----|
| 5.1 CONCLUSIONES | 102 |
| 5.2 RECOMENDACIONES | 103 |

CAPITULO VI

| | |
|------------------------------|-----|
| 6.1 DATOS INFORMATIVOS | 104 |
|------------------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| 6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA | 104 |
| 6.3 JUSTIFICACIÓN | 105 |
| 6.4 OBJETIVOS | 106 |
| 6.4.1 Objetivo General | 106 |
| 6.4.2 Objetivos Específicos..... | 107 |
| 6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD | 107 |
| 6.5.1 Factibilidad Técnica..... | 107 |
| 6.5.2 Factibilidad Operativa..... | 107 |
| 6.5.3 Factibilidad Económica..... | 107 |
| 6.6 FUNDAMENTACIÓN..... | 108 |
| 6.6.1 Controlador de temperatura Omron E5CK – AA1 – 500 | 108 |
| 6.6.1.1 Componentes principales | 108 |
| 6.6.1.2 Panel frontal | 108 |
| 6.6.1.3 Displays..... | 109 |
| 6.6.1.4 Utilización de teclas | 109 |
| 6.6.1.5 Entrada y salida | 109 |
| 6.6.1.6 Parámetros y Menús..... | 110 |
| 6.6.1.7 Especificaciones técnicas | 112 |
| 6.6.2 Contactores marca CHINT..... | 113 |
| 6.6.3 Relé térmico marca CHINT | 115 |
| 6.6.4 Guardamotores marca CHINT | 116 |
| 6.6.5 Temporizador analógico AUTONICS ATE..... | 117 |
| 6.6.6 Sensor de temperatura PT100 STA 250..... | 118 |
| 6.6.7 Válvula solenoide Watson McDaniel W-210-0 | 119 |
| 6.7 METODOLOGÍA | 120 |
| 6.8 MODELO OPERATIVO | 121 |
| 6.8.1 Recopilación de la información | 121 |
| 6.8.1.1 Ubicación del Hospital Municipal | 121 |
| 6.8.1.2 Información de Recursos Humanos | 121 |
| 6.8.1.3 Información Técnica | 122 |
| 6.8.2 Etapas del diseño..... | 123 |
| 6.8.2.1 Cálculo de la carga térmica del Quirófano..... | 123 |

| | |
|---|-----|
| 6.8.2.2 Cálculo de la carga térmica de la Sala de Recuperación..... | 130 |
| 6.8.2.3 Esquema de las unidades de tratamiento de aire | 138 |
| 6.8.2.4 Circuito eléctrico de control..... | 140 |
| 6.8.2.5 Cableado del controlador de temperatura Omron E5CK-AA1-500..... | 144 |
| 6.8.2.6 Configuración del controlador | 146 |
| 6.8.2.7 Cálculo de conductores y protecciones | 150 |
| 6.8.2.8 Presupuesto | 155 |
| 6.9 ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA | 158 |
| 6.9.1 Aspecto operativo..... | 158 |
| 6.9.2 Aspecto logístico..... | 161 |
| 6.9.3 Aspecto económico | 161 |
| 6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN | 163 |
| 6.11 BIBLIOGRAFÍA | 163 |
| 6.11.1 Libros | 163 |
| 6.11.2 Direcciones Web | 164 |
| 6.12 ANEXOS | 169 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Sistema de control en lazo abierto | 26 |
| Figura 2.2 Sistema de control en lazo cerrado | 26 |
| Figura 2.3 Control P | 28 |
| Figura 2.4 Símbolo del control P | 28 |
| Figura 2.5 Circuito de un controlador P | 29 |
| Figura 2.6 Control I | 29 |
| Figura 2.7 Símbolo del control I | 29 |
| Figura 2.8 Circuito de un controlador I | 30 |
| Figura 2.9 Control PI | 30 |
| Figura 2.10 Símbolo del control PI | 31 |
| Figura 2.11 Circuito de un controlador PI | 31 |
| Figura 2.12 Control D | 31 |
| Figura 2.13 Símbolo del control D | 32 |
| Figura 2.14 Circuito de un controlador D | 32 |
| Figura 2.15 Símbolo del control PD | 33 |
| Figura 2.16 Circuito de un controlador PD | 33 |
| Figura 2.17 Símbolo del control PID | 33 |
| Figura 2.18 Circuito de un controlador PID | 34 |
| Figura 2.19 Respuesta al escalón unitario | 36 |
| Figura 2.20 Lazo cerrado con ganancia proporcional | 37 |
| Figura 2.21 Respuesta de la planta con ganancia crítica | 38 |
| Figura 2.22 Estructura del microcontrolador | 39 |
| Figura 2.23 Diagrama de bloques de un μC 16F873A/876A de Microchip | 41 |
| Figura 2.24 Controlador de temperatura | 43 |
| Figura 2.25 PLC de la marca Siemens | 44 |
| Figura 2.26 Estructura de un PLC | 46 |
| Figura 2.27 Solenoide energizado | 49 |
| Figura 2.28 Válvula de solenoide típica de acción directa | 49 |
| Figura 2.29 Válvula de Solenoide operada por piloto | 51 |
| Figura 2.30 Válvula de solenoide operada por piloto con diafragma flotante | 51 |

| | |
|---|-----|
| Figura 2.31 Válvula de solenoide de dos vías operada por piloto, normalmente cerrada, con diafragma flotante..... | 52 |
| Figura 2.32 Válvula de solenoide de dos vías operada por piloto, normalmente abierta | 52 |
| Figura 2.33 Símbolo de un contactor | 52 |
| Figura 2.34 Contactor típico | 53 |
| Figura 2.35 Temporizador con ajuste mediante potenciómetro..... | 55 |
| Figura 2.36 Temporizador electrónico..... | 56 |
| Figura 2.37 Símbolo del relé térmico..... | 57 |
| Figura 2.38 Símbolo de un disyuntor..... | 58 |
| Figura 2.39 Tipos de pulsadores | 59 |
| Figura 2.40 Simbología de los tipos de pulsadores..... | 59 |
| Figura 2.41 Símbolo de un RTD..... | 62 |
| Figura 2.42 Termocupla tipo J..... | 64 |
| Figura 2.43 Compensación de cables..... | 65 |
| Figura 2.44 Tipos de encapsulados del LM35 | 67 |
| Figura 2.45 Equipo unitario tipo ventana..... | 70 |
| Figura 2.46 Sistema Semicentralizado colocado en un falso techo | 70 |
| Figura 2.47 Equipo centralizado | 71 |
| Figura 2.48 Unidad de Tratamiento de Aire | 77 |
| Figura 2.49 Climatizador Tipo 1..... | 79 |
| Figura 2.50 Climatizador Tipo 2..... | 79 |
| Figura 2.51 Climatizador Tipo 3..... | 80 |
| Figura 2.52 Climatizador Tipo 4..... | 80 |
| Figura 4.1 Ducto de suministro del Quirófano..... | 95 |
| Figura 4.2 Ducto de retorno del Quirófano..... | 95 |
| Figura 4.3 Ducto de suministro de la Sala de Recuperación..... | 96 |
| Figura 4.4 Ducto de retorno de la Sala de Recuperación..... | 96 |
| Figura 4.5 Dimensiones del Quirófano | 100 |
| Figura 4.6 Dimensiones de la Sala de Recuperación | 101 |
| Figura 6.1 Componentes del controlador E5CK..... | 108 |
| Figura 6.2 Panel frontal del controlador E5CK | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 6.3 Diagrama de las entradas y salidas soportadas | 110 |
| Figura 6.4 Diagrama de orden de selección de modos..... | 111 |
| Figura 6.5 Conexiones del temporizador | 117 |
| Figura 6.6 Conexión eléctrica de la PT100 | 119 |
| Figura 6.7 Válvula de solenoide | 119 |
| Figura 6.8 Esquema de trabajo para el diseño del sistema de control | 120 |
| Figura 6.9 Ubicación del Hospital Municipal | 121 |
| Figura 6.10 Esquema de la UTA del Quirófano | 139 |
| Figura 6.11 Esquema de la UTA de la Sala de Recuperación | 139 |
| Figura 6.12 Circuito de mando..... | 141 |
| Figura 6.13Circuito de fuerza | 142 |
| Figura 6.14 Panel de control | 144 |
| Figura 6.15 Componentes internos del panel de control..... | 144 |
| Figura 6.16 Conexión del controlador con los elementos externos | 145 |
| Figura 6.17 Terminales de conexión del controlador..... | 145 |
| Figura 6.18 Diagrama unifilar..... | 155 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.1 Parámetros del controlador según la curva de reacción..... | 37 |
| Tabla 2.2 Parámetros del controlador según el método de oscilación | 38 |
| Tabla 2.3 Patrón de referencia entre escalas | 61 |
| Tabla 2.4 Termocuplas según IEC 584-1..... | 64 |
| Tabla 2.5 Requerimientos de aire exterior | 83 |
| Tabla 2.6 Cambios de aire por hora | 83 |
| Tabla 2.7 Temperatura recomendada | 84 |
| Tabla 2.8 Eficiencia de filtros | 84 |
| Tabla 4.1 Temperaturas en el Quirófano del 17 al 21 de agosto | 96 |
| Tabla 4.2 Temperaturas en el Quirófano del 24 al 28 de agosto | 96 |
| Tabla 4.3 Temperaturas en Recuperación del 17 al 21 de agosto..... | 97 |
| Tabla 4.4 Temperaturas en Recuperación del 24 al 28 de agosto..... | 97 |
| Tabla 4.5 Temperaturas en Pasillo del 17 al 21 de agosto | 98 |
| Tabla 4.6 Temperaturas en Pasillo del 24 al 28 de agosto | 98 |
| Tabla 4.7 Temperaturas de la habitación inferior del 17 al 21 de agosto | 98 |
| Tabla 4.8 Temperaturas de la habitación inferior del 24 al 28 de agosto | 99 |
| Tabla 4.9 Temperaturas de la habitación anexa del 17 al 21 de agosto..... | 99 |
| Tabla 4.10 Temperaturas de la habitación anexa del 24 al 28 de agosto..... | 99 |
| Tabla 6.1 Valores nominales del controlador E5CK | 112 |
| Tabla 6.2 Valores nominales y características de la unidad de salida | 112 |
| Tabla 6.3 Características generales del controlador E5CK..... | 113 |
| Tabla 6.4 Datos técnicos del contactor | 114 |
| Tabla 6.5 Datos técnicos del relé térmico | 115 |
| Tabla 6.6 Protección contra sobrecarga del guardamotor..... | 116 |
| Tabla 6.7 Protección contra falla de fase del guardamotor..... | 117 |
| Tabla 6.8 Compensación de la temperatura ambiente | 117 |
| Tabla 6.9 Características técnicas del temporizador | 118 |
| Tabla 6.10 Especificaciones técnicas de la válvula de solenoide | 120 |
| Tabla 6.11 Potencia y corriente nominal de equipos | 151 |
| Tabla 6.12 Costos de la UTA para el Quirófano..... | 156 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 6.13 Costos de la UTA para la Sala de Recuperación | 156 |
| Tabla 6.14 Costos de la enfriadora y bomba de calor | 157 |
| Tabla 6.15 Costos de los elementos de control | 157 |
| Tabla 6.16 Costo total de los equipos | 158 |
| Tabla 6.17 Costo total de la obra | 158 |
| Tabla 6.18 Costo mensual del personal | 162 |
| Tabla 6.19 Gastos para mantenimiento preventivo..... | 162 |
| Tabla 6.20 Costo de operación..... | 162 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación está enfocado en el diseño de un sistema de control de temperatura para la climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato.

El contenido de la investigación comprende los aspectos más importantes utilizados para la climatización de las áreas mencionadas anteriormente. Esta información está estructurada en seis capítulos.

El primer capítulo detalla la situación actual del Hospital Municipal, aquí se menciona las causas y posibles consecuencias de no solucionar el problema de la ausencia de un sistema de climatización con control de temperatura.

En el capítulo II, se hace referencia al marco Teórico en donde se recopila toda la información que es necesaria para comprender el mecanismo de estos sistemas.

El capítulo III comprenden la metodología aplicada en el trabajo de investigación, posteriormente en el capítulo IV se lleva a cabo el análisis e interpretación de la entrevista, observaciones y fichas documentales.

En el capítulo V se encuentran las conclusiones y recomendaciones, obtenidas luego de haber analizado los resultados del capítulo anterior.

Finalmente en el capítulo VI consta la propuesta, en donde se plantea las soluciones al problema investigado, mediante cálculos matemáticos para la selección de los equipos necesarios y sus respectivas configuraciones que permitan el funcionamiento del diseño.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los avances tecnológicos nos permiten realizar operaciones de una manera más simple y con mayor precisión. Los procesos que se llevan a cabo, tanto en el sector industrial como residencial, tienden a ser mejorados mediante la automatización; proporcionando una mejor eficiencia en el resultado final.

La necesidad de proveer un ambiente confortable y saludable a los espacios interiores, ha llevado al desarrollo de instrumentos y equipos que permitan mejorar estos aspectos, así como la creación de diversas técnicas que se ajusten de acuerdo a la ubicación y aplicación que se quiera brindar.

Un hospital es un lugar en la que se diagnostican y se tratan enfermedades a diario, por lo que se puede considerar que todas sus áreas son lugares de riesgo de contaminación. Es por ese motivo que se trata de mejorar el ambiente en el que se encuentra el paciente, identificando los riesgos que existen en el hospital y viendo la manera de controlarlos o eliminarlos, de tal manera que se aplique tendencias innovadoras en el diseño de sistemas de climatización.

Las normas ASHRAE, son en la actualidad consideradas para llevar a cabo la climatización de las diferentes edificaciones. Para el sector hospitalario, éstas tienen los parámetros para una óptima climatización.

El futuro en el diseño de tecnologías para mejorar la calidad del ambiente de los hospitales, está en contribuir a la conservación del medio ambiente, evitando convertirse, en un elemento más de destrucción del planeta, por parte del ser humano.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

Sistema de Control de Temperatura para la Climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal “Nuestra Señora de la Merced” de la Ciudad de Ambato.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

Desde hace mucho tiempo las personas han tratado de crear condiciones ambientales idóneas, que le proporcionen una sensación de comodidad, más aún, si el clima se caracteriza por estados extremos de calor y frío.

Hoy en día en Latinoamérica se diseñan y construyen sistemas de acondicionamiento climático altamente efectivos que mediante la electrónica avanzada, han logrado tener la capacidad de ofrecer un nivel de ambiente adecuado a la industria, viviendas, oficinas, aulas y principalmente a los hospitales.

Actualmente en el Ecuador, los sistemas de aire acondicionado están siendo cada vez más empleados, debido a que permiten la distribución de un aire más limpio y con temperaturas controladas, es así que algunos hospitales entre ellos la Clínica - Hospital "Latinoamericano" de la ciudad de Cuenca cuenta con un sofisticado sistema de climatización.

En la Provincia de Tungurahua, los hospitales, especialmente públicos, no poseen sistemas de climatización para sus Quirófanos y Salas de Recuperación, por lo que la calidad del aire interior no es el adecuado, y genera molestias cuando la temperatura varía, lo que se convierte en un factor crítico, que influye en el proceso de recuperación de los pacientes y en el control bacteriano intrahospitalario.

1.2.2 Análisis Crítico

El desinterés que se ha dado por parte de las autoridades de turno del hospital al tema de la climatización de las áreas de salud, especialmente la del Quirófano y la Sala de Recuperación, han provocado en los pacientes un retardo en su proceso de recuperación e inconformidad ambiental.

El cambio variable de temperaturas incita a que las bacterias se reproduzcan más rápidamente y causen enfermedades a los pacientes durante la hospitalización.

Uno de los inconvenientes al utilizar equipos de climatización convencionales, es que no son adecuados para establecimientos de salud, además, al ser manipulados manualmente, contribuyen a que el ambiente no se ajuste de manera óptima a las recomendaciones de los organismos internacionales de la salud.

1.2.3 Prognosis

Si no se controla la temperatura del Quirófano y de la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato, el ambiente seguirá siendo impropio para el tratamiento de las afecciones en los pacientes, por lo que su recuperación puede ralentizarse. Además el riesgo de contagio por microorganismos presentes en el aire se incrementará, pudiendo convertirse en el causante de infecciones durante el procedimiento llevado a cabo en una cirugía.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cuál es el sistema de control de temperatura adecuado, para optimizar la climatización en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato?

1.2.5 Preguntas Directrices

- ¿Qué tipo de sistema de control de temperatura se utiliza actualmente en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal?
- ¿Cuáles son los beneficios de la climatización hospitalaria?
- ¿Cuál es la alternativa de solución a la inadecuada climatización en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal?

1.2.6 Delimitación del Problema

Campo: Ingeniería Electrónica

Área: Automatización

Aspecto: Sistema de Control de Temperatura

Espacial: El proyecto de investigación se realizó en el Hospital Municipal de la ciudad de Ambato, ubicado en el sector de Letamendi, en las calles Isidro Viteri y Gertrudis Esparza.

Temporal: El presente proyecto se desarrolló durante parte del año 2010 y 2011, luego de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la FISEI.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el Hospital Municipal de Ambato el desarrollo de este proyecto, busca mejorar las condiciones de funcionamiento en el Quirófano y la Sala de Recuperación, con la finalidad de proveer un ambiente confortable para los pacientes y médicos, con una excelente calidad del aire, libre de microorganismos causantes de

enfermedades e infecciones así como de gases tóxicos producidos en el proceso de cirugía.

En la actualidad el desarrollo de proyectos con un enfoque distinto y novedoso, permite que se abra las puertas a la explotación de nuevas áreas, logrando así contar con mano de obra especializada que será de utilidad cuando se requiera realizar una aplicación relacionada.

El presente proyecto fue factible de realizarlo debido a que se contó con los conocimientos, la información necesaria y la apertura a las instalaciones, como a los datos técnicos del hospital, los mismos que fueron de utilidad para el desarrollo del mismo.

Adicionalmente la aportación que este proyecto otorgará a los estudiantes, docentes o personas interesadas, será de gran apoyo para la realización de futuros proyectos de similares características y para el desarrollo de nuevas técnicas que mejoren el servicio de acondicionamiento de aire y que involucren la conservación del medio ambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de control de temperatura para la climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato.

1.4.2 Objetivos Específicos

1.4.2.1 Determinar el tipo de sistema de control de temperatura utilizado actualmente en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato.

1.4.2.2 Establecer los beneficios que brinda la climatización en los recintos hospitalarios.

1.4.2.3 Realizar el diseño de un sistema de climatización para el Hospital Municipal de Ambato.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Una vez revisado los archivos de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, se ha podido comprobar la existencia de un proyecto que se aproxima a la actual investigación, cuyo título es: “Sistema de monitoreo de temperatura para incrementar la vida útil de las chumaceras de los grupos de la Central la Península de la EEASA”, realizado por Cárdenas Villacís Daniel Vinicio en el año 2008.

Cabe indicar que este sistema de monitoreo de temperatura no es aplicado a la climatización de quirófanos y salas de recuperación de hospitales.

2.2 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El Hospital Municipal de Ambato se sustenta de la Ley Orgánica de la Salud. En esta ley se indica en el artículo 6, numeral 13, que el Ministerio de Salud Pública es responsable de: “Regular, vigilar y tomar las medidas destinadas a proteger la salud humana ante los riesgos y daños que pueden provocar las condiciones del ambiente”

Cabe recalcar también, que actualmente en el Ecuador, no existe normativa alguna que explique los procedimientos necesarios para llevar a cabo la climatización de establecimientos de salud, por lo cual para el desarrollo del presente proyecto se ha tomado como referencia las recomendaciones ASHRAE sobre climatización hospitalaria.

2.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

2.3.1 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es aquel que controla la salida del sistema para tener un valor específico o bien para cambiarlo, según lo determine la entrada del sistema.

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

- Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores.
- Ser eficiente según un criterio preestablecido, evitando comportamientos bruscos e irreales.

2.3.1.1 Clasificación

❖ Sistemas de control en lazo abierto

En este sistema no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Esto indica que no existe retroalimentación hacia el controlador. En la figura 2.1 se observa los elementos básicos de un sistema de control en lazo abierto.

➤ Elementos básicos

- **Elemento de control:** Determina qué acción se va a tomar de acuerdo a la entrada del sistema de control.
- **Elemento de corrección:** Responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.
- **Proceso:** El proceso o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.

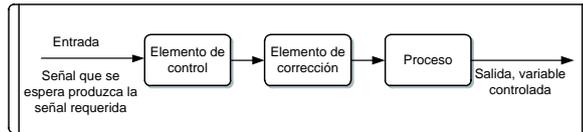


Figura 2.1. Sistema de control en lazo abierto

Fuente: http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_1c/la.HTM

❖ Sistemas de control en lazo cerrado

Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. En la figura 2.2 se puede observar los elementos básicos de un sistema de control en lazo abierto.

➤ Elementos básicos

- **Elemento de comparación:** Permite comparar el valor de consigna o de referencia (set point, SP) con el valor medido de lo que se obtiene a la salida (process value, PV), y produce una señal de error la cual indica la diferencia del valor obtenido a la salida y el valor requerido.
- **Elemento de control:** Decide que acción tomar cuando se recibe una señal de error.
- **Elemento de corrección:** Se utiliza para producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
- **Elemento de proceso:** El proceso o planta, es el sistema dónde se va a controlar la variable.
- **Elemento de medición:** Proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error.

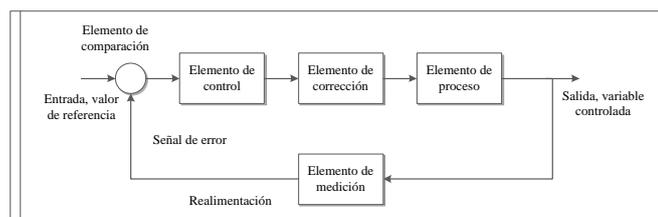


Figura 2.2. Sistema de control en lazo cerrado

Fuente: http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_1c/1c.htm

2.3.1.2 Control PID

El control PID es uno de los más empleados en la industria. Este proporciona una gran flexibilidad, tanto en lo correspondiente al algoritmo de control, como también en lo que se refiere al tratamiento de la señal de referencia.

Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo.

❖ Funcionamiento

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

- a. Un sensor, que determine el estado del sistema (rtd, termocupla, etc).
- b. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
- c. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc).

Las tres componentes de un controlador PID son: parte Proporcional, acción Integral y acción Derivativa.

❖ Control Proporcional (P)

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional, para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo. La figura 2.3 muestra la linealidad entre el error y la salida del controlador.

La fórmula del control proporcional está dada por:

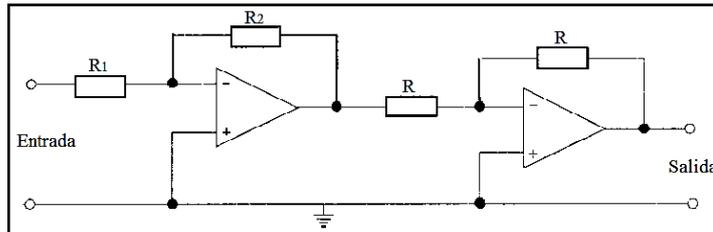


Figura 2.5. Circuito de un controlador P
 Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

❖ **Control Integral (I)**

Con el control integral la salida del controlador es proporcional a la integral de la señal de error e con el tiempo, es decir,

$$Salida = K_i \int_0^t e dt$$

donde K_i es la constante denominada ganancia integral. La figura 2.6 muestra que sucede cuando el error es de la forma de un escalón. La integral entre 0 y t es, de hecho, el área bajo la gráfica del error entre 0 y t .

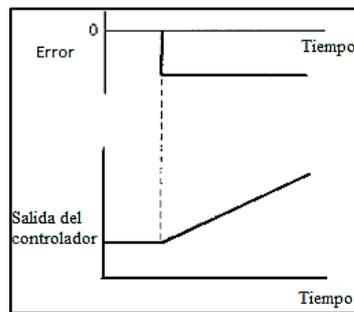


Figura 2.6. Control I
 Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

La figura 2.7 muestra el símbolo de un controlador integral.

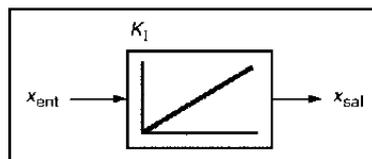


Figura 2.7. Símbolo del control I
 Fuente: Cursos de Electrónica III, Módulos de la Microelectrónica, 1998

$$K_i = \frac{\Delta x_{sal}}{\Delta x_{ent} * t} = \frac{1}{R_1 * C}$$

Un controlador integral puede ser representado igualmente que el controlador proporcional mediante amplificadores proporcionales, como se indica en la figura 2.8. Se produce un controlador integral si el resistor de realimentación se reemplaza por un capacitor.

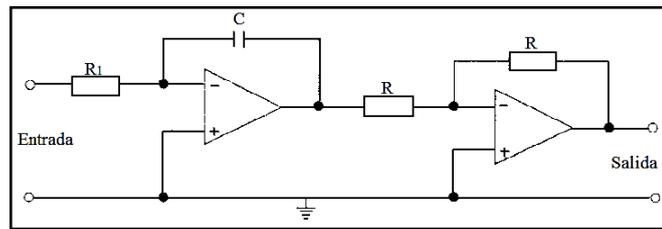


Figura 2.8. Circuito de un controlador I
Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

❖ Control Proporcional Integral (PI)

Permite resolver el problema de la reducción en la estabilidad relativa, al utilizar el control integral. Para tal combinación, la salida del controlador es:

$$Salida = K_i e + K_i \int_0^t e dt$$

La figura 2.9 indica el tipo de salida del controlador que se presenta en dicho sistema cuando existe una entrada de error tipo escalón.

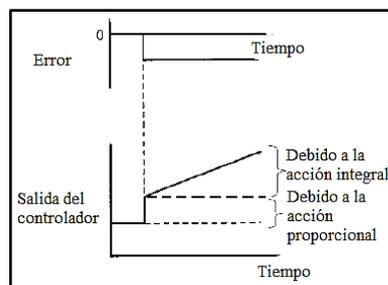


Figura 2.9. Control PI
Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

La figura 2.10 muestra el símbolo de control proporcional integral.

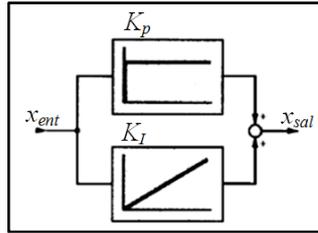


Figura 2.10. Símbolo del control PI

Fuente: Cursos de Electrónica III, Módulos de la Microelectrónica, 1998

La figura 2.11 describe como se puede adaptar el circuito del controlador integral para obtener un controlador PI.

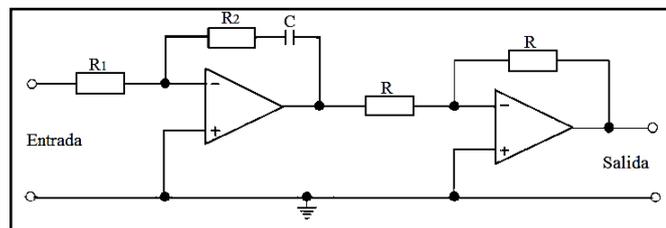


Figura 2.11. Circuito de un controlador PI

Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

❖ Control Derivativo (D)

Mediante la forma derivativa del controlador, la salida del controlador es proporcional al cambio en el tiempo del error, es decir:

$$Salida = K_d \frac{de}{dt}$$

La figura 2.12 muestra que sucede a la salida del controlador cuando hay un error de entrada tipo rampa.

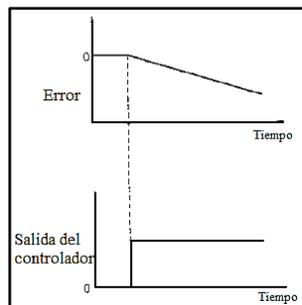


Figura 2.12. Controlador D

Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

Donde K_d , es la ganancia derivativa y tiene unidades de s. Con este control, tan pronto como la señal de error inicia puede haber una salida del controlador muy grande, puesto que ésta es proporcional a la razón de cambio de la señal de error y no a su valor. De este modo puede proporcionar una acción correctiva grande antes de que se presente un error grande en realidad. Sin embargo, si el error es constante, entonces no hay acción correctiva, aún si el error es grande. Este tipo de controlador no se usa solo, sino combinado con otras formas de controlador debido a que control derivativo es insensible a señales de error constantes o que varían con lentitud.

El símbolo de un control derivativo se presenta en la figura 2.13.

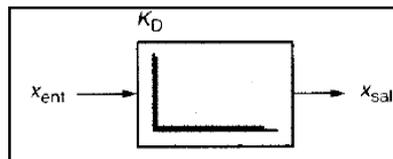


Figura 2.13. Símbolo del control D

Fuente: Cursos de Electrónica III, Módulos de la Microelectrónica, 1998

$$K_d = \frac{\Delta x_{sal} * \Delta t}{\Delta x_{ent}} = R_1 * C$$

La figura 2.14, muestra cómo se puede producir un controlador derivativo.

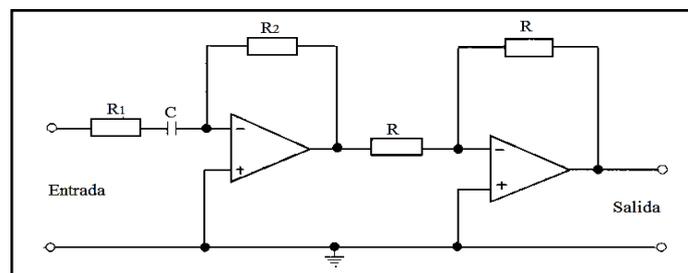


Figura 2.14. Circuito de un controlador D

Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

❖ Control Proporcional Derivativo

El símbolo del controlador PD se presenta en la figura 2.15.

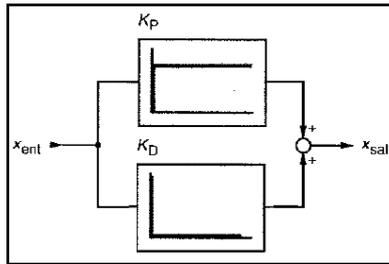


Figura 2.15. Símbolo del control PD

Fuente: Cursos de Electrónica III, Módulos de la Microelectrónica, 1998

La figura 2.16 muestra cómo se puede modificar el circuito derivativo para conseguir un controlador PD.

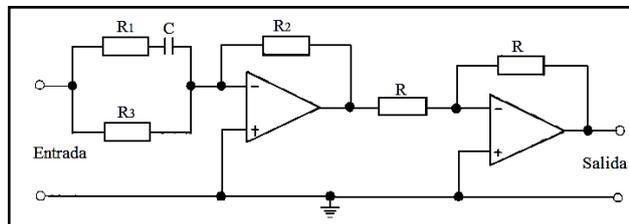


Figura 2.16. Circuito de un controlador PD

Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

Si unimos la parte proporcional, integral y derivativa en un solo circuito vamos a tener el controlador PID, el cual nos dará una salida, para un entrada de error e de:

$$Salida = K_p e + K_i \int_0^t e dt + K_d \frac{de}{dt}$$

El símbolo del controlador PID se presenta en la figura 2.17.

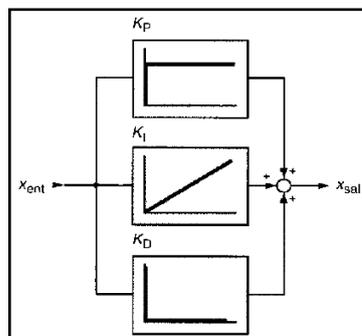


Figura 2.17. Símbolo del control PID

Fuente: Cursos de Electrónica III, Módulos de la Microelectrónica, 1998

La figura 2.18 ilustra cómo se pueden combinar los circuitos con amplificadores operacionales del controlador PI y el controlador D para producir un controlador PID.

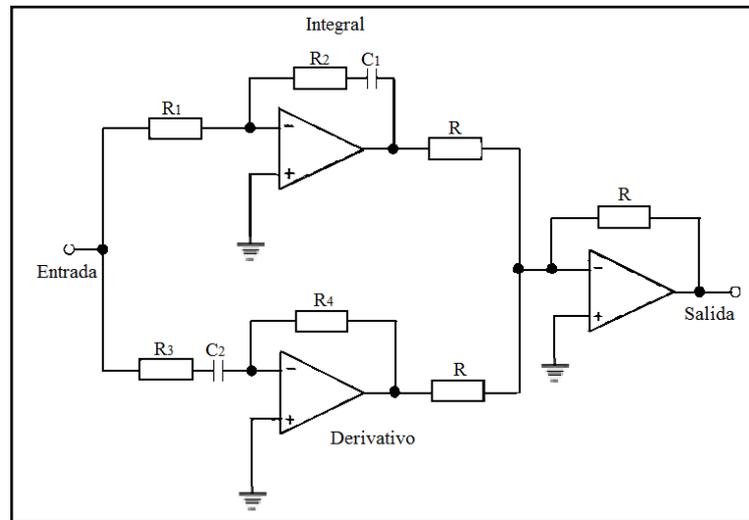


Figura 2.18. Circuito de un controlador PID
Fuente: Ingeniería de Control, W. Bolton, 2001

2.3.1.3 Autosintonización y control adaptativo

❖ Técnicas adaptativas

Mediante la investigación en el campo del control adaptativo surgieron las técnicas para la sintonización automática o autosintonización, desarrollada principalmente para resolver los inconvenientes de aquellos procesos que se caracterizan porque cambian sus condiciones operativas con el tiempo.

➤ Control adaptativo

El control adaptativo hace referencia a un controlador que adapta los parámetros variables de un proceso para hacer frente a los cambios en su comportamiento debido a las perturbaciones existentes. Puede ser de dos tipos: directo e indirecto.

En el método directo, los parámetros son ajustados directamente de la información de operación del lazo. En los métodos indirectos, los parámetros son actualizados en línea por estimación recursiva de parámetros.

➤ **Sintonización automática o autosintonización**

La autosintonización generalmente suele referirse a la sintonización hecha automáticamente a petición del operario de un sistema. Para ello el usuario usualmente acciona un botón, el cual envía un comando al controlador solicitando el respectivo ajuste. La autosintonización se utiliza considerablemente en los controladores PID, puesto que es mucho más simple su uso por parte del operador.

Los autosintonizadores pueden estar contruidos dentro del controlador y también pueden ser unidades externas conectadas al proceso.

➤ **Sintonización por tabla (“Gainscheduling”)**

Esta es una técnica empleada en procesos no lineales, procesos con variaciones de tiempo o en situaciones donde los requisitos de control cambian con las condiciones operativas. Es un método que tiene una dificultad moderada en la práctica por lo que no es muy utilizado, sin embargo podemos mencionar como ventaja que permite seguir de manera rápida los cambios que se efectúan en las condiciones operativas y como desventaja está la dificultad en la determinación de las variables a medir.

❖ **Método de ajuste de Ziegler y Nichols**

Este método permite simplificar significativamente el problema de fijar los parámetros de un controlador. Su mecanismo podría no ser la mejor alternativa, pero en cambio su sencillez y disponibilidad lo mantienen como una muy buena opción hasta la actualidad.

Existen dos reglas de sintonización de controladores desarrollados por Ziegler y Nichols:

➤ **Primer método (Curva de reacción)**

Este método es aplicable si la respuesta de la planta al aplicar un escalón unitario tiene el aspecto de una curva en forma de S, como se muestra en la figura 2.19.

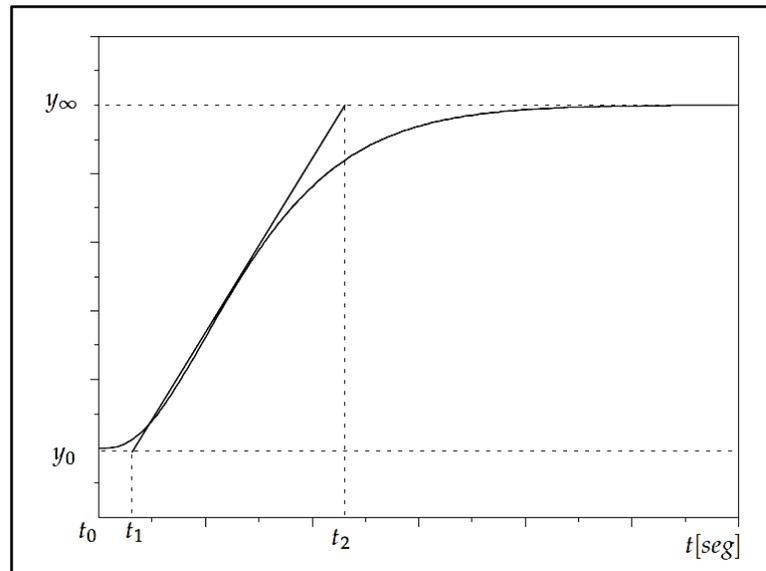


Figura 2.19. Respuesta al escalón unitario

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/control1/web/Apuntes/PID.pdf>

Muchas plantas pueden ser representadas por el siguiente modelo:

$$G_0(s) = \frac{K_0 e^{-s\tau_0}}{v_0 s + 1} \quad \text{donde } v_0 > 0$$

Mediante un experimento a lazo abierto podemos obtener una versión cuantitativa lineal de este modelo, para ello debemos seguir el siguiente procedimiento:

1. En lazo abierto, llevar a la planta a un punto de operación normal. Digamos que la salida de la planta se estabiliza en $y(t) = y_0$ para una entrada constante $u(t) = u_0$.

2. Aplicar un cambio en la entrada escalón en el instante inicial t_0 , desde u_0 a u_1 (esto debería ser en un rango de 10 al 20% de rango completo).
3. Registrar la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación. Supongamos que la curva que se obtiene es la que se muestra en la figura 2.19. Esta curva se llama curva de reacción del proceso.

Los parámetros del modelo los podemos calcular de la siguiente forma:

$$K_0 = \frac{y_\infty - y_0}{y_\infty - u_0}; \quad \tau_0 = t_1 - t_0; \quad v_0 = t_2 - t_1$$

Al identificar estos parámetros se fijaran los parámetros del controlador utilizando la tabla 2.1.

| | K_p | T_i | T_d |
|------------|-----------------------------|-----------|-------------|
| P | $\frac{v_0}{K_0 \tau_0}$ | | |
| PI | $\frac{0,9v_0}{K_0 \tau_0}$ | $3\tau_0$ | |
| PID | $\frac{1,2v_0}{K_0 \tau_0}$ | $2\tau_0$ | $0,5\tau_0$ |

Tabla 2.1 Parámetros del controlador según la curva de reacción

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/control1/web/Apuntes/PID.pdf>

➤ **Segundo método (Oscilación continua)**

Este método solamente puede aplicarse cuando un proceso a lazo cerrado, como el que se muestra en la figura 2.20, presenta una respuesta que oscile continuamente, como la que se muestra en la figura 2.21.

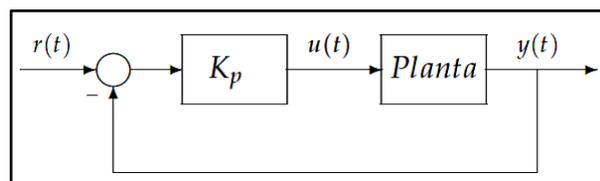


Figura 2.20. Lazo cerrado con ganancia proporcional

Fuente: <http://unmsmsc2.blogspot.com/>

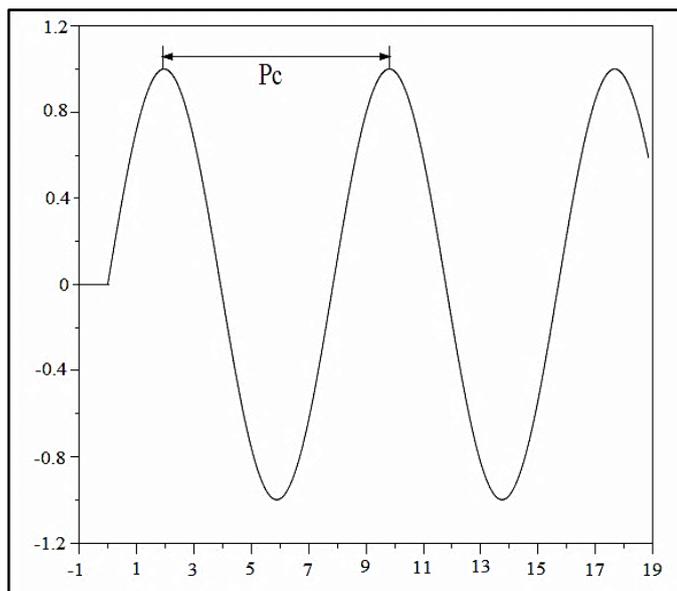


Figura 2.21. Respuesta de la planta con ganancia crítica
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/22273450/PID>

Este método se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Utilizando solo control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar.
2. Registrar la ganancia crítica del controlador $K_p = K_c$ y el periodo de oscilación de la salida del controlador, P_c .
3. Ajustar los parámetros del controlador según la tabla 2.2:

| | K_p | T_i | T_d |
|------------|-----------|-------------------|-----------------|
| P | $0,5K_c$ | | |
| PI | $0,45K_c$ | $\frac{P_c}{1,2}$ | |
| PID | $0,60K_c$ | $0,5P_c$ | $\frac{P_c}{8}$ |

Tabla 2.2. Parámetros del controlador según el método de oscilación
Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/control1/web/Apuntes/PID.pdf>

2.3.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL

2.3.2.1 Microcontroladores (μ C)

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos.

El μ C es un computador dedicado a diversas aplicaciones. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

❖ Estructura básica de un microcontrolador

Un microcontrolador contiene en su interior una unidad de procesamiento central (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada/salida y además periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador como se muestra en la figura 2.22.

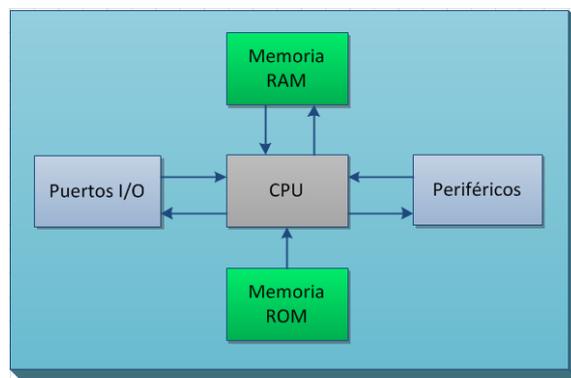


Figura 2.22. Estructura del microcontrolador

Fuente:<http://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Despradel%20Novas%20Pe%C3%B1a.pdf>

❖ Tipos de microcontroladores PIC

En el mundo no existe un microcontrolador que sea mejor, puesto que existen un sin número de fabricantes y al poseer cada aplicación características específicas determinarán cual es el más conveniente.

- Gama baja o básica: PIC16C5X con instrucciones de 12 bits

Serie de PIC de recursos limitados, pero con una de las mejores relaciones Coste/prestaciones. Vienen en versiones de 18 y 28 patitas y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5 V lo que les hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas. Tienen un repertorio de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción y la pila sólo dispone de dos niveles.

- Gama media: PIC16CXXX con instrucciones de 14 bits

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 pines hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. El repertorio de instrucciones es de 35 a 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Dispone además de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

- Gama alta: PIC17CXXX con instrucciones de 16 bits

Poseen un repertorio de 58 instrucciones de 16 bits y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos y un multiplicador hardware de gran velocidad. Quizás la característica más destacable es su arquitectura abierta.

- Gama mejorada: PIC18C(F)XXX con instrucciones de 16 bits

Desarrollados con la finalidad de soportar las aplicaciones avanzadas en las áreas de automoción, comunicaciones, ofimática y control industrial. Entre las aportaciones más representativas destacan: un espacio de direccionamiento para la

❖ Programación del microcontrolador

Este proceso corresponde a utilizar un lenguaje de programación en el PC (Microcode, Pic C, etc.) que toma el código ensamblado (.hex, .o, .bin, .coff) para el microcontrolador específico, y lo envía mediante algún puerto (serial, paralelo, USB, etc.) a un dispositivo que lo escribe en la memoria del microcontrolador.

❖ Ventajas de un microcontrolador

- Reducción de la cantidad de espacio en la implementación de un diseño dado.
- Reduce el costo de implementación.
- Permite desarrollo de aplicaciones específicas de manera más rápida y eficiente.
- Los fabricantes dan mucho soporte sobre las aplicaciones más comunes.
- Incorporan conversores A/D y D/A, para el tratamiento de señales.
- Gran cantidad de entradas y salidas inmunes al ruido.

❖ Desventaja de un microcontrolador

- Se requiere de un hardware especial para grabar la programación en el PIC.
- Es necesario tener conocimientos de programación.
- Se debe realizar previamente un diseño electrónico para que pueda funcionar el proyecto.
- Se requiere de un acondicionamiento previo de los sensores para poder trabajar con el PIC.

2.3.2.2 Controlador de temperatura

Un controlador de temperatura es un dispositivo electrónico el cual permite mantener ajustada la temperatura a valores que se ha prefijado.

Mediante este dispositivo podemos monitorear la temperatura, y hacer que actúe en consecuencia para habilitar o no los actuadores que permitan llevar la temperatura a los niveles deseados. En la figura 2.24 se muestra un controlador de temperatura típico.



Figura 2.24. Controlador de temperatura

Fuente: http://www.wika.es/CF2S_es_es.WIKA

❖ **Ventajas**

- Temperatura programable.
- Poseen entradas dedicadas para termocuplas, termorresistencias y además trabajan como entradas de voltaje y corriente.
- Elevada precisión de control.
- Son compactos y pueden ubicarse fácilmente en cualquier sitio.
- Las conexiones son fáciles de aplicar.
- Pueden realizar un control ON/OFF, PID, o también se puede realizar un control PID autosintonizado.
- Poseen módulos de comunicación para comunicarse con una computadora o con un PLC.
- Display de visualización de punto de consigna y variable de proceso.
- Su configuración es muy fácil de realizar.
- Poseen un costo menor a un PLC.

❖ **Desventajas**

- No son ajustables a gran variedad de aplicaciones.
- Entradas y salidas limitadas.

2.3.2.3 Controladores Lógicos Programables (PLC)

Los PLC (por sus siglas en inglés, Programmable Logic Controller) o Controladores Lógicos Programables, son dispositivos electrónicos computarizados utilizados en la automatización de procesos industriales.

Se diferencian de las computadoras por poseer múltiples entradas y salidas, soportar amplios rangos de temperatura, ser inmune a sobrecargas eléctricas y ser resistente a las vibraciones y el impacto. En la figura 2.25 se muestra un PLC de la marca Siemens.



Figura 2.25. PLC de la marca Siemens

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

❖ Clasificación de los PLC

➤ Por construcción

- **Modular**

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son: Rack, Fuente de Alimentación, CPU, Módulos de E/S. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre Rack, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos.

- **Semimodular**

Se caracteriza por separar las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

Son los PLC de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (Americana).

- **Compacto**

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de E/S en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas E/S hasta varios cientos (alrededor de 500 E/S), su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de E/S

Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

➤ **Por número de entradas y salidas**

- Nano (< 64 E/S)
- Micro (64 E/S)
- Pequeño (65 a 255 E/S)
- Mediano (256 a 1023 E/S)
- Grande (> 1024 E/S)

❖ **Estructura de un PLC**

La estructura básica de un PLC está constituida por los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación

- CPU
- Módulo de entradas
- Módulo de salidas
- Terminal de programación
- Periféricos
- Interfaces de comunicación
- Memoria

En la figura 2.26 se indica los diversos elementos de un PLC y su interconexión.

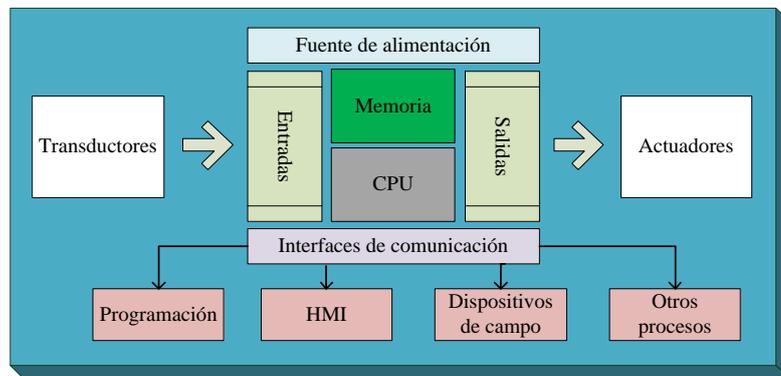


Figura 2.26. Estructura de un PLC

Fuente: <http://ib.cnea.gov.ar>

❖ Funciones del PLC

➤ Funciones básicas

- Detección: Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- Mando: Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- Diálogo hombre maquina: Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus órdenes e informando sobre el proceso.

- Programación: Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del PLC. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el PLC controlando la máquina.

➤ **Funciones complementarias**

- **Redes de comunicación**

Permiten establecer comunicación con otras partes de control.

- **Sistemas de supervisión**

Los PLC permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. La comunicación puede realizarse por medio de una red industrial o a través una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

- **Control de procesos continuos**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos, los PLC llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el PLC.

- **Entradas - salidas distribuidas**

Los módulos de entrada/salida pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del PLC mediante un cable de red.

- **Buses de campo**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional

❖ **Ventajas de los PLC**

- No es necesario dibujar el esquema de contactos.

- La lista de materiales queda sensiblemente reducida y, al elaborar el presupuesto correspondiente, se elimina parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
- Existe posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Cuenta con mínimo espacio de ocupación.
- Presenta menor costo de mano de obra de la instalación.
- Aumenta la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC pueden detectar e indicar averías.
- Presenta la posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.
- Exige menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso, al quedar reducido el tiempo de cableado.
- Gran alcance de conectividad con dispositivos de campo, mediante robustos estándares de comunicación industrial.

❖ **Desventajas**

- Se requiere conocimientos de programación lo cual obliga a capacitar a uno de los técnicos o bien contratar a un experto en PLCs.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Si se requiere de entradas que superen las que trae incorporado el PLC, existen módulos adicionales con un costo elevado y casi similar al del PLC.
- Las instrucciones de programación pueden diferir de un PLC de una marca a otro.

2.3.3 ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE CONTROL

2.3.3.1 Válvula de solenoide

La válvula de solenoide es un dispositivo que emplea corriente eléctrica para controlar el flujo de líquidos o gases, de manera que permanece totalmente abierta

o cerrada. Es empleada en la mayoría de las aplicaciones de refrigeración o calefacción en donde es necesario abrir o detener el flujo a través de un circuito térmico. Una válvula de solenoide consiste de dos secciones fundamentales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula. En la figura 2.27 se indica un solenoide energizado.

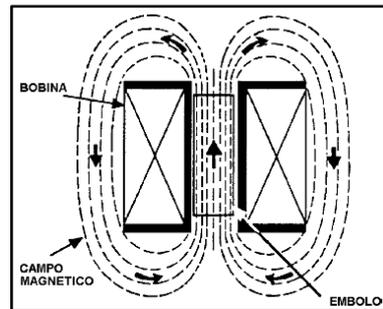


Figura 2.27. Solenoide energizado

Fuente: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/CARVALLOVARGASc.pdf>

❖ Funcionamiento

En la figura 2.28 se puede apreciar las partes que componen una válvula de solenoide típica. La aguja de la válvula está unida mecánicamente a la parte inferior del émbolo. Al energizarse la bobina, el émbolo es levantado hacia el centro de la bobina y por ende la aguja del orificio, permitiendo de esta manera el flujo. En este caso al desenergizarse la bobina, el peso del émbolo hace que caiga por gravedad y cierre el orificio, deteniendo el flujo. En otros tipos de válvulas se emplea un resorte para empujar el émbolo y cerrar la misma, permitiendo a su vez poder instalarla en otras posiciones que no sean verticalmente.

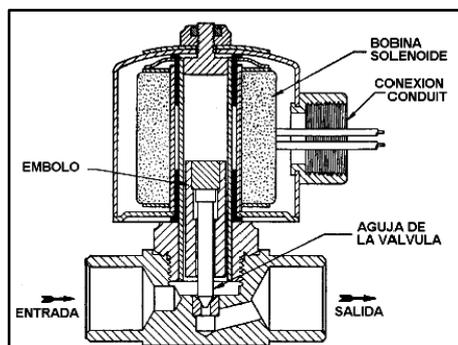


Figura 2.28. Válvula de solenoide típica de acción directa

Fuente: http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

❖ **Clasificación de válvulas solenoides**

Hay variedad de válvulas de solenoide, sin embargo se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma:

- Según su aplicación: Acción directa u operadas mediante piloto.
- Según su construcción: Normalmente abierta o normalmente cerrada.
- Según su forma: De acuerdo al número de vías.

➤ **Acción Directa**

En estas válvulas, el émbolo móvil controla el flujo debido al efecto de la fuerza magnética al cual está sometido. El émbolo es atraído hacia el centro de la bobina junto con la aguja que cubre el orificio, permitiendo de esta manera el paso de fluido; al desactivarse la acción magnética de la bobina, el émbolo es regresado a su sitio original debido al peso del mismo. En la figura 2.30 se muestra una válvula de este tipo.

➤ **Operadas por Piloto**

En este tipo de válvulas, el émbolo está unido a un vástago de aguja que cubre un orificio piloto en lugar del puerto principal, tal como se ilustra en la figura 2.29. Hay tres tipos básicos de válvulas operadas por piloto; de pistón flotante, de diafragma flotante y de diafragma capturado.

Cuando se energiza la bobina, el émbolo es atraído hacia el centro de la bobina, abriendo el orificio piloto, entonces la presión atrapada arriba del pistón se libera a través del orificio piloto, creando así un desbalance de presión a través del pistón; la presión abajo ahora es mayor que la presión arriba, forzándolo a subir y abrir el puerto principal. En cambio al desenergizarse la bobina, el émbolo cae y la aguja cierra el orificio piloto, se igualan nuevamente las presiones del pistón, y cae cerrando el puerto principal.

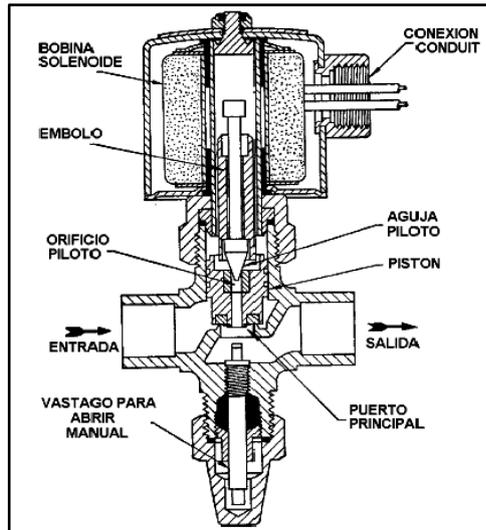


Figura 2.29. Válvula de Solenoide operada por piloto
 Fuente: http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

En otros tipos de válvulas de solenoide operadas por piloto, se emplea un diafragma en lugar de pistón, para cerrar el puerto principal, tal como se muestra en la figura 2.30.

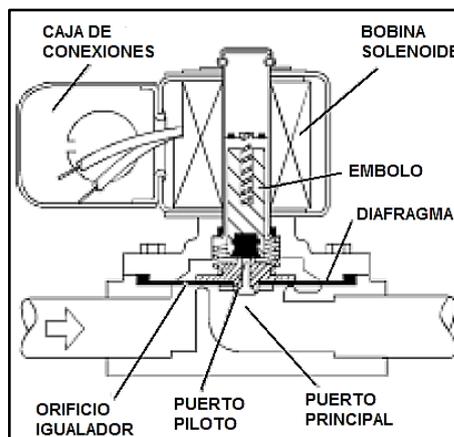


Figura 2.30. Válvula de solenoide operada por piloto con diafragma flotante
 Fuente: http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

➤ **Válvulas de dos vías**

Este tipo de válvulas es uno de los más comunes ya que posee una conexión de entrada y una de salida, de esta manera se controla el flujo de fluido en un solo sentido.

Pueden existir válvulas de dos vías normalmente abiertas y normalmente cerradas, tal como se muestra en las figuras 2.31 y 2.32.

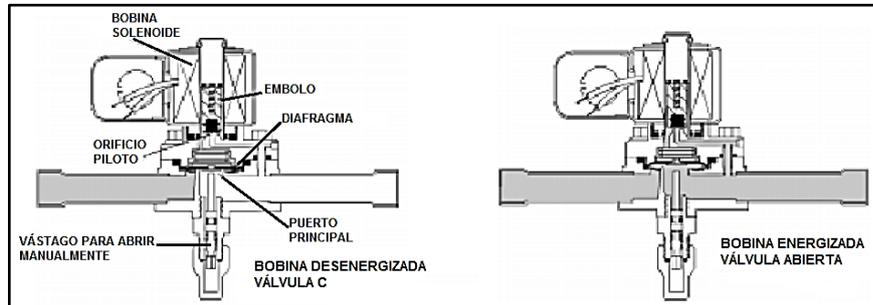


Figura 2.31. Válvula de solenoide de dos vías operada por piloto, NC, con diafragma flotante

Fuente: http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

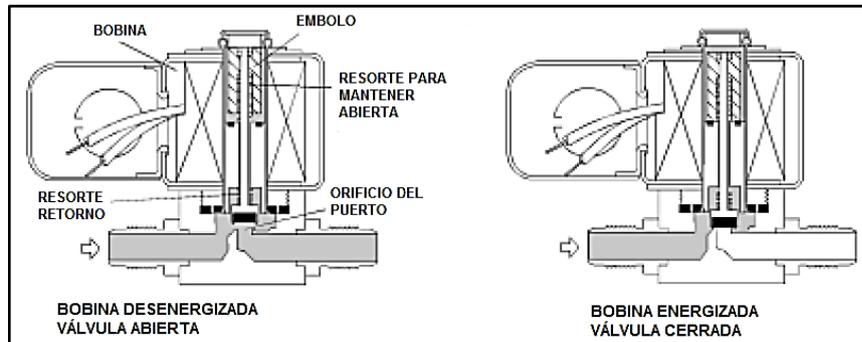


Figura 2.32. Válvula de solenoide de dos vías, de acción directa, NO

Fuente: http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

2.3.3.2 Contactores

Los contactores son elementos electromecánicos que tienen como finalidad establecer o interrumpir el paso de la corriente a través de los contactos. El símbolo de un contactor se aprecia en la figura 2.33.

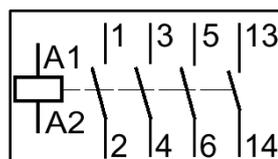


Figura 2.33. Símbolo de un contactor

Fuente:

<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%20electricidad/Control%20Electromecanicos/elementos%20electromecanicos.pdf>

En la figura 2.34 se puede apreciar un contactor típico.



Figura 2.34. Contactor típico

Fuente: <http://www.solec.ws/contactores.html>

❖ Partes de un contactor

➤ Circuito electromagnético

- **Núcleo:** Tiene la forma de una E. Permite que la bobina concentre y aumente el flujo magnético, de tal manera que la armadura sea atraída con mayor fuerza.
- **Bobina:** Es un arrollamiento de cable de cobre con un gran número de espiras, que genera un campo magnético al aplicarle una corriente.
- **Armadura:** Es la parte móvil del contactor que desplaza los contactos principales y auxiliares debido a la acción del campo magnético de la bobina.

➤ Contactos

Son los encargados de habilitar o interrumpir el paso de la corriente cuando la bobina es excitada mediante una tensión.

- **Contactos principales:** permiten el paso de la corriente desde la red hasta la carga cuando son activados. Se referencian con una sola cifra del 1 al 16.

- **Contactos auxiliares:** Se emplean en el circuito de mando o maniobras. Por este motivo soportarán menos intensidad que los principales. Estos son de dos clases abiertos, NA, y cerrados NC. Forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

❖ **Funcionamiento**

Al ser excitada la bobina por la presencia de corriente, mueve la armadura y arrastra a su vez a los contactos principales y auxiliares, estableciendo la conexión de circuito de la red con la carga o receptor. Al dejar de ser alimentada la bobina, los contactos se abren y regresan a su posición original por efecto de un resorte de retorno.

❖ **Clasificación**

- **Contactores electromagnéticos.** Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- **Contactores electromecánicos.** Accionados con ayuda de medios mecánicos.
- **Contactores neumáticos.** Se accionan mediante la presión de un gas.
- **Contactores hidráulicos.** Se accionan por la presión de un líquido.

❖ **Elección de un contactor**

Al elegir un contactor hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- Número de contactos auxiliares que se necesite.

- Corriente que consume la carga de forma permanente (corriente de servicio).
- Para trabajos silenciosos o de maniobras frecuentes es recomendable emplear un contactor de estado sólido.

2.3.3.3 Temporizador

Es un dispositivo mediante el cual podemos realizar la conexión o desconexión de un circuito eléctrico durante un tiempo.

El temporizador es un tipo de relé auxiliar, cuya diferencia radica en que sus contactos no cambian de posición instantáneamente sino luego de transcurrido un tiempo. La figura 2.35 muestra un temporizador de ajuste por potenciómetro.



Figura 2.35. Temporizador con ajuste mediante potenciómetro
Fuente: <http://www.hager.es/distribucion-de-la-energia/sistemas-de-gestion-de-la-energia/control-y-telemando/relés-temporizados/5525.htm>

❖ Tipos de temporizador

- **Temporizador a la Conexión:** Este temporizador conecta sus contactos después de un cierto tiempo, desde el momento en el que los bornes de su bobina son energizadas. El tiempo de retardo es ajustable mediante un potenciómetro o regulador frontal del aparato si es electrónico.
- **Temporizador a la Desconexión:** Este temporizador conmuta sus contactos luego de un tiempo cuando deja de ser energizado. Igual que el

temporizador a la conexión, el tiempo es regulado mediante un potenciómetro o regulador frontal.

- **Temporizador Térmico:** Actúa por calentamiento de una lámina bimetálica. El tiempo viene determinado por el curvado de la lámina.
- **Temporizador Neumático:** Posee un fuelle que se comprime al ser accionado por el electroimán del relé. Cuando el fuelle tiende a ocupar su posición de reposo lo hace lentamente, ya que el aire ha de entrar por un pequeño orificio, que al variar de tamaño cambia el tiempo de recuperación del fuelle y por lo tanto la temporización.
- **Temporizador Electrónico:** Este tipo de temporizadores poseen internamente un circuito electrónico que reconoce el tiempo de configuración del usuario. La selección del tiempo se lo realiza mediante botones para incrementar o disminuir el tiempo de conmutación y generalmente se visualiza en un pequeño display. Cuando se cumple el tiempo prefijado activa los contactos del relé. En la figura 2.36 se indica un temporizador electrónico con display de visualización.

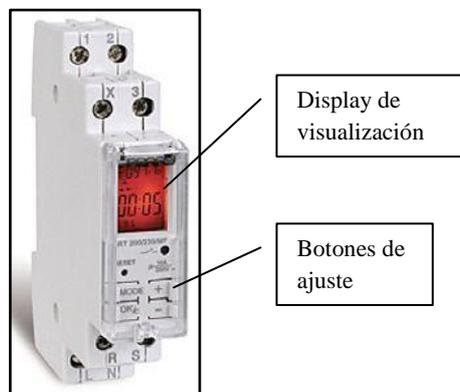


Figura 2.36. Temporizador electrónico

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/perry-electric/relés-temporizadores-para-riele-din-65713-501137.html>

2.3.3.4 Relé térmico

El relé térmico es un elemento que sirve para la protección del motor contra sobrecargas. Se basa en el principio de deformación de ciertos metales, bimetales, que accionan a unos contactos auxiliares, que a su vez desconectan el circuito

eléctrico cuando la intensidad consumida supera la requerida por la carga. Su símbolo se puede apreciar en la figura 2.37.

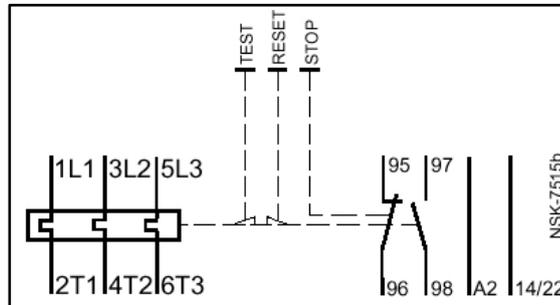


Figura 2.37. Símbolo del relé térmico

Fuente:

<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/elementos%20electromecanicos.pdf>

❖ Elección del relé térmico

Se debe tener en cuenta el tiempo máximo que puede soportar una sobreintensidad no admisible, y asegurarnos de que la intensidad del receptor esté comprendida dentro del margen de regulación de la intensidad del relé.

2.3.3.5 Disyuntores

Es un elemento capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico, protegiendo a la instalación y al motor en los siguientes casos:

- Cortocircuito: en cualquier punto de la instalación eléctrica.
- Sobrecarga: cuando la intensidad de corriente consumida supera la capacidad a la que ha sido ajustada o calibrada.

El símbolo del disyuntor se puede apreciar en la figura 2.38.

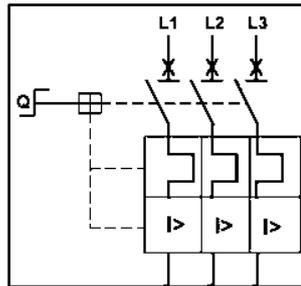


Figura 2.38. Símbolo de un disyuntor
Fuente: <http://www.nichese.com/disyuntor.html>

❖ Tipos de disyuntores

Los disyuntores más comunes son:

- disyuntor magneto-térmico o disyuntor magnético
- disyuntor térmico
- disyuntor por corriente diferencial
- guardamotor

❖ Funcionamiento

- Dispositivo térmico (presente en los disyuntores térmicos y magnetotérmicos): Compuesto por un bimetálico calibrado por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando la corriente supera a la intensidad para la que está construido el aparato, empieza a calentarse, dilatando el bimetálico hasta el punto de arquearse, consiguiendo que el interruptor se abra automáticamente.
- Dispositivo magnético (presente en los disyuntores magnéticos y magnetotérmicos): Constituido por una bobina, un núcleo y una parte móvil. Si la intensidad que atraviesa la bobina, es muy superior a la intensidad nominal del aparato se crea un campo magnético capaz de arrastrar a la parte móvil y provocar la apertura del circuito de forma casi instantánea.

2.3.3.6 Elementos de accionamiento

❖ Pulsadores

Los pulsadores son elementos de accionamiento utilizados para abrir o cerrar un circuito permitiendo el paso de corriente y realizar una acción generalmente de control. En la figura 2.39 se muestran algunos tipos de pulsadores:



Figura 2.39. Tipos de pulsadores

Fuente: <http://www.rafi.de/Teclas-Pulsadores-e-interruptor.61.0.html?&L=3>

Hay tres tipos de pulsadores cuyos símbolos se indican en la figura 2.40.

- Pulsador de paro
- Pulsador de marcha
- Pulsador de doble cámara

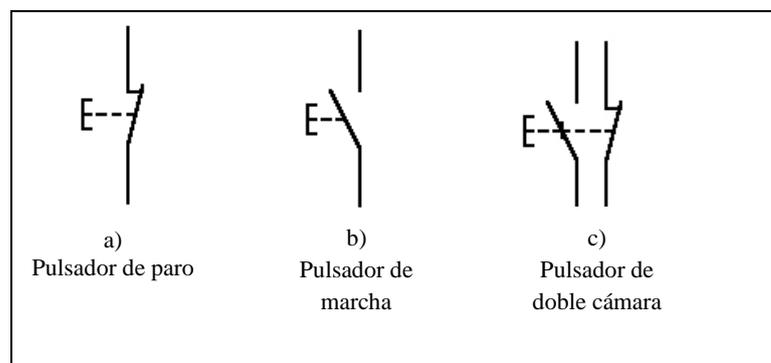


Figura 2.40. Simbología de los tipos de pulsadores

Fuente:

<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/elementos%20electromecanicos.pdf>

2.3.4 SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Es un sistema que permite obtener la temperatura del ambiente a medir mediante un sensor, y esta señal es tratada, ya sea digital o análogamente (según el tipo de control a tratar), para luego pasar a un sistemas de control el cual activa, desactiva, aumenta o disminuye el sistema que estará encargado de mantener la temperatura.

2.3.4.1 Temperatura

La temperatura es una indicación de qué tanta (mayor o menor) agitación tienen las moléculas o átomos que constituyen un cuerpo, es decir que tan caliente o que tan fría se encuentra una sustancia. Por lo general, cuando la sustancia u objeto es más "caliente" tendrá una temperatura mayor, y más frío tendrá una temperatura menor.

2.3.4.2 Escalas de Temperatura

Existen dos escalas de temperatura o dos formas de expresar el estado relativo de la materia, estas son:

- Temperaturas absolutas
- Temperatura relativas

Las escalas absolutas expresan la temperatura de tal forma que su valor cero, es equivalente al estado ideal de las moléculas de esa porción de materia en estado estático o con energía cinética nula.

Las escalas relativas, son aquellas que se refieren a valores preestablecidos o patrones en base a los cuales fue establecida una escala de uso común.

En el sistema métrico decimal, las escalas absolutas y relativas son:

- La escala Celsius o de grados Centígrados (relativa)
- La escala Kelvin (absoluta)

La equivalencia entre las dos escalas es:

$$\text{Grados Kelvin} = \text{Grados Centígrados} + 273$$

Por otra parte, las escalas Celsius y la Fahrenheit están referidas al mismo patrón, pero sus escalas son diferentes. El patrón de referencia usado para su definición fueron los cambios de estado del agua. Estos puntos se tienen en la tabla 2.3.

| Cambio de Estado | °Celsius | °Fahrenheit |
|-------------------------|-----------------|--------------------|
| Sólido – Líquido | 0 | 32 |
| Líquido - Gas | 100 | 212 |

Tabla 2.3. Patrón de referencia entre escalas

Fuente: http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/

De la tabla anterior, se puede deducir, que por cada grado celsius de cambio térmico tendremos 1,8 grados Fahrenheit de cambio equivalente. De todo esto, la equivalencia entre estas dos escalas será:

$$\text{Grados Fahrenheit} = \text{grados Celsius} * 1.8 + 32$$

2.3.4.3 Medida de Temperatura

“La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios”¹.

Los instrumentos utilizados para medir la temperatura son:

¹ Instrumentación Industrial. Antonio Creus Solé. 1999. Editorial ALFAOMEGA

- a) Termómetro de Vidrio
- b) Termómetro bimetalico
- c) Termoresistencias (RTD)
- d) Termistores
- e) Termopares
- f) Pirómetros de radiación
- g) Sensores en circuitos integrados

2.3.4.4 Termoresistencia (RTD)

Los detectores de temperatura resistivos (RTD – Resistance Temperature Detector) son sensores de temperatura basados en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Su símbolo se indica en la figura 2.41.



Figura 2.41. Símbolo de un RTD

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/RTD>

Los elementos típicos usados por los RTDs incluyen níquel (Ni) y cobre (Cu), pero platino (Pt) es el más común por su amplio rango de temperatura, precisión y estabilidad.

Los valores típicos de resistencia nominal para RTDs de platino de película delgada incluyen 100 Ω y 1000 Ω. La relación entre resistencia y temperatura es casi lineal y cumple la ecuación:

Para $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$R_T = R_0 [1 + aT + bT^2 + cT^3 (T - 100)]$$

Para $>0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$R_T = R_0 [1 + aT + bT^2]$$

Dónde:

R_T = resistencia a temperatura T

R_0 = resistencia nominal

a , b y c son constantes usadas para escalar el RTD

❖ **Ventajas de los RTD**

- Margen de temperatura bastante amplio.
- Proporciona las medidas de temperatura con mayor exactitud y repetitividad.
- El valor de resistencia puede ser ajustado con gran exactitud por el fabricante (trimming), de manera que su tolerancia sea mínima.
- Los sensores RTD son los más estables con el tiempo.
- La relación entre la temperatura y la resistencia es la más lineal.
- Los sensores RTD tienen una sensibilidad mayor que los termopares.
- La existencia de curvas de calibración estándar para los distintos tipos de sensores RTD (según el material conductor, R_0 y α), facilita la posibilidad de intercambiar sensores entre distintos fabricantes.
- A diferencia de los termopares, no son necesarios cables de interconexión especiales ni compensación de la unión de referencia.
- Existen RTD aptos para trabajar en ambientes exteriores y aire acondicionado.

❖ **Desventajas de los RTD**

- El costo de un sensor RTD es mayor que el de un termopar o un termistor.
- El tamaño y la masa de un sensor RTD será también mayor que el de un termopar o un termistor, limitando además su velocidad de reacción.
- Los sensores RTD no son tan durables como los termopares ante vibraciones, golpes.
- No tener en cuenta la resistencia de los hilos de interconexión puede suponer un grave error de medida.

2.3.4.5 Termocuplas

Las termocuplas son un tipo de sensor de temperatura utilizados con mayor frecuencia en el campo industrial. Una termocupla tipo J se indica en la figura 2.42.

Una termocupla está construida de dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Una vez que la unión se somete a un cambio de temperatura produce un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) el cual está en el orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura.

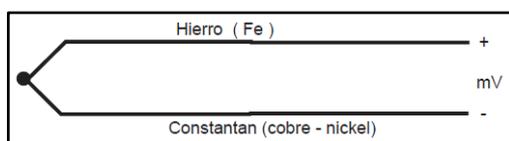


Figura 2.42. Termocupla tipo J

Fuente:

http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/Modulo_03/termocuplas.pdf

❖ Termocuplas según las Normas IEC-584 y DIN 43 710

Existe una variedad de tipos de termocuplas, en la tabla 2.4, aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J o del tipo K.

| Termocupla | Rango de uso | Conductor Positivo | Conductor Negativo |
|--------------------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| Tipo J, (Fe - CuNi) | -40 a +750 °C | Negro | Blanco |
| Tipo T, (Cu - CuNi) | -40 a +350 °C | Marrón | Blanco |
| Tipo K, (NiCr - Ni) | -40 a +1200 °C | Verde | Blanco |
| Tipo E, (NiCr - CuNi) | -40 a +900 °C | Violeta | Blanco |
| Tipo N, (NiCrSi - NiSi) | -40 a +1200 °C | Púrpura | Blanco |
| Tipo S, (Pt 10% Rh - Pt) | -40 a +1600 °C | Naranja | Blanco |
| Tipo R, (Pt 13% Rh - Pt) | 0 a +1600 °C | Naranja | Blanco |
| Tipo B, (Pt 30% Rh - Pt 6% Rh) | +600 a 1700 °C | | |

Tabla 2.4. Termocuplas según IEC² 584-1

Fuente: <http://www.metring.com/notes/HI-10-10-MT2009.pdf>

² Comisión Electrotécnica Internacional

❖ Linealización

La relación entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), por esta razón el instrumento electrónico debe ser encargado de mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.

❖ Compensación de cero

Las termocuplas tienen el inconveniente de necesitar una compensación de cero, puesto que en algún momento habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre.

Debido a esto se producirán dos nuevas termocuplas y generarán un voltaje proporcional a la temperatura ambiente en el punto de empalme.

De esta manera cuando el instrumento está muy distanciado del lugar de medición y para evitar generar una distorsión de la medición se usan los llamados cables compensados. Estos poseen el mismo coeficiente Seebeck de la termocupla evitando así crear termocuplas parásitas en el empalme. En la figura 2.43 se observa como se produce una compensación de cables.

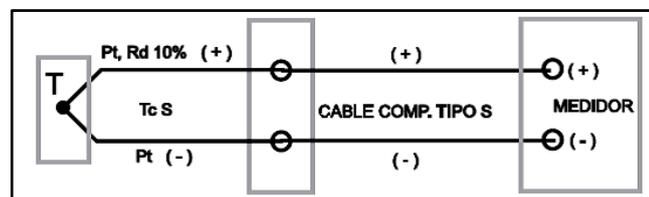


Figura 2.43. Compensación de cables

Fuente:http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/Modulo_03/termocuplas.pdf

❖ Ventajas

- Son económicas y muy robustas.

- Se pueden encontrar fácilmente en el mercado.
- Cubren amplios rangos de temperatura (-180 a 1370°C).

❖ **Desventajas**

- No poseen una alta precisión.
- No pueden extenderse a más de 10 ó 20 mts del indicador por las interferencias de corriente y por el costo del cable.
- Su vida útil se reduce considerablemente al ser expuestas a altas temperaturas o atmósferas oxidantes y reductoras.

2.3.4.6 Sensor de temperatura en circuito integrado

En la actualidad existen una amplia variedad de circuitos integrados que pueden usarse como sensores de temperatura. Estos sensores se pueden agrupar en cinco categorías principales: salida de voltaje, salida de corriente, salida de resistencia, salida digital y diodos simples empelados para medición de temperatura.

Por lo general vienen encapsulados y poseen tres terminales: uno es la conexión a tierra, en otro se conecta el voltaje de alimentación (entre 5 y 15 V) y el tercero es una salida del voltaje que cambia con la temperatura. Estos circuitos producen una señal calibrada y muy lineal. Por lo general, producen entre 1 y 10 mV/°C en un rango usual de 0 °C a 100 °C.

Entre los circuitos integrados con salida de voltaje más comunes tenemos al LM34 y LM35.

❖ **Circuito integrado LM35**

El LM35 es un sensor de temperatura que tiene una precisión calibrada de 1°C. Con el podemos abarcar un rango de temperatura de -55° a + 150°C. La salida es muy lineal y cada grado centígrado equivale a 10 mV en la salida.

➤ Encapsulado

Este sensor puede encontrarse disponible en diferentes encapsulados como se muestra en la figura 2.44, pero el más común es el TO-92, una cápsula comúnmente utilizada por los transistores de baja potencia.

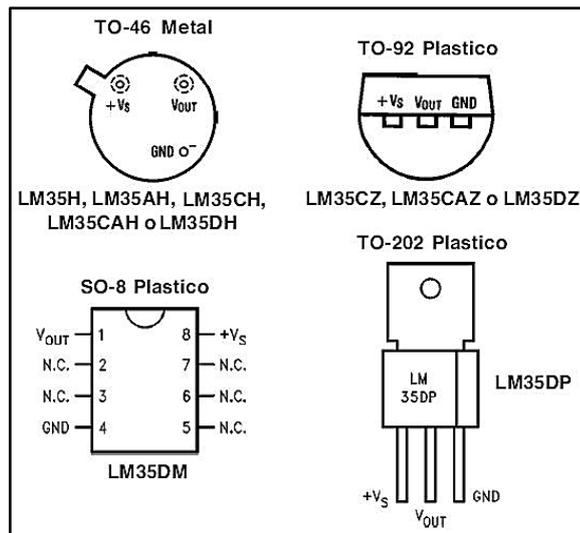


Figura 2.44. Tipos de encapsulados del LM35

Fuente: <http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>

➤ Ventajas

- Precisión de $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso), $0,5^{\circ}\text{C}$ garantizados a 25°C .
- Salida lineal.
- Baja corriente de alimentación.
- Amplio rango de funcionamiento (desde -55° a $+150^{\circ}\text{C}$).
- Bajo costo.
- Baja impedancia de salida.

➤ Desventajas

- Requiere realizar un circuito de acondicionamiento.
- No es muy aplicado en el campo industrial.

2.3.5 CONTROL AMBIENTAL EN INTERIORES

Las personas que viven en áreas urbanas pasan entre el 80 y el 90 % de su tiempo realizando actividades sedentarias en espacios interiores, tanto durante el trabajo como durante el tiempo de ocio.

Este hecho ha llevado a la creación de ambientes interiores más confortables y homogéneos que los exteriores, sujetos a condiciones climáticas variables. Para ello, ha sido necesario acondicionar el aire de estos espacios, calentándolo en invierno y enfriándolo en verano.

2.3.5.1 Medidas de control ambiental en interiores

La mayoría de los problemas de los ambientes interiores son consecuencia de decisiones tomadas durante el diseño y la construcción del edificio.

Los factores que es preciso considerar en el diseño de una edificación son:

- La elección del terreno;
- El diseño arquitectónico;
- La elección de los materiales,
- Los sistemas de ventilación y aire acondicionado utilizados para
- Controlar la calidad del aire en interiores.

2.3.6 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El aire acondicionado tiene como misión proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. Como mínimo, las instalaciones deben efectuar los siguientes procesos básicos³:

³Nestor Quadri. Sistemas de Aire Acondicionado, 2001. Editorial Alsina.

- Control de temperatura y humedad
- Ventilación y calidad del aire interior
- Filtrado
- Circulación

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente
- Sin ruidos molestos
- Con el menor consumo energético
- Sin producir contaminación al medio ambiente

2.3.6.1 Requisitos fundamentales de un Sistema de Aire Acondicionado

Para lograr esos propósitos los sistemas de aire acondicionado, deben cumplir los siguientes requisitos fundamentales:

- Proveer una adecuada climatización para satisfacer las necesidades de confort de las personas, con una aceptable calidad del aire interior.
- Estar diseñados de la manera más simple y económica, con el mínimo consumo energético.
- Brindar una alta confiabilidad de operación y funcionamiento.
- Emplear materiales y equipos de alta calidad y tecnología probada, de larga vida útil, que cuenten con servicio y una segura provisión de repuestos en plaza.
- Contar con espacios adecuados para acceso, desmonte de elementos y reparaciones, a fin de simplificar las tareas de mantenimiento.
- Disponer con lugares y elementos necesarios para el montaje en el caso de futuras ampliaciones, de modo que puedan realizarse con la mínima obra civil.
- Tener sistemas de supervisión y operación eficientes, mediante elementos de control automáticos.

- No afectar el medio ambiente ni generar contaminación o ruidos molestos ya sea en el exterior como en los locales acondicionados.

2.3.6.2 Clasificación de los Sistemas de Aire Acondicionado

Los sistemas de climatización se clasifican en función de su instalación y de acuerdo a los fluidos de distribución, podemos dividir estos sistemas en⁴:

Unitarios. Son aquellos formados por aparatos tipo ventana o partidos, generalmente de tipo individual, como se indica en la figura 2.45.

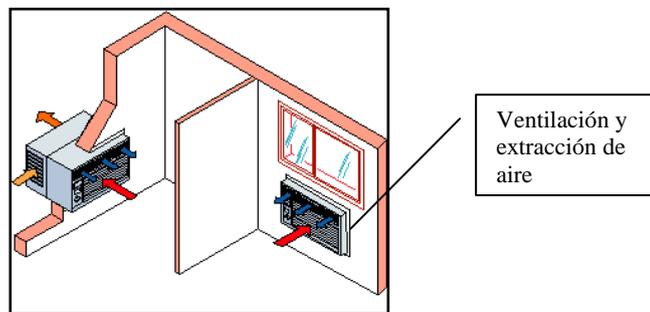


Figura 2.45. Equipo unitario tipo ventana
Fuente: <http://refrinoticias.com/articulos/tiposequiposaa.htm>

Semicentralizados. Comprenden las unidades autónomas de tamaño mediano como se muestra en la figura 2.46.

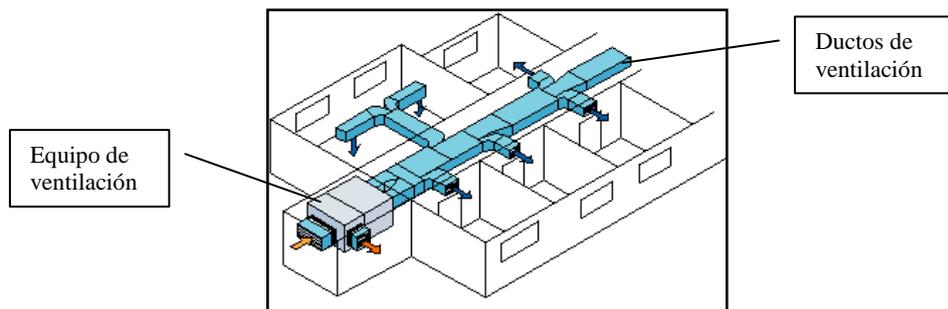


Figura 2.46. Sistema Semicentralizado colocado en un falso techo
Fuente: <http://refrinoticias.com/articulos/tiposequiposaa.htm>

⁴ Curso de Mantenedor de Calefacción Climatización y A.C.S. Calvo Villamarin, T y Galdon Trilo, F, 2003.

Centralizados. Son aquellos en los que la producción de calor y frío se realiza mediante generadores situados en locales específicos, tal y como se observa en la figura 2.47. Desde ese lugar, el calor y el frío se distribuyen al resto de la instalación. Entre los sistemas centralizados están:

- a) Todo refrigerante
- b) Todo Agua
- c) Aire – Agua
- d) Sistemas Todo Aire

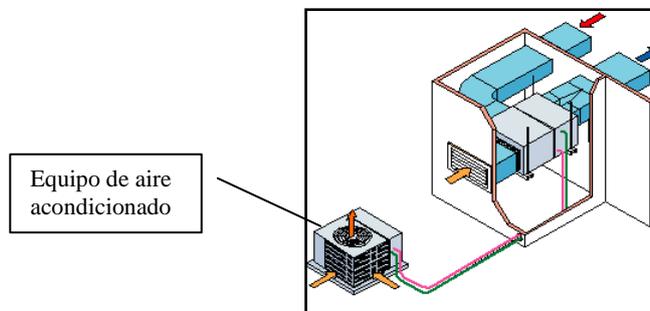


Figura 2.47. Equipo Centralizado

Fuente: <http://refrinoticias.com/articulos/tiposequiposaa.htm>

2.3.6.3 Cargas Térmicas

Se puede definir a las cargas térmicas, como la cantidad de energía que se requiere superar en un área para mantener ciertas condiciones de temperatura y humedad específica. Se expresa en Btu⁵, y comercialmente se expresa en unidad de tiempo, Btu/h.

❖ Cálculo de Cargas Térmicas

Para realizar el cálculo de las cargas térmicas se requiere de la suficiente información del espacio a acondicionar, de tal manera que conlleve a un cálculo más preciso. Para ello se realizan los siguientes pasos:

⁵Btu (*British Thermal Unit*): Representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

- Determinar las características constructivas del área a climatizar, tales como: materiales, tamaño de los componentes, formas de las superficies externas y configuración general proporcionada por los planos.
- Determinar la localización del edificio, su orientación, la influencia de los edificios y zonas adyacentes.
- Obtener información sobre el clima exterior.
- Obtener datos referente a condiciones interiores de diseño según el área a tratar, tales como: temperatura interior de bulbo seco y bulbo húmedo, porcentaje de ventilación, incluyendo variaciones y límites permitidos.
- Adquirir información respecto a iluminación, número de ocupantes, y equipos en el interior de la sala.
- Seleccionar hora del día y el mes para llevar a cabo el cálculo de la carga de acondicionamiento.

A continuación se mencionan algunas fórmulas que se utilizan para el cálculo de las cargas térmicas:

➤ **Ganancia calorífica por conducción a través de techos**

Para la realización de éste cálculo se requiere seleccionar el material del techo y suministrar el área.

Para calcular la transferencia de calor (Q) a través de techos expuestos al sol, utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot TD$$

Dónde:

Q = Carga de calor sensible (Btu/ h)

U = Coeficiente total de transferencia de calor (Btu/ h × pie² × °F)

A = Área calculada de planos arquitectónicos (pie²)

TD = Diferencia de temperatura entre el interior y exterior

➤ **Ganancia calorífica por conducción a través de paredes**

Para calcular la ganancia de calor a través de paredes se debe seleccionar, el número de paredes, su material, y además se debe suministrar el área. La ecuación es:

$$Q = U * A * TD$$

Dónde:

Q = Carga de calor sensible (Btu/ h)

U = Coeficiente total de transferencia de calor (Btu/ h × pie² × °F)

A = Área calculada de planos arquitectónicos (pie²)

TD = Diferencia de temperatura entre el interior y exterior

➤ **Ganancia calorífica sistema de alumbrado**

En la realización de este cálculo se requiere seleccionar número de luces, eficiencia de luces, envoltura del edificio, suelo, hora encendido luces y hora uso luces. Su ecuación es:

$$Q_{\text{luzfluorescente}} = W * 1.25 * f_{\text{luz}} ; \text{btu/h; kcal/h}$$

$$Q_{\text{luzincandecente}} = W * f_{\text{luz}} ; \text{btu/h; kcal/h}$$

Dónde:

$Q_{\text{luzfluorescente}}$ = Ganancias sensibles de luz fluorescente. btu/h; kcal/h

$Q_{\text{luzincandecente}}$ = Ganancias sensibles de luz incandescente. btu/h; kcal/h

W = Vatios de consumo de los planos eléctricos o de los datos de las instalaciones eléctricas; btu/h

f_{luz} = factor de almacenamiento de carga debido al alumbrado. Anexo A5.

➤ **Ganancia calorífica por equipos eléctricos**

$$Q_{el} = \text{potencia} * \text{CLF}$$

Dónde:

Q_{el} = carga sensible de equipos. Btu/h

Potencia = potencia del equipo. Btu/h

CLF = Factor de carga de enfriamiento, por hora de ocupación.

➤ **Ganancia calorífica por personas**

Para realizar este cálculo se debe conocer el número de personas, las horas de ocupación del espacio y además la actividad que se realiza. La ecuación es:

$$Q_s = q_s/\text{personas} * \# \text{ de personas} * \text{CLF}$$

$$Q_l = q_l/\text{personas} * \# \text{ de personas} * \text{CLF}$$

Dónde:

Q_s = Carga de calor sensible (Btu/ h)

$q_s/\text{persona}$ = Ganancia de calor sensible instantánea por persona (Btu/ h × Persona)

CLF = Factor de cálculo de calor sensible por personas.

Q_l = Carga de calor latente (Btu/ h)

$q_l/\text{persona}$ = Ganancia de calor latente instantánea por persona (Btu/ h × Persona)

➤ **Ganancia calorífica por infiltración y ventilación**

Seleccionando el número de personas, la actividad, altura, longitud, ancho y número de puertas, se puede calcular esta ganancia. Sus ecuaciones son:

$$Q_s = 1.10 * \text{SCFM} * \Delta T; (\text{Btu/ h})$$

$$Q_1 = 4840 * SCFM * \Delta W; \text{ (Btu/ h)}$$

Dónde:

Q_s = Carga de calor sensible (Btu/ h)

Q_l = Carga de calor latente (Btu/ h)

SCFM = Calor (Q) de Ventilación e Infiltración en CFM⁶

ΔT = Diferencial de temperatura entre la zona acondicionada y no acondicionada.

ΔW = Diferencial de humedad relativa en lb de vapor de agua por lb de aire seco.

❖ Cálculo de caudal necesario

Para tener un primer orden de magnitud del caudal de aire de la unidad de tratamiento de aire hay que considerar el número de renovaciones/hora que indique la ASHRAE y el volumen del mismo (local):

$$\text{Caudal} = n^\circ \text{ renovaciones} * \text{volumen local}$$

Existen otras fórmulas para tener un valor aproximado del valor necesario:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = Pf / (0,29 \times DT)$$

Pf = Potencia frigorífica en Kcal/h

DT = Diferencia de temperaturas entrada-salida aire

En algunas ocasiones puede encontrarse dicha fórmula abreviada, como:

$$\text{Caudal (m}^3\text{/h)} = \text{Potencia (vatios)} * 0,24 \text{ (DT de } 15^\circ\text{C)}$$

⁶CFM (Cubic Feet per Minute): Es una unidad de medida no incluida en el Sistema Internacional de Unidades que mide el flujo de un gas o líquido que indica cuánto volumen, en pies cúbicos, pasa a través de un punto fijo en un minuto.

2.3.6.4 Difusión de aire en salas

Un equipo de climatización de óptimo desempeño debe estar compensado con una adecuada difusión de aire dentro de la sala acondicionada, que evite al máximo “zonas muertas”, es decir lugares sin distribución de aire.

❖ Flujo Turbulento

En este tipo de distribución de aire, la impulsión se realiza en uno o varios puntos de la sala. Esto produce que el aire se mezcle rápidamente con el del área tratada. La contaminación de aire en sala se controla mediante la dilución de partículas contaminantes en el aire nuevo que va entrando, hasta que se garantiza una higiene aceptable.

❖ Flujo Laminar

Este sistema se utiliza cuando las condiciones de higiene y esterilización son muy estrictas. El aire es desplazado al interior de la sala perfectamente ordenado, suave, de manera que se mueve en láminas paralelas, y trasladando los posibles contaminantes asociados directamente hacia las rejillas de retorno. Es un sistema más complejo, y además requiere mover cantidades muy elevadas de aire.

2.3.6.5 Unidad de Tratamiento de Aire

Una unidad tratamiento de aire o climatizador permite el acondicionamiento del aire, sometiendo a un área determinada a temperaturas preestablecidas. También se encarga de mantener la humedad dentro de valores apropiados, así como de filtrar el aire. Una unidad de tratamiento de aire se muestra en la figura 2.48.

Por sí mismos no producen calor ni frío; este aporte les llega de fuentes externas (caldera o máquinas frigoríficas) por tuberías de agua o gas refrigerante.

Consta de una entrada de aire exterior, un filtro, un ventilador, uno o dos intercambiadores de frío/calor, un separador de gotas (para verano) y un humidificador (para invierno).



Figura 2.48. Unidad de Tratamiento de Aire
Fuente: <http://www.servoclima.com/catalegs/ULTRA.pdf>

❖ Componentes

➤ Sistema de filtros

Normalmente son tres las etapas de filtración: dos en el propio climatizador (filtro plano y filtro de bolsas) y una final en el propio difusor de aire (filtro absoluto). Esta secuencia de filtración tiene como garantizar un máximo contenido de partículas en el interior de la sala.

➤ Baterías de frío y calor

Las baterías de frío y calor son serpentines por los cuales circula agua, fluido tratado por elementos o máquinas térmicas auxiliares a la unidad manejadora de aire. El agua fría es obtenida de una enfriadora de agua o "chiller". El agua caliente que circula por el serpentín de calor es abastecida por una caldera.

Las tuberías de agua que conectan a los serpentines, tanto fría como caliente, deben ir acopladas a válvulas motorizadas de manera tal que la alimentación de

agua sea proporcional a lo requerido por los termostatos, según sean los elementos de control.

➤ **Ventilador**

Los ventiladores son el elemento mecánico, el cual debe generar el caudal y alcanzar la presión estática necesaria, pues deben vencer la resistencia de las diferentes etapas de filtración y hacer circular el aire por la red de ductos.

➤ **Conductos de Ventilación**

La red de conductos tiene como objetivo el transporte de aire desde la unidad climatizadora hasta el área a acondicionar.

Estos deben estar fabricados en chapa metálica galvanizada, y dotados de un aislamiento térmico exterior, para poder limpiarlos y desinfectarlos por dentro periódicamente.

Podría considerarse la conveniencia de incorporar compuertas de cierre de los conductos para accionarlas cuando el climatizador esté parado y evitar así la entrada de aire no tratado en la sala acondicionada, especialmente aire que pueda entrar a “contracorriente” por la red de retorno.

❖ **Tipo de Unidades de Tratamiento de Aire para Hospitales**

De acuerdo a las necesidades de las diferentes salas de un hospital, se pueden establecer cuatro tipos de unidades:

➤ **Tipo 1: Climatizadores higiénicos para locales clase 1, con recirculación de aire**

Aplicables a quirófanos de alta tecnología en régimen de flujo laminar. El esquema del mismo se presenta en la figura 2.49.

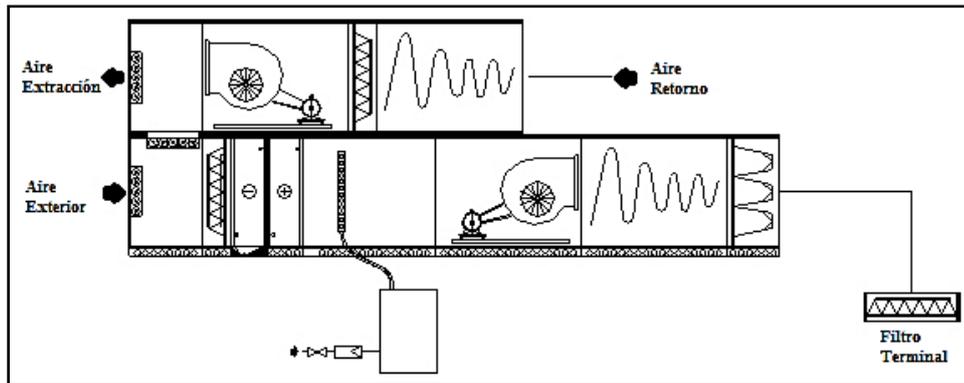


Figura 2.49. Climatizador Tipo 1

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/18351974/Climatizacion-Hospital-Aria-Barcelona-A51>

➤ **Tipo 2: Climatizadores higiénicos para locales clase 1, sin recirculación de aire**

Empleados en quirófanos convencionales y salas anexas, salas de partos, unidades de cuidados intensivos, hospital de día quirúrgico, algunas salas de diagnóstico (hemodinámica, endoscopias, broncoscopios, catéter cardíaco), almacenes estériles y hospitalización de inmunodeprimidos. Su esquema es el que se presenta en la figura 2.50.

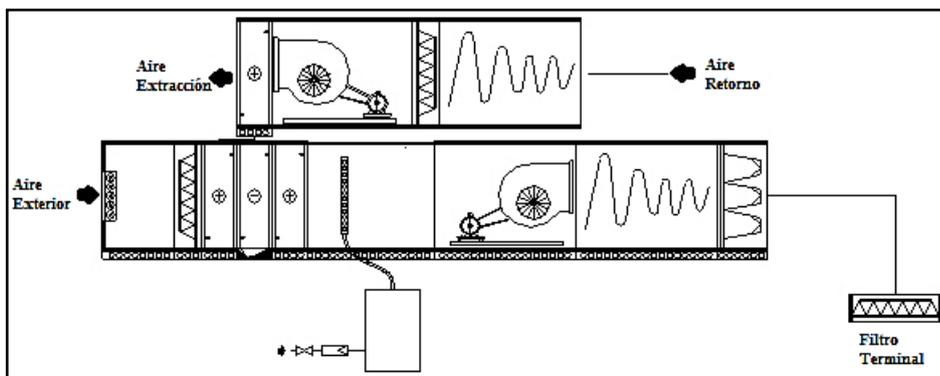


Figura 2.50. Climatizador Tipo 2

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/18351974/Climatizacion-Hospital-Aria-Barcelona-A51>

➤ **Tipo 3: Climatizadores convencionales para locales clase 2, sin recirculación de aire**

Adecuados para el resto de zonas de hospitalización (aportación de aire exterior a habitaciones), laboratorios de anatomía patológica y autopsias. La figura 2.51 muestra su esquema.

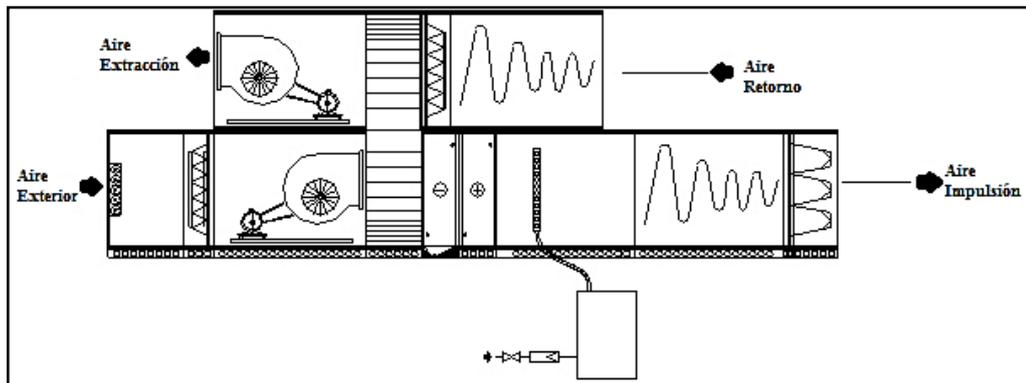


Figura 2.51. Climatizador Tipo 3

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/18351974/Climatizacion-Hospital-Aria-Barcelona-A51>

➤ **Tipo 4: climatizadores convencionales para locales clase 2, con recirculación de aire**

Óptimos para la mayoría de zonas de diagnóstico, medicina nuclear, así como el resto de zonas del hospital: salas de espera, salas de recuperación, consultas, hospital de día médico. El esquema de esta unidad se aprecia en la figura 2.52.

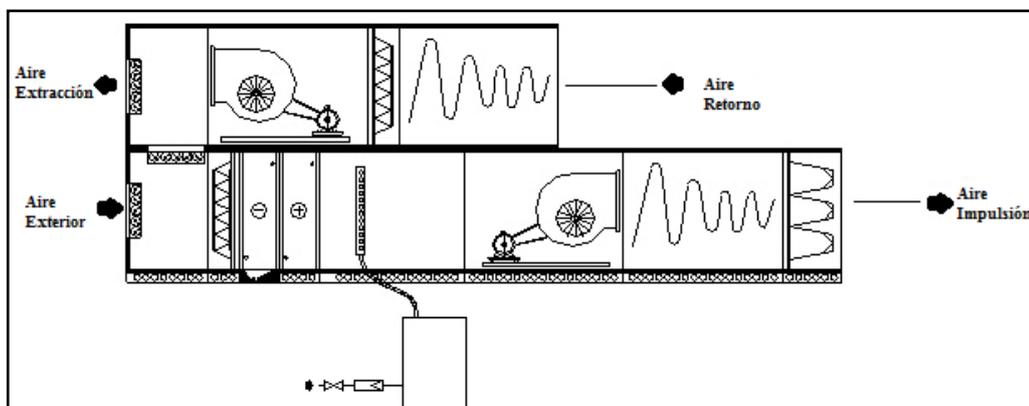


Figura 2.52. Climatizador Tipo 4

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/18351974/Climatizacion-Hospital-Aria-Barcelona-A51>

❖ **Control automático**

El control automático de la unidad de tratamiento de aire es muy importante ya que permitirá adaptar todas las variables climáticas y de utilización que se requiera, y realizar los respectivos cambios necesarios para mantener ajustado al sistema.

Los sensores de temperatura del sistema de control (rtd, termocuplas, etc) empleados para el funcionamiento de la UTA, pueden estar ubicados en diferentes sitios.

En algunas unidades los sensores de temperatura pueden estar ubicados en la salida de aire para el suministro a la habitación, en la entrada de aire a la unidad, en el ambiente del local o en algún otro lugar conveniente.

En algunos sistemas de climatización con unidades de tratamiento se pueden combinar las diferentes alternativas de ubicación de sensores.

2.3.6.6 Bomba de calor

Se puede decir que una bomba de calor no es más que una máquina de intercambio térmico, pues permite la transferencia de energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Esta transferencia de energía calorífica se realiza por medio de un sistema de refrigeración por compresión de gases refrigerantes.

Las bombas de calor se utilizan especialmente en sistemas de climatización o HVAC, como también en sistemas domésticos de aire acondicionado. Debido a su versatilidad, se pueden encontrar bombas de calor tanto para calentar una piscina como para controlar el ambiente de un invernadero.

2.3.6.7 Recomendaciones internacionales sobre sistemas de climatización hospitalaria

A nivel mundial existen organismos que se encargan de proveer información técnica sobre climatización de recintos hospitalarios, una de las asociaciones más importantes que proveen estos datos es la ASHRAE.

La ASHRAE es una sociedad técnica internacional, para todos los individuos y organizaciones interesadas en la calefacción, la ventilación, el aire acondicionado, y la refrigeración (HVAC&R). La organización permite el intercambio de conocimiento acerca de HVAC&R y de las experiencias conseguidas en beneficio especialmente del campo médico. Los comités que conforman esta organización se reúnen típicamente dos veces por año para realizar su publicación anual.

❖ Publicaciones

El manual de ASHRAE, es un recurso de cuatro volúmenes en donde consta todo acerca de la tecnología HVAC&R, y está disponible para imprimir en versiones electrónicas. Los volúmenes son: Fundamentos, Usos de la HVAC, Sistemas y equipos de HVAC, y Refrigeración.

ASHRAE también publica una serie de estándares bien reconocidos y pautas referentes a sistemas de HVAC. Dentro de estos estándares está:

- Estándar 34: Designación y clasificación de la seguridad de los refrigerantes.
- Estándar 55: Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana
- Estándar 62.1: Ventilación aceptable para la calidad de aire interior
- Estándar 62.2: Ventilación y calidad de aire interior aceptable para edificios residenciales de bajos niveles.
- Estándar 90.1: Estándar de Energía para Edificios con Excepción a Edificios Residenciales de Bajos Niveles.

- Estándar 135: BACnet, protocolo de comunicación de datos para redes de control y automatización de edificios.

❖ **Recomendaciones Hospitalarias según la ASHRAE**

➤ **Requerimientos de aire exterior para la ventilación**

La tabla 2.5 indica la cantidad de aire exterior requerido en diferentes áreas de un hospital para mantener una excelente calidad del aire interno.

| Área | Ocupación máxima estimada P/1000 ft ² o 100 m ² | Requerimientos de aire exterior |
|-------------------------------|---|------------------------------------|
| | | cfm/persona |
| Cuarto de pacientes | 10 | 25 |
| Procedimientos médicos | 20 | 15 |
| <i>Quirófano</i> | 20 | 30 |
| <i>Cuarto de Recuperación</i> | 20 | 15 |
| Morgue | - | - |
| Terapia Física | 20 | 15 |

Tabla 2.5. Requerimientos de aire exterior

Fuente: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, ASHRAE, 2003

➤ **Valores de temperatura y humedad relativa**

La temperatura y humedad relativa recomendadas para mantener un ambiente adecuado en las diferentes áreas de un hospital se muestran en la tabla 2.6.

| Área | Temperatura | | Humedad relativa (%) |
|-----------------------------|-------------|---------|----------------------|
| | °C | °F | |
| <i>Quirófano</i> | 18 – 27 | 64 – 80 | 45 – 55 |
| <i>Sala de recuperación</i> | 24 | 75 | 45 – 55 |
| Cuidados intensivos | 24 – 27 | 75 – 80 | 30 – 60 |
| Neonatología | 24 – 26 | 75 – 79 | 30 – 60 |
| Urgencias | 20 – 24 | 68 – 75 | 50 – 60 |
| Sala de quemados | 32 | 89 | 95 |
| Radiología | 24 – 27 | 75 – 80 | 40 – 50 |

Tabla 2.6. Temperatura recomendada

Fuente: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, ASHRAE, 2003

➤ **Cambios de aire por hora y relación de presión**

El cambio de aire se refiere a la cantidad de veces que el aire de la habitación pasa por el purificador de aire en una hora. De acuerdo al área se determina cuántos cambios por hora puede realizar la unidad encendida a su máxima potencia. Estos valores se indican en la tabla 2.7.

| Área | Relación de presiones con áreas adyacentes | Cantidad mínima de cambios totales de aire por hora |
|-----------------------------|--|---|
| <i>Quirófano</i> | P | 15 |
| <i>Sala de recuperación</i> | E | 6 |
| Sala de partos | E | 4 |
| Neonatología | P | 12 |
| Radiología | P | 15 |
| Laboratorios | N | 6 |
| Morgue | N | 12 |
| Urgencias | P | 12 |
| Sala de espera | N | 6 |

Tabla 2.7. Cambios de aire por hora

Fuente: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, ASHRAE, 2003

P: Positivo E: Igual N: Negativo

➤ **Eficiencia de Filtros**

Una unidad de tratamiento de aire debe poseer cierto número de filtros para mantener una buena calidad del aire según el área al cual se esté suministrando aire, en la tabla 2.8 se indican estos datos.

| Etapas de filtrado | Área | Eficiencia (%) | | |
|--------------------|-----------------------------|----------------|------|-------|
| | | Nº 1 | Nº 2 | Nº 3 |
| 3 | <i>Quirófano</i> | 30 | 95 | 99,97 |
| 2 | <i>Sala de recuperación</i> | 30 | 95 | |
| 1 | Laboratorios | 30 | 95 | |

Tabla 2.8. Eficiencia de filtros

Fuente: HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics, ASHRAE, 2003

2.3.7 CLIMATIZACIÓN DE AMBIENTES HOSPITALARIOS

Un hospital es una entidad que debe cuidar la salud durante las 24 horas del día y los 365 días del año. Es un edificio con unas necesidades térmicas muy diversas y, en algunas zonas, singulares. En un hospital el acondicionamiento del aire tiene una vital importancia para la salud humana y el confort, facilitando la estancia y evitando más sufrimiento a los enfermos.

En muchos casos el aire acondicionado de los hospitales es un factor determinante en el tratamiento de pacientes con afecciones cardíacas, de tiroides, respiratorias, quemaduras y SIDA. Precisamente por el cuidado extremo al que se ven sometidos, es que estos sistemas de climatización son especiales y difieren bastante de las aplicaciones comerciales.

El sistema de climatización de los hospitales debe estar zonificado según la actividad o departamento, por ello esta especialidad debe estar en estrecha relación con la de la arquitectura, al concebir un proyecto.

2.3.7.1 Climatización de las Salas de Recuperación

Tanto los pacientes sometidos a una anestesia general deben ser controlados en Recuperación. Este control debe comenzar por el transporte a la misma, la posición que debe adoptar, la necesidad o no de oxigenoterapia y el método de administración de la misma.

Por tales motivos se recomienda que las salas de recuperación o cuidados post anestésicos, posean una temperatura de 24 °C y 30% de humedad relativa en invierno y 24°C y 50% HR en verano.

2.3.7.2 Climatización de Quirófanos

Ninguna área hospitalaria requiere un control más cuidadoso de las condiciones ambientales y de la asepsia como un quirófano.

No todos los quirófanos tienen las mismas exigencias ambientales. Estas dependerán del tipo de intervención que se realice dentro de los mismos. Así se puede distinguir entre:

- Tipo A: Quirófano de alta tecnología: trasplantes de órganos, cirugía cardíaca, y cirugía ortopédica con prótesis.
- Tipo B: Quirófano Convencional: quirófanos convencionales y de urgencias destinados al resto de intervenciones.
- Tipo C: Quirófano Ambulatorio: cirugía ambulatoria y salas de partos.

En general el sistema de climatización de los quirófanos debe tener las siguientes características:

- **Flujo de aire:** El diseño del sistema de climatización de los quirófanos será diferente si el sistema de difusión es por flujo laminar o turbulento. Los quirófanos tipo A son de flujo laminar, mientras que los de tipo B y C son de flujo turbulento.
- **Control de la presión de aire:** los quirófanos deben mantenerse en sobrepresión respecto a pasillos y áreas adyacentes. Esta sobrepresión se traduce en un exceso de caudal de impulsión del 10% - 20% respecto al de extracción/retorno. Los quirófanos del tipo A, B y C deben estar a +15 Pa de presión respecto a los locales adyacentes.
- **Aire exterior:** en el caso de que el sistema de difusión del aire sea del tipo flujo turbulento (quirófanos tipo B y C), el aire tratado por el climatizador e introducido en el quirófano debe ser 100 % exterior, mientras que en el caso de régimen laminar (tipo A) se admite la cierta recirculación de aire en el quirófano.

- **Renovaciones de aire:** dentro de la sala, se producen unas 15-20 renovaciones/hora para el caso del régimen turbulento, y se llega hasta las 100-150 renovaciones/hora para el régimen laminar (de los cuales un mínimo de 10-15 renovaciones son de aire exterior).
- **Velocidad del aire:** en el quirófano, en la zona ocupada por personal médico y pacientes, no se deben superar velocidades de 0,2-0,3 m/s para una sala en régimen turbulento, mientras que estas velocidades serán de 0,3-0,6 m/s si el diseño de difusión de aire de la sala es por flujo laminar.
- **Filtros:** En los quirófanos tipo A, B, y C, el sistema de climatización contará con tres etapas de filtración, con filtros de clase G4, F9 y H14 en la primera, segunda y tercera etapa de filtración respectivamente.

2.4 HIPÓTESIS

El sistema de control de temperatura, proveerá de una adecuada climatización al Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato.

2.5 VARIABLES

2.5.1 Variable Independiente: Sistema de control de temperatura.

2.5.2 Variable Dependiente: Climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE

El enfoque que posee la investigación es del tipo cuali-cuantitativo.

Es cualitativa porque procura que el diseño del sistema de control de temperatura tenga un alto nivel de calidad, para ello emplea las recomendaciones sobre climatización hospitalaria proporcionados por la ASHRAE.

De la misma manera, la investigación es cuantitativa, ya que hace uso de tablas de registro de valores de temperatura y cálculos, que sirven para que el diseño del proyecto se lleve a cabo con datos precisos.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se basó en la modalidad de investigación bibliográfica y de campo.

La investigación bibliográfica permitió recaudar información de fuentes como libros y páginas de internet, con la finalidad de adquirir un amplio conocimiento sobre el tema de investigación.

La modalidad de Campo fue esencial en este proyecto ya que permitió diagnosticar y evaluar la realidad que presenta el hospital en forma directa.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación inició en el nivel exploratorio, ya que para identificar el problema de la ausencia de un sistema de control de temperatura fue necesario dirigirse al hospital y realizar una serie de observaciones para determinar lo que existe y lo que hace falta para el desarrollo del proyecto.

Luego, en el nivel descriptivo, se determinaron todas las características de diseño, materiales de construcción, temperaturas ambiente a determinadas horas del día, tanto del Quirófano como de la Sala de Recuperación.

Finalmente en el nivel explicativo se encaminó al desarrollo de la propuesta, empleando toda la información investigada para poder de esta manera solucionar el problema de la mejor manera.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población con la se trabajó en la investigación, estaba conformada por el Gerente del hospital, a quien se le aplicó una entrevista para determinar las respuestas a algunas interrogantes necesarias para el desarrollo de la propuesta.

También se contó con la ayuda del Jefe del área de Sistemas, quien proporcionó los planos de construcción del Quirófano y Sala de Recuperación, así como además permitió el acceso a estas áreas para realizar las respectivas observaciones.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1 Variable Independiente: Sistema de control de temperatura

| Conceptualización | Dimensión | Indicadores | items | Técnicas e Instrumentos | | |
|---|-------------|--|---|---|---|--|
| | | | | T | I | |
| Es un sistema que permite obtener la temperatura del ambiente a medir mediante un sensor, y esta señal es tratada, ya sea digital o analógicamente, para luego pasar a un sistema de control el cual activa o desactiva el sistema que estará encargado de mantener la temperatura. | Sistema | <ul style="list-style-type: none"> Necesidad | <ul style="list-style-type: none"> ¿Es necesario implementar un sistema de climatización con control de temperatura? | <ul style="list-style-type: none"> Entrevista | <ul style="list-style-type: none"> Cuestionario estructurado | |
| | temperatura | <ul style="list-style-type: none"> sensor | <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué tipo de sensor se debe emplear para la adquisición de la temperatura? | <ul style="list-style-type: none"> Bibliográfica | <ul style="list-style-type: none"> Internet Libros | |
| | | | | <ul style="list-style-type: none"> Ubicación del sensor de temperatura | <ul style="list-style-type: none"> Bibliográfica | <ul style="list-style-type: none"> Internet |
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Tipo | <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué tipo de control de temperatura se debe aplicar al Quirofano y la Sala de recuperación? | <ul style="list-style-type: none"> Bibliográfica | <ul style="list-style-type: none"> Internet Libros |
| | control | <ul style="list-style-type: none"> Equipo controlador | <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué tipo de equipo se debe emplear para el control de la temperatura? | <ul style="list-style-type: none"> Bibliográfica | <ul style="list-style-type: none"> Internet | |

3.5.2 Variable Dependiente: Climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación.

| Conceptualización | Dimensión | Indicadores | Ítems | Técnicas e Instrumentos | |
|---|----------------------|----------------------------|---|-------------------------|-----------------------------|
| | | | | T | I |
| Consiste en crear condiciones de temperatura, humedad y limpieza adecuadas para la comodidad de los pacientes en el Quirófano y la Sala de Recuperación | Quirófano | • Dimensiones | • ¿Cuáles son las dimensiones del Quirófano? | • Bibliográfica | • planos |
| | | • Temperaturas registradas | • Temperaturas registradas en el Quirófano | • Observación | • Registro de Obs. |
| | | • Recirculación del aire | • ¿Se debe aplicar recirculación del aire en el Quirófano? | • Bibliográfica | • Libros |
| | | • Ductos | • ¿Existen ductos de suministro y extracción de aire en el Quirófano? | • Observación | • Registro de Obs. |
| | | • Personas | • ¿Cuántas personas en promedio permanecerán en el Quirófano durante una Cirugía? | • Entrevista | • Cuestionario estructurado |
| | Sala de Recuperación | • Dimensiones | • ¿Cuáles son las dimensiones de la Sala de Recuperación? | • Bibliográfica | • planos |
| | | • Temperaturas registradas | • Temperaturas registradas en la Sala de recuperación | • Observación | • Registro de Obs. |
| | | • Recirculación del aire | • ¿Se debe aplicar recirculación del aire la Sala de Recuperación? | • Bibliográfica | • Libros |
| | | • Ductos | • ¿Existen ductos de suministro y extracción de aire en la Sala de Recuperación? | • Observación | • Registro de Obs. |
| | | • Personas | • ¿Cuántas personas en promedio permanecerán en la Sala de Recuperación? | • Entrevista | • Cuestionario estructurado |

3.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información se aplicó técnicas como la observación y la entrevista, las cuales fueron útiles para obtener datos referentes al problema de investigación y para determinar las mejores soluciones.

3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A la información recolectada mediante la entrevista y registros observación, se le aplicó procedimientos, tales como:

- Revisión de la información.
- Interpretación de la información.

Cuando se finalizó de aplicar los instrumentos, se procedió a la realización del análisis crítico, fortalecido por las bases desprendidas del marco teórico, objetivos y variables de la investigación.

Luego se procedió a plantear las conclusiones y las respectivas recomendaciones, para finalmente desarrollar la propuesta al tema de investigación, orientada a mejorar la situación actual del hospital.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron 3 preguntas en la entrevista, dirigidas al Dr. Patricio Abril, Gerente del Hospital Municipal, 10 registros de observación de las áreas investigadas para determinar parámetros necesarios en el diseño del sistema de control y climatización.

Al final de cada una de las preguntas de la entrevista y de las observaciones, se realizó la interpretación de las mismas, para de esta forma determinar conclusiones que ayuden al planteamiento de la propuesta del proyecto de investigación.

4.1 ENTREVISTA DIRIGIDA AL DR. PATRICIO ABRIL

1. ¿Es necesario implementar un sistema de climatización con control de temperatura en el Quirófano y la Sala de Recuperación?

Si (x)

No ()

Interpretación:

El entrevistado manifiesta que si es necesario que se lleve a cabo la implementación de un sistema de climatización con la finalidad de que el aire en estas áreas permanezca limpio y a una temperatura adecuada.

2. ¿Cuántas personas permanecerán en promedio en el Quirófano durante una Cirugía?

1 a 3 personas ()

4 a 6 personas (x)

Superior a 6 ()

Interpretación:

El entrevistado respondió que aproximadamente 6 personas permanecerán en el Quirófano durante una cirugía, incluido la persona a someterse a la intervención quirúrgica.

Esta información se requiere para llevar a cabo el cálculo de las cargas térmicas.

3. ¿Cuántas personas permanecerán en la Sala de Recuperación?

1 a 3 personas ()

4 a 6 personas (x)

Superior a 6 ()

Interpretación:

Se respondió, que la Sala de Recuperación está destinada para alojar a 3 pacientes, bajo la supervisión de dos enfermeras; es decir permanecerán unas 5 personas en esta área.

Con esta información se va proceder a realizar el cálculo de las cargas térmicas de la sala de recuperación.

4.2 OBSERVACIÓN

❖ Ductos de suministro y retorno de aire en el área del Quirófano.

La existencia de ductos de suministro y retorno de aire en el Quirófano, va a facilitar la colocación de las Unidades de Tratamiento de Aire y va a evitar que se tenga que realizar un diseño previo.

En la figura 4.1 se muestra el ducto de suministro de aire, que proveerá la cantidad de aire necesario y que previamente ha sido tratado en la unidad de tratamiento de aire.



Figura 4.1. Ducto de suministro del Quirófano

Fuente: Elaborado por el investigador

A continuación, en la figura 4.2 se muestra el ducto de retorno de aire.



Figura 4.2. Ducto de retorno del Quirófano

Fuente: Elaborado por el investigador

❖ Ductos de suministro y retorno de aire en la Sala de Recuperación

En ésta área si existe red de ductos para el aire de entrega y retorno, lo que indica que el sistema podrá ser instalado con mayor facilidad.

En la figura 4.3 se puede apreciar el ducto de suministro, similar al del quirófano.



Figura 4.3. Ducto de suministro de la Sala de Recuperación

Fuente: Elaborado por el investigador

El ducto de retorno de aire se puede apreciar en la figura 4.4:



Figura 4.4. Ducto de retorno de la Sala de Recuperación

Fuente: Elaborado por el investigador

❖ **Temperatura en el interior del Quirófano (°C)**

Se llevó a cabo un registro de las temperaturas del área del Quirófano mediante un termómetro ambiental, durante dos semanas a diferentes horas del día y se obtuvieron mediciones como las que se muestran en las tablas 4.1 y 4.2:

| Hora | Semana del 17 al 21 de Agosto 2010 | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:00 | 14 | 10 | 10 | 11 | 13 |
| 11:00 | 16 | 15 | 13 | 12 | 15 |
| 12:30 | 17 | 15 | 13 | 15 | 17 |
| 14:00 | 17 | 14 | 14 | 17 | 17 |
| 16:00 | 15 | 13 | 13 | 16 | 16 |
| Promedio semana | 14.32 | | | | |

Tabla 4.1. Temperaturas en el Quirófano del 17 al 21 de agosto

Fuente: Elaborado por el investigador

| Hora | Semana 24 al 28 de Agosto 2010 | | | | |
|------------------------|--------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:00 | 9 | 14 | 12 | 12 | 10 |
| 11:00 | 11 | 15 | 14 | 13 | 14 |
| 12:30 | 12 | 18 | 14 | 15 | 16 |
| 14:00 | 13 | 23 | 15 | 17 | 15 |
| 16:00 | 12 | 17 | 14 | 16 | 13 |
| Promedio semana | 14.16 | | | | |

Tabla 4.2. Temperaturas en el Quirófano del 24 al 28 de agosto

Fuente: Elaborado por el investigador

En general, se obtuvo una temperatura promedio de los registros llevados a cabo durante las dos semanas de 14.24°C, lo que nos indica que el ambiente en esta área es relativamente frío y muy inferior a la temperatura óptima que recomienda la ASHRAE.

❖ **Temperatura en el interior de la Sala de Recuperación (°C)**

Igualmente para la Sala de Recuperación se llevó a cabo un registro de la temperatura ambiente, los resultados se muestran en las tablas 4.3 y 4.4:

| Hora | Semana del 17 al 21 de Agosto 2010 | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 17 | 13 | 15 | 16 | 16 |
| 11:15 | 20 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 12:45 | 21 | 20 | 19 | 21 | 24 |
| 14:15 | 22 | 19 | 21 | 24 | 25 |
| 16:15 | 20 | 18 | 18 | 22 | 22 |
| Promedio semana | 19,48 | | | | |

Tabla 4.3. Temperaturas en Recuperación del 17 al 21 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

| Hora | Semana del 24 al 28 de Agosto 2010 | | | | |
|------------------------|------------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 12 | 17 | 16 | 15 | 13 |
| 11:15 | 16 | 20 | 19 | 17 | 14 |
| 12:45 | 17 | 24 | 19 | 20 | 15 |
| 14:15 | 22 | 27 | 21 | 22 | 15 |
| 16:15 | 19 | 22 | 20 | 20 | 14 |
| Promedio semana | 18,24 | | | | |

Tabla 4.4. Temperaturas en Recuperación del 24 al 28 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

De las dos semanas se alcanzó un promedio de temperatura de 18,86 °C, superior a la temperatura promedio del Quirófano, pero igualmente inferior a la temperatura adecuada según las recomendaciones ASHRAE.

❖ **Temperaturas del Pasillo (°C)**

Las temperaturas registradas en el pasillo se describen en las tablas 4.5 y 4.6.

| Hora | Semana del 17 al 21 de Agosto | | | | |
|-------|-------------------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 17 | 14 | 16 | 16 | 17 |
| 11:15 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 |
| 12:45 | 21 | 21 | 19 | 21 | 23 |
| 14:15 | 21 | 19 | 20 | 24 | 25 |
| 16:15 | 20 | 18 | 18 | 21 | 22 |

Tabla 4.5. Temperaturas en Pasillo del 17 al 21 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

| Hora | 24 al 28 de Agosto | | | | |
|-------|--------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 15 | 17 | 16 | 16 | 15 |
| 11:15 | 16 | 20 | 19 | 17 | 16 |
| 12:45 | 22 | 24 | 19 | 20 | 15 |
| 14:15 | 18 | 25 | 21 | 22 | 17 |
| 16:15 | 19 | 21 | 19 | 18 | 15 |

Tabla 4.6. Temperaturas en Pasillo del 24 al 28 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

La temperatura promedio registrada en estas dos semanas en la zona del pasillo fue de 19°C. Este es un dato el cual será de utilidad para el cálculo de las cargas térmicas de las áreas a climatizar.

❖ **Temperaturas de la habitación ubicada en la planta inferior (°C)**

Las temperaturas registradas durante dos semanas de la habitación ubicada en la planta inferior al Quirófano y la Sala de Recuperación se presentan en la tabla 4.7 y 4.8.

| Hora | 17 al 21 de Agosto | | | | |
|-------|--------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 20 | 18 | 19 | 18 | 20 |
| 11:15 | 22 | 22 | 21 | 22 | 23 |
| 12:45 | 25 | 23 | 22 | 25 | 25 |
| 14:15 | 23 | 24 | 23 | 26 | 26 |
| 16:15 | 22 | 22 | 21 | 23 | 24 |

Tabla 4.7. Temperaturas de la habitación inferior del 17 al 21 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

| Hora | 24 al 28 de Agosto | | | | |
|-------|--------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 18 | 21 | 19 | 20 | 17 |
| 11:15 | 22 | 23 | 21 | 21 | 19 |
| 12:45 | 24 | 25 | 22 | 23 | 19 |
| 14:15 | 23 | 26 | 23 | 24 | 22 |
| 16:15 | 22 | 23 | 22 | 23 | 19 |

Tabla 4.8. Temperaturas de la habitación inferior del 24 al 28 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

De las dos semanas se obtuvo un promedio de temperatura de 22°C. La temperatura promedio de esta zona será de utilidad también para el cálculo de las cargas térmicas que se llevarán a cabo en lo posterior.

❖ **Temperaturas de la habitación anexa a la Sala de Recuperación (°C)**

Igualmente se realizó la observación de las temperaturas durante dos semanas de la habitación anexa a la Sala de recuperación. A continuación en las tablas 4.9 y 4.10 se indican éstas temperaturas.

| Hora | 17 al 21 de Agosto | | | | |
|-------|--------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 18 | 14 | 16 | 16 | 17 |
| 11:15 | 20 | 18 | 18 | 18 | 20 |
| 12:45 | 21 | 21 | 19 | 21 | 23 |
| 14:15 | 21 | 19 | 20 | 23 | 24 |
| 16:15 | 20 | 18 | 18 | 21 | 22 |

Tabla 4.9. Temperaturas de la habitación anexa del 17 al 21 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

| Hora | 24 al 28 de Agosto | | | | |
|-------|--------------------|--------|-----------|--------|---------|
| | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes |
| 9:15 | 16 | 17 | 16 | 16 | 15 |
| 11:15 | 16 | 20 | 19 | 17 | 16 |
| 12:45 | 21 | 24 | 20 | 20 | 16 |
| 14:15 | 18 | 25 | 20 | 22 | 17 |
| 16:15 | 19 | 21 | 19 | 18 | 16 |

Tabla 4.10. Temperaturas de la habitación anexa del 24 al 28 de agosto
Fuente: Elaborado por el investigador

En promedio, durante las dos semanas se tuvo una temperatura de 19°C. De la misma manera servirá para los cálculos posteriores.

❖ Dimensiones del Quirófano

Según los datos proporcionados por el plano de la edificación como se observa en la figura 4.5 se tiene:

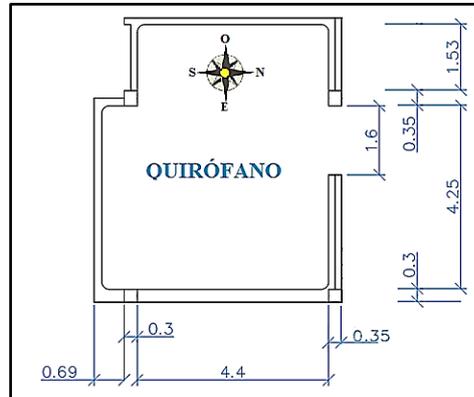


Figura 4.5. Dimensiones del Quirófano
Fuente: Hospital Municipal

Altura: 3 m

Área techo: $[(0.69+0.3+4.4+0.35) \text{ m} * (0.3+4.25) \text{ m}] + [(0.35+1.53+0.15) \text{ m} * (4.4+0.15+0.35) \text{ m}] = 36.064 \text{ m}^2$

Área techo: 388,19 ft²

Área piso: 388,19 ft²

Área pared norte: $(1.53+0.35+4.25-1.6) \text{ m} * 3 \text{ m} = 13.59 \text{ m}^2 = 146,28 \text{ ft}^2$

Área pared sur: $(4.25+0.54+0.3+1.53+0.35) \text{ m} * 3 \text{ m} = 20.91 \text{ m}^2 = 225,07 \text{ ft}^2$

Área pared este: $(0.54+0.3+4.4) \text{ m} * 3 \text{ m} = 15.72 \text{ m}^2 = 169,21 \text{ ft}^2$

Área pared oeste: $4.4 \text{ m} * 3 \text{ m} = 13.2 \text{ m}^2 = 142,08 \text{ ft}^2$

❖ Dimensiones de la Sala de Recuperación

De acuerdo al plano de construcción indicado en la figura 4.6 se tiene:

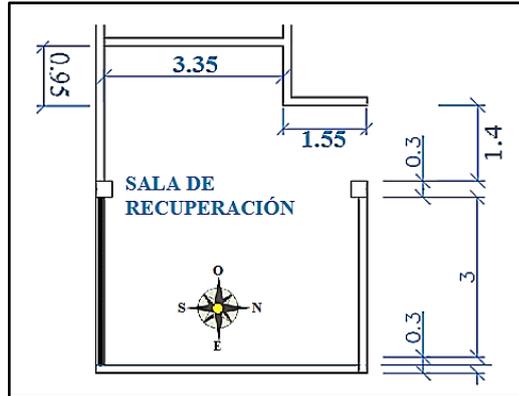


Figura 4.6. Dimensiones de la Sala de Recuperación
Fuente: Hospital Municipal

Altura: 3m

Área techo: $[(0.15+3.35+1.55)*(1.4+0.15+0.3+3+0.3)] + [0.95 * (0.15+3.35+0.15)] = 29.48 \text{ m}^2$

Área techo: 317,32 ft²

Área piso: 317,32 ft²

Área pared norte: $(0.3+3.00+0.3) \text{ m} * 3\text{m} = 10.8 \text{ m}^2 = 116,25 \text{ ft}^2$

Área pared sur: $(0.15+0.95+1.4+0.3) \text{ m} * 3\text{m} = 8.4 \text{ m}^2 = 90,42 \text{ ft}^2$

Área pared este: $(0.15+3.35+1.55) \text{ m} * 3\text{m} = 15.15 \text{ m}^2 = 163,07 \text{ ft}^2$

Área pared oeste: $(0.15+3.35+0.95+1.55)*3 = 18 \text{ m}^2 = 193.75 \text{ ft}^2$

❖ Ubicación del sensor de temperatura

Ya que la mayoría de los profesionales del aire acondicionado colocan al sensor de temperatura a la salida de aire de la UTA, se va a preferir por ubicarlo en esta zona, para de esta manera obtener valores precisos de la temperatura del aire que se pretende sea suministrado tanto al Quirófano como a la Sala de Recuperación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato poseen un ambiente inadecuado para su funcionamiento, por lo que es necesario que se controle esta situación de modo que se consiga: crear un alto nivel de confortabilidad en los usuarios, evitar la contaminación por la presencia de gases tóxicos generados en el proceso de una cirugía y reducir el riesgo de contagio de enfermedades aéreas al tener un aire viciado.
- Es importante determinar parámetros tales como: número de personas que van a permanecer en las áreas a climatizarse, temperaturas registradas y características constructivas de la edificación. Esto, con la finalidad de que se pueda cuantificar a través de cálculos, la cantidad de calor que generan las habitaciones y así poder dimensionar adecuadamente los equipos que permitan adecuar el ambiente a un nivel idóneo.
- El ambiente del Quirófano y la Sala de Recuperación deben ser óptimos para su funcionamiento, es así que para ello hay que tomar muy en cuenta las normativas que proporciona la ASHRAE, debido a que en la actualidad es el organismo con mayor difusión de técnicas eficientes sobre climatización hospitalaria.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe llevar a cabo un control minucioso del ambiente en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal de Ambato para mantener el ambiente confortable, libre de microorganismos causantes de enfermedades y sin presencia de gases tóxicos.
- Se recomienda tomar en cuenta todas las consideraciones constructivas registradas en las áreas a ser acondicionadas y aplicarlas en el diseño del sistema de climatización, para así obtener resultados deseados al momento de su instalación.
- Se debe tener en cuenta las normativas que establece la ASHRAE para conseguir dotar al Quirófano y a la Sala de Recuperación de un ambiente óptimo.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

- a) Tema: Diseño de un sistema de control de temperatura para la climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal.
- b) Ubicación: Tungurahua, Ambato, Cdla. Letamendi
- c) Tutor: Ing. Santiago Villacís
- d) Autor: Mario Andrés Villalba Gonzaga

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

De la investigación realizada sobre la situación actual del Hospital Nuestra Señora de la Merced, se pudo conocer que se encuentra en proceso de acabado y equipamiento, un Quirófano y la Sala de Recuperación, que se pretende sea implementada con todas las características tecnológicas y de seguridad hospitalaria que se exigen hoy en día.

En el Quirófano y la Sala de Recuperación, se aplicó un sistema con recirculación de aire para permitir que el aire necesario para la impulsión no proceda completamente del exterior y se reduzca la contaminación por los gases tóxicos y microorganismos.

La presencia de ductos tanto en el Quirófano como en la Sala de Recuperación permitió que el diseño del sistema de climatización se lo realice de una manera más fácil.

Basándose en trabajos realizados por profesionales del aire acondicionado se optó por ubicar el sensor de temperatura a la salida de la UTA, para así obtener valores exactos de la temperatura de aire de suministro y llevar a cabo un control efectivo del climatizador.

En cuanto al censado de la temperatura del aire que va a ser suministrado tanto al Quirófano como a la Sala de recuperación se seleccionó una termorresistencia PT100, con la finalidad de obtener datos más precisos y además porque es muy útil en ambientes exteriores como lo es el sistema de climatización por implementarse.

Además de esto se determinó también, que un controlador de temperatura es el más adecuado para ser empleado como dispositivo de control, por tal motivo se empleó un controlador Omron E5CK, ya que éste cuenta con la entrada para el sensor PT100 como para los actuadores que activarán o desactivarán los mecanismos de calentamiento y enfriamiento del aire.

Es necesario indicar también, que éste equipo permite realizar una regulación PID con autosintonización con el cual se va a ajustar de manera más precisa la temperatura a los valores deseados.

Cabe mencionar que los ajustes en el funcionamiento del sistema se fundamentaron en las recomendaciones proporcionadas por la ASHRAE.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La propuesta planteada para la implementación de un sistema de climatización y control de temperatura en el Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital

Municipal Nuestra Señora de la Merced se justifica desde varios puntos de vista, pues uno de las principales ventajas es que mejora el confort del usuario y al mismo tiempo incurre en mantener el ambiente libre de microorganismos causantes de infecciones.

Con la automatización del sistema de climatización, se puede fijar los valores de set-point de manera precisa, permitiendo que las condiciones ambientales interiores en las habitaciones sean adecuadas.

En la actualidad muchas empresas e industrias requieren el desarrollo de este tipo de proyectos, por lo que su estudio va a permitir contar con mano de obra especializada.

Esta investigación proporcionará a la sociedad interesada, el conocimiento para el desarrollo de proyectos de climatización hospitalaria y climatización de recintos en general.

Cabe resaltar además que el sistema que se va a emplear cumple con los reglamentos respecto a la seguridad en instalaciones hospitalarias, en donde la calidad e higiene del aire circulante es un factor fundamental para el paciente.

Se puede concluir entonces que la propuesta es beneficiosa en todo sentido para la institución.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de control de temperatura para la climatización del Quirófano y la Sala de Recuperación del Hospital Municipal.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar las Unidades de Tratamiento de Aire en base al cálculo de las cargas térmicas del Quirófano y la Sala de Recuperación.
- Diseñar el circuito eléctrico de control para el sistema de climatización.
- Configurar el dispositivo controlador de temperatura.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Factibilidad Técnica

Este proyecto es factible de realizarlo desde el punto de vista técnico, ya que se ha comprobado que en el mercado podemos encontrar todos los equipos y herramientas necesarias para poder llevar a cabo la implementación del diseño propuesto.

6.5.2 Factibilidad Operativa

La propuesta es factible de realizarla desde el punto de vista operativo ya que el Hospital Municipal dispone de la infraestructura física necesaria para la instalación del sistema de climatización y control.

6.5.3 Factibilidad Económica

Debido a que, en los actuales momentos, se está realizando la construcción y equipamiento necesario del Quirófano como de la Sala de Recuperación, se tiene planificado la implementación del diseño propuesto, por lo que cabe mencionar que desde el punto de vista económico se va a tener previsto todos los gastos en el presupuesto del hospital del año 2012 para la ejecución del proyecto.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Controlador de temperatura Omron E5CK – AA1 – 500

6.6.1.1 Componentes principales del controlador de temperatura

El controlador de temperatura Omron E5CK tiene componentes tales como: panel frontal, unidad de salida, terminales, puente de tipo de entrada, unidad opcional y carcasa. En la figura 6.1 se observa la ubicación de los componentes mencionados anteriormente.

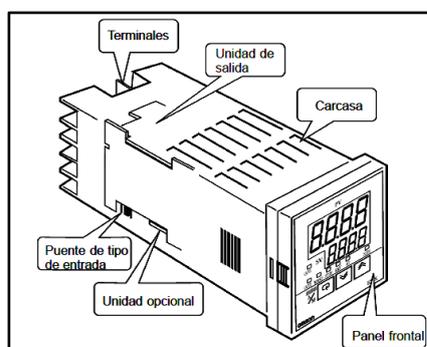


Figura 6.1. Componentes del controlador E5CK

Fuente: http://www.tecsc.com.ar/site/add/descarga/detecc/om_e5ck.pdf

6.6.1.2 Panel Frontal del controlador de temperatura

El panel frontal del controlador de temperatura posee diferentes partes las cuales permiten visualizar y modificar los diferentes parámetros de configuración. En la figura 6.2 se puede apreciar estos componentes.

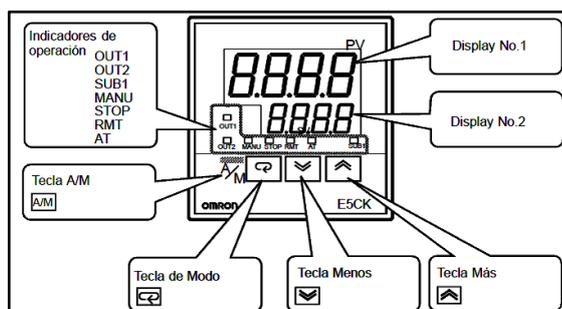


Figura 6.2. Panel frontal del controlador E5CK

Fuente: http://www.tecsc.com.ar/site/add/descarga/detecc/om_e5ck.pdf

6.6.1.3 Displays del controlador de temperatura:

- **Display N° 1:** Indica el valor del proceso o los símbolos de los parámetros.
- **Display N° 2:** Visualiza el punto de consigna, variable manipulada o selecciones de parámetros.
- **Indicadores de operación:**
 - OUT1: Se enciende cuando la salida de control 1 está en ON (excepto cuando la salida es analógica).
 - OUT2: Se enciende cuando la salida de control 2 está en ON (excepto cuando la salida es analógica).
 - SUB1: Se enciende cuando la salida auxiliar 1 se pone en ON.
 - MANU: Se enciende cuando el modo de operación es manual.
 - STOP: Se enciende cuando la operación está detenida.
 - RMT: Se enciende con operación remota.
 - AT: Parpadea durante el ajuste PID.

6.6.1.4 Utilización de teclas del controlador de temperatura

- Tecla : Permite conmutar entre operación manual y automática.
- Tecla : Las funciones de esta tecla cambian dependiendo del tiempo que se mantenga presionada. Permite ingresar a los parámetros de selección de los diferentes modos.
- Teclas : Permite aumentar o disminuir los valores o selecciones del display N° 2.

6.6.1.5 Entrada y salida del controlador de temperatura

El controlador de temperatura puede soportar diferentes entradas y manejar algunas salidas de control. La figura 6.3 indica un diagrama de las entradas y salidas soportadas por el controlador de temperatura.

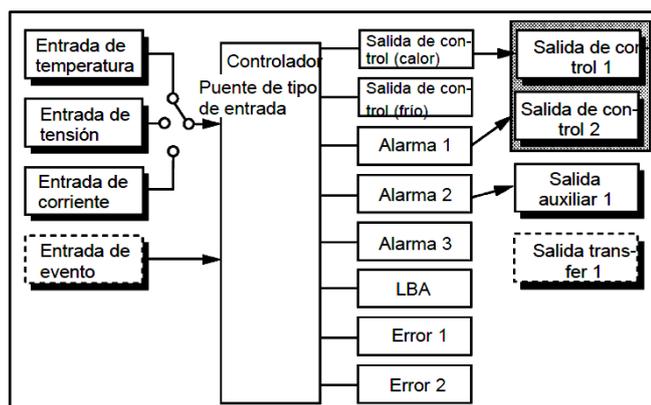


Figura 6.3. Diagrama de las entradas y salidas soportadas

Fuente: <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-E5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

6.6.1.6 Parámetros y Menús

- **Modo protección:** Se emplea para restringir el uso del menú y de la tecla A/M y así evitar la modificación innecesaria de los parámetros.
- **Modo Manual:** Este modo permite conmutar a operación manual.
- **Modo Nivel 0:** Permite cambiar el punto de consigna, arrancar y para la operación; además se puede visualizar el valor del proceso, la rampa SP y la variable manipulada.
- **Modo Nivel 1:** Aquí se puede ejecutar el AT (auto-tuning), seleccionar los valores de alarma, el periodo de control y los parámetros PID.
- **Modo Nivel 2:** Este es el modo auxiliar para ajustar el control. Aquí se pueden seleccionar los parámetros para limitar la variable manipulada y el punto de consigna, conmutar entre los modos local y remoto y seleccionar la alarma de rotura de lazo (LBA), histéresis de alarma y valor de filtro digital para las entradas.
- **Modo Setup:** Nos permite seleccionar las especificaciones básicas. Podemos seleccionar el tipo de entrada, escala, y asignaciones de salida y operación directa/inversa.
- **Modo Expansión:** En este modo, se puede seleccionar ST (self-tuning), limitador de selección de SP, selección de control PID u ON/OFF, especificación de método de reset de secuencia de standby, inicialización

de parámetros, tiempo para vuelta automática al display de monitorización.

- **Modo Opción:** Este modo sólo se puede seleccionar cuando se ha instalado la unidad opcional en el controlador. Aquí se pueden seleccionar las condiciones de comunicaciones, salida transfer y parámetros de entrada de evento para concordar con el tipo de unidad opcional instalada en el controlador.
- **Modo Calibración:** Este modo permite al usuario calibrar las entradas y la salida transfer. La salida transfer sólo se puede calibrar cuando está instalada en el controlador la unidad de comunicaciones (E53-CKF).

La figura 6.4 muestra todos los parámetros en el orden en que se presentan en el display. Si se presiona durante 1 segundo mínimo la tecla  ingresamos al menú de display y mediante las teclas  o  nos movemos entre los diferentes modos y si se presiona la tecla  en el modo deseado se visualiza el primer parámetro del modo especificado.

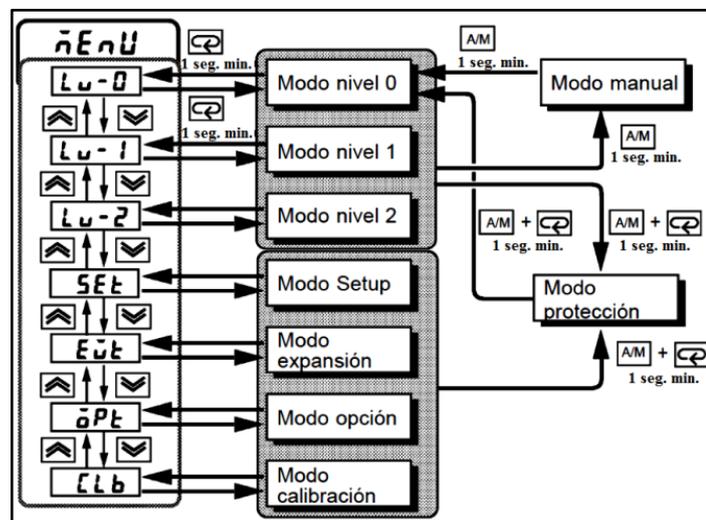


Figura 6.4. Diagrama de orden de selección de modos

Fuente: <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-E5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

6.6.1.7 Especificaciones técnicas del controlador de temperatura

La tabla 6.1 presenta información relacionada con diferentes aspectos tales como alimentación, tipo de entradas, salidas, métodos de control, etc.

| Elemento | Modelo de 100 a 240 Vc.a. | Modelo de 24 Vc.a./Vc.c. |
|------------------------------------|--|--------------------------|
| Tensión de alimentación | 100 a 240 Vc.a., 50/60 Hz | 24 Vc.a./Vc.c., 50/60 Hz |
| Consumo | 15 VA | 6 VA, 3,5 W |
| Rango de tensión de funcionamiento | 85% a 110% de la tensión de alimentación nominal | |
| Entrada | Termopar: K, J, T, E, L, U, N, R, S, B, W, PLII Termorresistencia de platino: JPt100, Pt100 Entrada de corriente: 4 a 20 mA, 0 a 20 mA Entrada de tensión: 1 a 5 V, 0 a 5 V, 1 a 10 V | |
| Impedancia de entrada | Entrada de corriente: 150 Ω Entrada de tensión: 1 M Ω mín. | |
| Salida de control | De acuerdo con la Unidad de salida (ver "Valores nominales y características de la Unidad de salida") | |
| Salida auxiliar | SPST-NA, 1 A a 250 Vc.a. (carga resistiva) | |
| Método de control | Control ON/OFF o 2-PID (con auto-tuning) | |
| Método de configuración | Configuración digital mediante el teclado del panel frontal | |
| Método de indicación | Display digital de 7 segmentos e indicadores LED | |
| Otras funciones | De acuerdo con la Unidad opcional (ver "Valores nominales y características de la Unidad opcional") | |

Tabla 6.1. Valores nominales del controlador E5CK

Fuente: <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-E5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

Las características eléctricas soportadas por la unidad de salida del controlador de temperatura se muestran en la tabla 6.2.

| | |
|-------------------------------|--|
| Salida de relé | SPST, 250 Vc.a., 3 A (carga resistiva) Vida mecánica estimada: 10.000.000 operaciones mín. Vida eléctrica estimada: 100.000 operaciones mín. |
| Salida de tensión | NPN: 20 mA a 12 Vc.c. (con protección contra cortocircuitos) PNP: 20 mA a 12 Vc.c. (con protección contra cortocircuitos) |
| Salida analógica de tensión | 0 a 10 Vc.c. Impedancia de carga admisible: 1 k Ω mín. Resolución: aprox. 2.600 |
| Salida analógica de corriente | 4 a 20 mA Impedancia de carga admisible: 500 Ω máx. Resolución: aprox. 2.600 |

Tabla 6.2. Valores nominales y características de la Unidad de salida

Fuente: <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-E5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

En la tabla 6.3 se describen diferentes características de funcionamiento del controlador de temperatura.

| | |
|--|---|
| Precisión de indicación (ver nota) | Termopar: (±0,3% del valor de indicación o ±1°C; aquél que sea mayor) ±1 dígito máx. Termorresistencia de platino: (±0,2% del valor de indicación o ±0,8°C, el que sea mayor) ±1 dígito máx. Entrada analógica: ±0,2% FS ±1 dígito máx. |
| Histéresis | Entre el 0,01% y el 99,99% de E.C. (en unidades de 0,01% E.C.) |
| Banda proporcional (P) | Entre el 0,1% y el 999,9% FS (en unidades de 0,1% FS) |
| Tiempo de integral (reset) (I) | 0 a 3.999 s (en unidades de 1 segundo) |
| Tiempo de derivada (régimen) (D) | 0 a 3.999 s (en unidades de 1 segundo) |
| Período de control | 1 a 99 s (en unidades de 1 segundo) |
| Valor de reset manual | Entre el 0,0% y el 100,0% (en unidades de 0,1%) |
| Rango de configuración de alarma | -1,999 a 9,999 o -199,9 a 999,9 (la posición del indicador decimal depende del tipo de entrada) |
| Período de muestreo | Entrada de temperatura: 250 ms Entrada de corriente/tensión: 100 ms |
| Resistencia de aislamiento | 20 MΩ mín. (a 500 Vc.c.) |
| Rigidez dieléctrica | 2.000 Vc.a., 50/60 Hz durante 1 minuto entre terminales de distinta polaridad |
| Resistencia a vibraciones | Mal funcionamiento: 10 a 55 Hz, 10 m/s ² (aprox. 1G) durante 10 min en cada una en las direcciones X, Y y Z Destrucción: 10 a 55 Hz, 20 m/s ² (aprox. 2G) durante 2 horas en cada una en las direcciones X, Y y Z |
| Resistencia a golpes | Malfunción: 200 m/s ² min (aprox. 20G), 3 veces en cada una de las 6 direcciones (100 m/s ² (aprox. 10G) aplicados al relé) Destrucción: 300 m/s ² min (30G) 3 veces en cada una de las 6 direcciones |
| Temperatura ambiente | En servicio: -10°C a 55°C (sin formación de hielo)/período de garantía de 3 años: -10°C a 50°C Almacenamiento: -25°C a 65°C (sin formación de hielo) |
| Humedad ambiente | En servicio: del 35% al 85% |
| Grado de protección | Panel frontal: NEMA4 para uso en interiores (equivalente a IP66) Carcasa posterior: Norma IEC IP20 Terminales: Norma IEC IP00 |
| Protección de memoria | Memoria no volátil (número de operaciones de escritura: 100.000 operaciones) |
| Peso | Aprox. 170 g; Adaptador: aprox. 10 g |
| Compatibilidad Electromagnética (EMC) | Protección del dispositivo: EN55011 Grupo 1 clase A Emisión de conductores de c.a.: EN55011 Grupo 1 Clase A Inmunidad contra descargas electrostáticas (DES): EN61000-4-2: descarga por contacto de 4 kV (nivel 2) 8 kV descarga por aire (nivel 3) Inmunidad contra interferencia RF: ENV50140: 10 V/m (modulada en amplitud, de 80 MHz a 1 GHz) (nivel 3) 10 V/m (modulación por impulsos de 900 MHz) Inmunidad a perturbaciones conducidas: ENV50141: 10 V (0,15 a 80 MHz) (nivel 3) Inmunidad contra ráfagas: EN61000-4-4: línea eléctrica de 2 kV (nivel 3) 2 kV Línea de señal de E/S (nivel 4) |
| Homologaciones | UL1092, CSA22.2 N°. 142, CSA22.2 N°. 1010-1 Conforme con las normas EN50081-2, EN50082-2, EN61010-1 (IEC1010-1) Conforme con VDE0106/parte 100 (protección de dedos) cuando se monta la cubierta de terminales de pedido por separado. |

Tabla 6.3. Características generales del controlador E5CK

Fuente: <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-E5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

6.6.2 Contactores marca CHINT

A continuación se indican características generales de este tipo de contactores:

- Certificaciones: CE, CB, UL, PCT, RCC, VDE, UKRTEST, ESC
- Características de utilización: 50/60Hz, 660V.
- Calibres: 12, 18, 25, 32, 40, 50, 65, 80 y 95A.
- Categorías de servicio: AC1 (cargas no inductivas), AC3 (motores de anillo) y AC4 (motores de jaula).
- Temperatura ambiente: -5°C ~ +40°C.

- Condiciones de montaje: La inclinación entre el plano de montaje y el plano vertical no debe exceder de $\pm 5^\circ$.

❖ Datos Técnicos de los contactores CHINT

Las características eléctricas más importantes se describen en la tabla 6.4.

| | | |  |  |
|---|----------------|----------|--|---|
| | | | NC1-12 | NC1-18 |
| Corriente térmica Ith AC1 (A) | | | 20 | 32 |
| Corriente nominal (A) | 380/400V | AC3 | 12 | 18 |
| | | AC4 | 5 | 7.7 |
| | 660/690V | AC3 | 8.9 | 12 |
| | | AC4 | 2 | 3.8 |
| Tensión de aislamiento (V) | | | 660 | 660 |
| Polos | | | 3, 4 | 3, 4 |
| Contactos auxiliares de serie | | 3P | 1NO o 1NC | 1NO o 1NC |
| | | 4P | - | - |
| Potencia de motores trifásicos de jaula (AC3) | KW | 220/230V | 3 | 4 |
| | | 380/400V | 5.5 | 7.5 |
| | | 660/690V | 7.5 | 10 |
| Potencia de motores trifásicos de jaula (AC3) | CV | 200V | 5 | 7.5 |
| | | 240V | 5 | 7.5 |
| | | 460V | 7.5 | 10 |
| | | 600V | 7.5 | 10 |
| Frecuencia de trabajo (Operaciones/hora) | Vida eléctrica | AC3 | 1200 | 1200 |
| | | AC4 | 300 | 300 |
| | Vida mecánica | | 3600 | 3600 |
| Vida eléctrica (x10 ³ maniobras) | AC3 | | 1000 | 1000 |
| | AC4 | | 200 | 200 |
| Vida mecánica (x10 ⁶ maniobras) | | | 10 | 10 |
| Fusible recomendado (A) | | | 20 | 32 |

Tabla 6.4. Datos técnicos del contactor
Fuente: http://www.mechint.es/rcs_prod/NC1_TEC.pdf

6.6.3 Relé Térmico marca CHINT

Los relés de la marca CHINT poseen características generales las cuales se describen a continuación:

- Certificaciones: CE, CB, PCT, UL, RCC, VDE
- Características de utilización: 50/60Hz, 690V
- Calibres: 0.1~0.16A a 400~630A
 - Enchufables a contactor: NR2-11,5, 25, 36, 93, 150
- Clase de disparo: 10A
- Características generales:
 - 3 fases bimetálicas
 - Compensación de la temperatura ambiente
 - Indicador de disparo
 - Botones de prueba y de desconexión
 - Botón para ajuste Manual-Automático
 - Contactos 1NA+1NC separados eléctricamente

❖ Datos técnicos de los relés térmicos marca CHINT

En la tabla 6.5 se indican características eléctricas en funcionamiento de protección contra sobrecarga y contra falla de fase.

| Característica | Secuencia | I/In | | Tiempo de desconexión (Tp) | Condiciones de la prueba (Estado inicial del relé) |
|---------------------------------|-----------|------------------------|------------|----------------------------|--|
| Protección contra sobrecarga | 1 | 1.05 | | > 2h | Frío |
| | 2 | 1.2 | | ≤ 2h | Caliente después de la secuencia 1 |
| | 3 | 1.5 | | ≤ 2min | Caliente después de la secuencia 1 |
| | 4 | 7.2 | | 2s > Tp ≤ 10s | Frío |
| Protección contra fallo de fase | 5 | Dos fases cualesquiera | La 3ª fase | > 2h | Frío |
| | | 1.0 | 0.9 | | Frío |
| | 6 | 1.15 | 0 | ≤ 2h | Caliente después de la secuencia 5 |

Tabla 6.5. Datos técnicos del relé térmico
http://www.mechint.es/rcs_prod/NR2_TEC.pdf

6.6.4 Guardamotores marca CHINT

Las características generales de los guardamotores de la marca CHINT se indican a continuación:

- Certificaciones: CE
- Características de utilización: 50/60Hz, 690V
- Calibres: 0.1~0.16A a 20~25A
- Características generales:
 - Protección contra sobrecorrientes
 - Protección contra fallos de fase
 - Compensación de temperatura ambiente
- Temperatura ambiente: -5°C ~ +40°C
- Condiciones de montaje: La inclinación entre el plano de montaje y el plano vertical no debe exceder de 5%.

❖ Datos técnicos de los guardamotores marca CHINT

En las tablas 6.6, 6.7 y 6.8 se mencionan características eléctricas de los guardamotores, los cuales deben ser empleados para el correcto diseño de cualquier proyecto en donde se requiera su utilización.

Protección contra sobrecargas

| Secuencia | Multiplos de la corriente de ajuste | Estado inicial de los relés | Tiempo | Resultado | Temperatura ambiente |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------|---|----------------|----------------------|
| 1 | 1.05 | Frios | $t \geq 2h$ | No desconexión | +20°C ±2°C |
| 2 | 1.20 | Calientes (después de la sec.1) | $t < 2h$ | Desconexión | +20°C ±2°C |
| 3 | 1.50 | Calientes (después de la sec.1) | Grado de desconexión | Desconexión | +20°C ±2°C |
| | | | 10A $t < 2min$ 10 $t < 4min$ | | |
| 4 | 7.20 | Frios | Grado de desconexión | Desconexión | +20°C ±2°C |
| | | | 10A $2s < t \leq 10s$ 10 $4s < t \leq 10s$ | | |

Tabla 6.6. Protección contra sobrecarga del guardamotor

Fuente: http://www.mechint.es/rcs_prod/NS8_TEC.pdf

Protección contra fallos de fase

| Secuencia | Múltiplos de la corriente de ajuste | | Estado inicial de los relés | Tiempo | Resultado | Temperatura ambiente |
|-----------|-------------------------------------|------------|------------------------------------|-------------|----------------|----------------------|
| | Dos fases cualesquiera | La 3ª fase | | | | |
| 1 | 1.0 | 0.9 | Frios | $t \geq 2h$ | No desconexión | +20°C ±2°C |
| 2 | 1.15 | 0 | Calientes (después de la sec.1) | $t < 2h$ | Desconexión | +20°C ±2°C |

Tabla 6.7. Protección contra fallos de fase del guardamotor

Fuente: http://www.mechint.es/rcs_prod/NS8_TEC.pdf

Compensación de la temperatura ambiente

| Secuencia | Multiplos de la corriente de ajuste | Estado inicial de los relés | Tiempo | Resultado | Temperatura ambiente |
|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------|----------------|----------------------|
| 1 | 1.0 | Frios | $t \geq 2h$ | No desconexión | +20°C ±2°C |
| 2 | 1.20 | Calientes (después de la sec.1) | $t < 2h$ | Desconexión | +20°C ±2°C |
| 3 | 1.05 | Frios | $t \geq 2h$ | No Desconexión | +20°C ±2°C |
| 4 | 1.30 | Calientes (después de la sec.1) | $t < 2h$ | Desconexión | +20°C ±2°C |

Tabla 6.8. Compensación de la temperatura ambiente

Fuente: http://www.mechint.es/rcs_prod/NS8_TEC.pdf

6.6.5 Temporizador analógico Autonics ATE

❖ Conexión eléctrica

En la figura 6.5 se indican los terminales eléctricos que se deben emplear para realizar las respectivas conexiones con otros elementos.

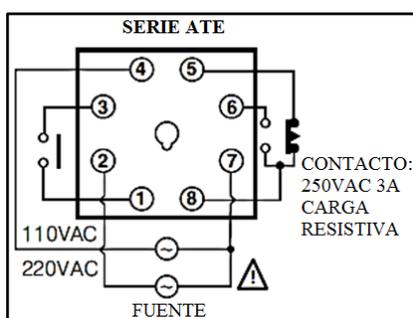


Figura 6.5. Conexiones del temporizador

<http://www.autonics.com.mx/upload/data/ATE%28KE-02-044A%29.pdf>

❖ Datos técnicos del temporizador analógico

En la tabla 6.9 se indican las características eléctricas necesarias para la correcta manipulación del temporizador.

| Modelo | | | ATE – s m h |
|--|-----------|-----------|---|
| Función | | | Retardo a la conexión |
| Rango de ajuste para el control del tiempo | | | seg.(1, 3, 6, 10, 30, 60), min.(3, 6, 10, 30, 60), horas (3, 6, 12, 24) |
| Fuente de alimentación | | | 110/220VAC 50/60 Hz |
| Rango de voltaje admisible | | | 90 a 110 % de voltaje nominal |
| Tiempo de retorno | | | Máx. 200 ms |
| Salida de control | Contacto | Tipo | Tiempo-límite de contacto SPDT (1c) Instantáneo SPST (1a) |
| | | Capacidad | 250VAC 3A carga resistiva |
| Error de repetición | | | Máx. $\pm 0.3\%$ |
| Error de ajuste | | | Máx. $\pm 5\% \pm 0.05$ seg. |
| Error de voltaje | | | Máx. $\pm 0.5\%$ |
| Error de temperatura | | | Máx. $\pm 2\%$ |
| Temperatura ambiente | | | -10 a 55 °C |
| Temperatura de almacenamiento | | | -25 a 65°C |
| Humedad del ambiente | | | 35 a 85 % HR |
| Ciclo de vida del relé | Mecánico | | Min. 10000000 de veces |
| | Eléctrico | | Min. 100000 veces (250VAC 3A carga resistiva) |
| Peso | | | Aproximadamente 100g |

Tabla 6.9. Características técnicas del temporizador

Fuente: <http://www.autonics.com.mx/upload/data/ATE%28KE-02-044A%29.pdf>

6.6.6 Sensor de temperatura PT100 STA 250

El sensor de temperatura STA 250 tiene características específicas las cuales se mencionan a continuación:

- Sensor PT100 /IEC 751.
- Elimina líneas de compensación para entradas Pt100 con 3 hilos.
- Ahorro de espacio y cableado.
- Especiales para cámaras y zonas de exterior.
- Índice de protección IP-65.
- Protección del sensor con tubo de acero inoxidable.
- Sujeción por tornillos o pared.
- Escalas: -20 a 50 °C

❖ Conexión eléctrica del sensor de temperatura

En la figura 6.6 se visualiza la conexión del sensor de temperatura con un dispositivo de medición/visualización, así como también la longitud máxima aceptada para la lectura correcta de la temperatura.

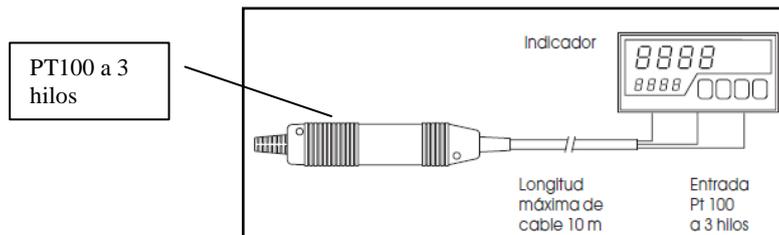


Figura 6.6. Conexión eléctrica de la PT100

Fuente: <http://www.desin.com/pdf/HT-STA-TTA-es-0229-H131-17-3.pdf>

6.6.7 Válvula solenoide Watson McDaniel W-210-0

Ésta válvula de solenoide es de 2 vías normalmente cerrada. Funciona eléctricamente y cuando se aplica energía, la válvula se abre de manera automática y al desenergizarle se cierra, regresando a su posición original. Este modelo de válvula solenoide es de usos generales, disponibles en cuerpo de Bronce o Acero Inoxidable.



Figura 6.7. Válvula de solenoide

Fuente: http://www.productoswatsonmcdaniel.com/pdf/nuevos/val_solenoide_210_0.pdf

❖ Datos técnicos de la válvula de solenoide

La tabla 6.10 presenta información relacionada con las características de funcionamiento de la válvula de solenoide.

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------|------|------|------|--------|--------|----|
| Diámetro | 1/4" | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/4" | 1 1/2" | 2" |
| Máx. Presión Operación (PSI) | 0.57 | 0-100 | | | 0-57 | | | |
| Máx. Temp. Operación | -10 +60 °C | | | | | | | |
| Tipo fluido | Aceite, aire, agua | | | | | | | |
| Voltaje bobina | 120 VAC 60 HZ 220 VAC 60 HZ | | | | | | | |
| Volumen descarga (ml/min) | 0.09 | | 0.15 | | 0.3 | | 0.45 | |

Tabla 6.10. Especificaciones técnicas de la válvula se solenoide

Fuente: http://www.productoswatsonmcdaniel.com/pdf/nuevos/val_solenoide_210_0.pdf

6.7 METODOLOGÍA

El proyecto de investigación está comprendido dentro de un enfoque cuantitativo, ya que se realiza el procesamiento de información técnica necesaria para el desarrollo de cada una de las etapas que conforman el sistema de control de temperatura. En el siguiente esquema de trabajo se indican los pasos que permitieron desarrollar el diseño del sistema.

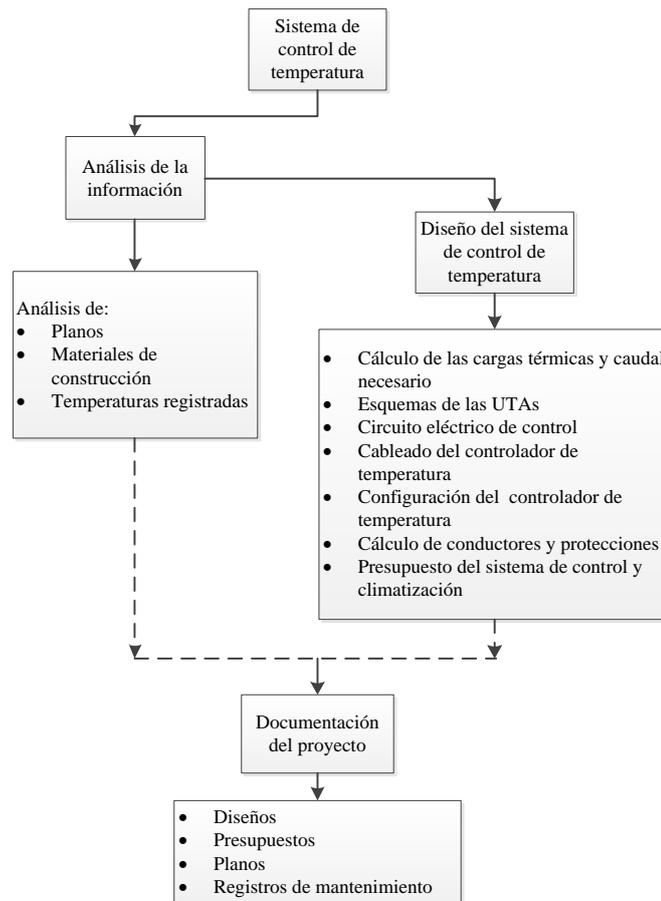


Figura 6.8. Esquema de trabajo para el diseño del sistema de control

Fuente: Elaborado por el investigador

6.8 MODELO OPERATIVO

6.8.1 Recopilación de la información

6.8.1.1 Ubicación del Hospital Municipal

El hospital se encuentra ubicado entre las calles Gertrudiz Esparza e Isidro Viteri, en la figura 6.9 se muestra un croquis de su ubicación.

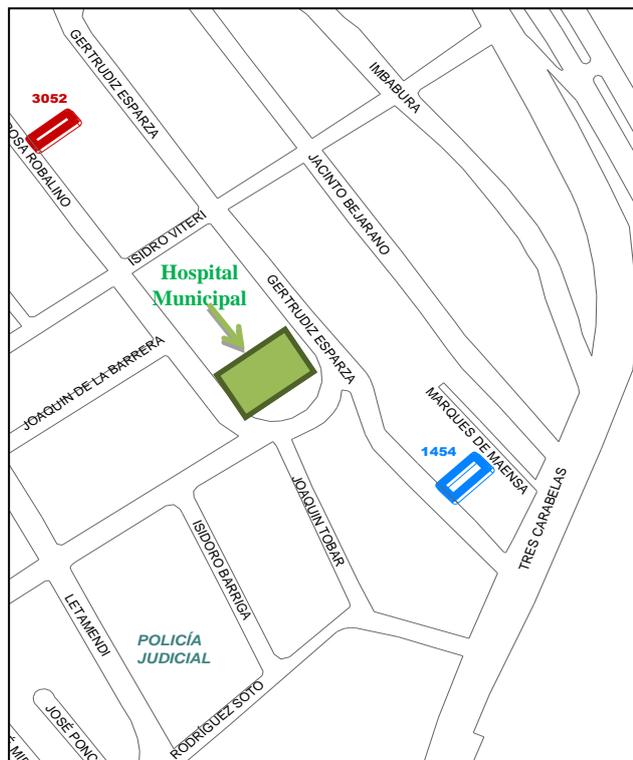


Figura 6.9. Ubicación del Hospital Municipal de Ambato
Fuente: Municipio de Ambato

6.8.1.2 Información de Recursos Humanos

En el Hospital Municipal, las personas que trabajarán en el Quirófano son:

- 2 enfermeras(os) de planta
- 2 médicos anestelistas
- 1 auxiliar de servicios generales

- 9 cirujanos (diversas especialidades)

En el Quirófano se llevarán a cabo 6 cirugías diarias (días laborables) ambulatorias y de hospitalización. En fines de semana solo se llevarán a cabo procedimientos de emergencia. En la sala de recuperación está previsto que permanezcan 3 pacientes diarios bajo la permanente vigilancia de una enfermera. Hay que tomar en cuenta estos datos para el cálculo de cargas térmicas del local.

6.8.1.3 Información Técnica

- **Materiales de techos y pisos**

Para poder determinar las cargas térmicas tanto del quirófano como de la sala de recuperación es necesario conocer la constitución de la estructura física, para ello tenemos que:

- El techo del quirófano y la sala de recuperación está constituido de 15.24 cm de concreto.
- Las paredes están construidas de ladrillo con un grosor de 20 cm y un enlucido de 15 mm. La pared norte del quirófano es la única que posee un grosor de 40 cm, ya que está construida con dos hileras de ladrillo.

- **Temperatura de Ambato**

Hay que tomar en cuenta la temperatura ambiente a la que se encuentra la ciudad de Ambato, para ello se ha verificado los valores de temperatura proporcionados por el INAMHI para el mes de Octubre de 2010, en la cual se registra una temperatura promedio de 10 °C con 79% de humedad. Estos valores servirán para realizar el cálculo de las cargas térmicas.

6.8.2 Etapas del diseño

6.8.2.1 Cálculo de la Carga Térmica del Quirófano

Condiciones de cálculo:

Aquí se considera la temperatura exterior promedio, la temperatura de diseño y las temperaturas de las habitaciones anexas.

Temperatura de diseño: 22.5 °C o 72.5 °F

Humedad local: 50 %

Humedad específica: 0.0143, según la carta psicométrica del anexo A4.

Temperatura de bulbo seco exterior: 10 °C o 50 °F

Humedad local: 79 %

Humedad específica: 0.0083, según la carta psicométrica del anexo A4.

Temperatura promedio del pasillo: 19 °C o 66.2 °F

Temperatura Sala de Recuperación: 24 °C o 75.2 °F

Temperatura cuarto inferior: 22 °C o 71.6 °F

❖ Cargas por transmisión

Los coeficientes para transferencia de calor para techos, paredes y ventanas se encuentran en los anexos, A1, A2 y A3, respectivamente.

➤ Techo

Constitución del techo: 6 in⁷ de concreto, 9.84 ft⁸ de altura.

Coefficiente total de transferencia de calor: $U = 0.318 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$

⁷in: es la abreviación de pulgadas en inglés.

⁸ft: abreviación de pies en inglés.

Área techo: 388,19 ft²

Diferencia de temperatura (TD): T interior – T exterior

$$TD = 72.5 \text{ °F} - 50 \text{ °F} = 22.5 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.318 * 388.19 * 22.5$$

$$q = 2777.50 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Pared**

✓ **Norte**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 40 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0,229 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

Área pared norte: 146,28 ft²

TD = T interior - T pasillo

$$TD = 72.5 \text{ °F} - 66.2 \text{ °F} = 6.3 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.229 * 146.28 * 6.3$$

$$q = 211.04 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Sur**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área pared sur: } 225,07 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ exterior}$$

$$TD = 72.5\text{°F} - 50\text{°F} = 22.5 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 225.07 * 22.5$$

$$q = 1772.43 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Este**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área pared este: } 169,21 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ exterior}$$

$$TD = 72.5\text{°F} - 50\text{°F} = 22.5 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 169.21 * 22.5$$

$$q = 1332.53 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Oeste**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área pared oeste: } 4.4 \text{ m} * 3 \text{ m} = 13.2 \text{ m}^2 = 142,08 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ SalaRecuperación} - T \text{ interior}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 72.5^{\circ}\text{F} = 2.7^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 142.08 * 2.7$$

$$q = 134.27 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Piso**

Constitución del piso: 6 in de concreto.

Coeficiente total de transferencia de calor: $U = 0.318 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$

Área piso: $388,19 \text{ ft}^2$

$TD = T \text{ interior} - T \text{ cuarto inferior}$

$$TD = 72.5^{\circ}\text{F} - 71.6^{\circ}\text{F} = 0.9^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.318 * 388.19 * 0.9$$

$$q = 111.10 \frac{BTU}{h}$$

❖ **Cargas por Ventilación**

➤ Ventilación sensible

Volumen requerido por ocupantes V (cfm^9): según tabla 2.3

Ventilación requerida por persona = 30 cfm/persona

Nº de personas = 6

$$V = 30 * 6 = 180 \text{ cfm}$$

$TD = T \text{ interior} - T \text{ exterior}$

⁹Conversión: $1 \text{ m}^3/\text{h} = 0.589 \text{ cfm}$

$$TD = 72.5^{\circ}\text{F} - 50^{\circ}\text{F} = 22.5^{\circ}\text{F}$$

$$q_{v_s} = 1.1 * V * TD$$

$$q_{v_s} = 1.1 * 180 * 22.5$$

$$q_{v_s} = 4455 \frac{BTU}{h}$$

➤ Ventilación latente

Diferencia de humedad específica:

$$\Delta W = W_{\text{interior}} - W_{\text{exterior}}$$

$$\Delta W = 0.0143 - 0.0083$$

$$\Delta W = 0.006$$

$$q_{v_l} = 4840 * V * \Delta W$$

$$q_{v_l} = 4840 * 180 * 0.006$$

$$q_{v_l} = 5227.2 \frac{BTU}{h}$$

❖ Cargas por ocupación

Ganancia sensible de los ocupantes: 92 kcal/h = 364,84 Btu/h¹⁰

Ganancia latente de los ocupantes: 97 kcal/h = 384,67 Btu/h

$$CLF = 0.80$$

$$q_s = N * \text{calor sensible ganado por persona} * CLF$$

$$q_s = 6 * 364.84 * 0.80$$

$$q_s = 1751.23 \frac{BTU}{h}$$

$$q_l = N * \text{calor latente ganado por persona}$$

$$q_l = 6 * 384.67$$

$$q_l = 2308.02 \frac{BTU}{h}$$

¹⁰Conversión: 1 btu/h = 0,2522 kcal/h

1 kcal = 3,9657btu/h

CLF = factor de enfriamiento por horas de ocupación

CLF = 1.0 con alta densidad o con 24 horas de ocupación y/o enfriando en la noche o durante el fin de semana.

❖ Por iluminación

Las luminarias que están proyectadas a instalar en esta área son:

Lámpara para cirugía: 150 W = 511.95 btu/h¹¹

Lámparas del local: 4 * 100 W = 400 W = 1365.2 btu/h

Total = 1877.15 btu/h

$$Q_{luzfluorecente} = W * 1.25 * f_{luz}$$

$$Q_{luzfluorecente} = 1877.15 * 1.25 * 0.25$$

$$Q_{luzfluorecente} = 586.61 \frac{BTU}{h}$$

❖ Por aparatos eléctricos

Los equipos que se pretenden instalar en esta área son:

Mesa quirúrgica = 660 W

Desfibrilador = 160 W

Monitor de ECG = 50 W

Bisturí eléctrico = 250 W

Electrocardiógrafo = 50 W

Bomba de infusión = 70 W

Aspirador de secreciones = 400 W

Respirador = 200 W

Sistema de anestesia = 200 W

Total = 2040 W = 6962.52 btu/h

¹¹Conversión: 1 btu/h = 0,2926 W
1 W = 3,413 btu/h

$$Q_{el} = potencia * CLF$$

$$Q_{el} = 6962.52 * 0.7$$

$$Q_{el} = 4873.76 \frac{BTU}{h}$$

❖ Calor Total

➤ Por transmisión

$$Q_{tx} = Q_{techo} + Q_{pared -N} + Q_{pared -S} + Q_{pared -E} + Q_{pared -O} + Q_{piso}$$

$$Q_{tx} = 2777.50 + 211.04 + 1772.43 + 1332.53 + 134.27 + 111.10$$

$$Q_{tx} = 6338.87 \frac{BTU}{h}$$

➤ Sensible

$$Q_s = Q_{tx} + q_{v_s} + q_s + Q_{luzfluorescente} + Q_{el}$$

$$Q_s = 6338.87 + 4455 + 1751.23 + 586.61 + 4873.76$$

$$Q_s = 18005.47 \frac{BTU}{h}$$

➤ Latente

$$Q_l = q_{v_l} + q_l$$

$$Q_l = 5227.2 + 2308.02$$

$$Q_l = 7535.22 \frac{BTU}{h}$$

➤ Total

$$Q_T = Q_s + Q_l$$

$$Q_T = 18005.47 + 7535.22$$

$$Q_T = 25540.69 \frac{BTU}{h} = 7473.21 W$$

❖ Caudal de impulsión

Caudal impulsión = Potencia (vatios) * 0,24

Caudal impulsión = $7473.21 * 0.24 = 1793.57 \text{ m}^3/\text{h} = 1055.66 \text{ cfm}$

El local anexo al quirófano posee un carga térmica de 24533.62 btu/h. Entonces su caudal de impulsión será de $1722.85 \text{ m}^3/\text{h}$ (1014.04 cfm). Como el quirófano principal de la investigación compartirá una unidad de tratamiento de aire con el quirófano secundario se tiene:

Caudal de impulsión total = $1055.66 + 1014.04 = 2069.7 \text{ cfm}$

❖ Caudal de Extracción

Generalmente se recomienda que el caudal de extracción sea un 80% del caudal de impulsión.

Caudal extracción = caudal impulsión * 0.8

Caudal extracción = $1793.57 * 0.8 = 1434.86 \text{ m}^3/\text{h} = 844.53 \text{ cfm}$

Igualmente que el caudal de impulsión total se tiene un caudal de extracción total de los dos quirófanos:

Caudal de extracción total = $844.53 + (1014.04 * 0.8) = 1655.76 \text{ cfm}$

6.8.2.2 Cálculos de carga térmica de la Sala de Recuperación

Condiciones de cálculo:

Temperatura de diseño: 24 °C o 75.2 °F

Humedad local: 50 %

Humedad específica: 0.0143, según la carta psicométrica del anexo A4.

Temperatura de bulbo seco exterior: 10 °C o 50 °F

Humedad local: 79 %

Humedad específica: 0.0083, según la carta psicométrica del anexo A4.

Temperatura promedio del pasillo: 19 °C o 66.2 °F

Temperatura Quirófano: 22.5 °C o 72.5 °F

Temperatura promedio cuarto oeste: 19 °C o 66.2 °F

Temperatura promedio cuarto inferior: 22 °C o 71.6 °F

❖ Cargas por transmisión

➤ Techo

Constitución del techo: 6 in de concreto, 9.84 ft de altura.

Coefficiente total de transferencia de calor: $U = 0.318 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$

Área techo: 317.32 ft²

Diferencia de temperatura (TD): T interior – T exterior

$$TD = 75.2\text{°F} - 50\text{°F} = 25.2 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.318 * 317.32 * 25.2$$

$$q = 2542.88 \frac{BTU}{h}$$

➤ Pared

✓ Norte

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

Área pared norte: 116.25 ft²

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ pasillo}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 66.2^{\circ}\text{F} = 9^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 116.25 * 9$$

$$q = 366.19 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Sur**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área pared sur: } 90.42 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ exterior}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 50^{\circ}\text{F} = 25.2^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 90.42 * 25.2$$

$$q = 797.50 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Este**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área pared este: } 163.07 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ Quirófano}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 72.5^{\circ}\text{F} = 2.7^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 163.07 * 2.7$$

$$q = 154.10 \frac{BTU}{h}$$

✓ **Oeste**

Constitución de la pared: Ladrillo macizo de 20 cm de espesor, con enlucido de 15 mm.

$$U = 0.350 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

Área pared oeste: 193.75 ft²

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ cuarto oeste}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 66.2^{\circ}\text{F} = 9^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.350 * 193.75 * 9$$

$$q = 610.31 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Piso**

Constitución del piso: 6 in de concreto.

Coefficiente total de transferencia de calor: $U = 0.318 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$

Área piso: 317.32 ft²

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ cuarto inferior}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 71.6^{\circ}\text{F} = 3.6^{\circ}\text{F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 0.318 * 317.32 * 3.6$$

$$q = 363.27 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Ventana**

Constitución del cristal: Ventana con vidrio plano.

$$U = 1.10 \text{ Btu/h ft}^2\text{°F}$$

$$\text{Área ventana: } 2.41 * 1.95 = 4.7 \text{ m}^2 = 50.59 \text{ ft}^2$$

$$TD = T \text{ interior} - T \text{ exterior}$$

$$TD = 75.2\text{°F} - 50\text{°F} = 25.2 \text{ °F}$$

$$q = U * A * TD$$

$$q = 1.10 * 50.59 * 25.2$$

$$q = 1402.35 \frac{BTU}{h}$$

❖ **Cargas por Ventilación**

➤ Ventilación sensible

Volumen requerido por ocupantes V (cfm): según tabla 2.3

Ventilación requerida por persona = 15 cfm/persona

$$N^{\circ} \text{ de personas} = 5$$

$$V = 15 * 5 = 75 \text{ cfm}$$

$$TD = T_{\text{interior}} - T_{\text{exterior}}$$

$$TD = 75.2^{\circ}\text{F} - 50^{\circ}\text{F} = 25.2^{\circ}\text{F}$$

$$q_{v_s} = 1.1 * V * TD$$

$$q_{v_s} = 1.1 * 75 * 25.2$$

$$q_{v_s} = 2079 \frac{BTU}{h}$$

➤ Ventilación latente

Diferencia de humedad específica:

$$\Delta W = W_{\text{interior}} - W_{\text{exterior}}$$

$$\Delta W = 0.0143 - 0.0083$$

$$\Delta W = 0.006$$

$$q_{v_l} = 4840 * V * \Delta W$$

$$q_{v_l} = 4840 * 75 * 0.006$$

$$q_{v_l} = 2178 \frac{BTU}{h}$$

❖ Cargas por ocupación

Ganancia sensible de los ocupantes: 58 kcal/h = 230,01 Btu/h

Ganancia latente de los ocupantes: 30 kcal/h = 118,97 Btu/h

$$CLF = 1.0$$

$$q_s = N * \text{calor sensible ganado por persona} * CLF$$

$$q_s = 5 * 230.01 * 1.0$$

$$q_s = 1150.05 \frac{BTU}{h}$$

$$q_l = N * \text{calor latente ganado por persona}$$

$$q_l = 5 * 118.97$$

$$q_l = 594.85 \frac{BTU}{h}$$

CLF = factor de enfriamiento por horas de ocupación

CLF = 1.0 con alta densidad o con 24 horas de ocupación y/o enfriando en la noche o durante el fin de semana.

❖ **Por iluminación**

Las luminarias que se pretende instalar en esta área son:

Lámparas del local: $3 * 50 \text{ W} = 150 \text{ W} = 511.95 \text{ btu/h}$

$$Q_{\text{luzfluorecente}} = W * 1.25 * f_{\text{luz}}$$

$$Q_{\text{luzfluorecente}} = 511.95 * 1.25 * 0.87$$

$$Q_{\text{luzfluorecente}} = 556.74 \frac{BTU}{h}$$

❖ **Por aparatos eléctricos**

Los equipos que se van a instalar en esta área son:

Monitor de ECG = $3 * 50 \text{ W} = 150 \text{ W}$

Respirador = $3 * 200 \text{ W} = 600 \text{ W}$

Desfibrilador = 160 W

Electrocardiógrafo = $3 * 50 \text{ W} = 150 \text{ W}$

Total = $1060 \text{ W} = 6317.78 \text{ btu/h}$

$$Q_{el} = \text{potencia} * CLF$$

$$Q_{el} = 6317.78 * 0.85$$

$$Q_{el} = 5370.11 \frac{BTU}{h}$$

❖ **Calor Total**

➤ **Por transmisión**

$$Q_{tx} = Q_{techo} + Q_{pared-N} + Q_{pared-S} + Q_{pared-E} + Q_{pared-O} + Q_{piso} + Q_{ventana}$$

$$Q_{tx} = 2542.88 + 366.19 + 797.50 + 154.1 + 610.31 + 363.27 + 1402.35$$

$$Q_{tx} = 6236.6 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Sensible**

$$Q_s = Q_{tx} + q_{v_s} + q_s + Q_{luzfluorescente} + Q_{el}$$

$$Q_s = 6236.6 + 2079 + 1150.05 + 556.74 + 5370.11$$

$$Q_s = 15392.5 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Latente**

$$Q_l = q_{v_l} + q_l$$

$$Q_l = 2178 + 594.85$$

$$Q_l = 2772.85 \frac{BTU}{h}$$

➤ **Total**

$$Q_T = Q_s + Q_l$$

$$Q_T = 15392.5 + 2772.85$$

$$Q_T = 18165.35 \frac{BTU}{h} = 5315.18 W$$

❖ Caudal de impulsión

Caudal impulsión = Potencia (vatios) * 0,24

Caudal impulsión = $5315.18 * 0.24 = 1275.64 \text{ m}^3/\text{h} = 750.81 \text{ cfm}$

El local frente a la sala de recuperación posee una carga térmica de 16664.99 btu/h. Entonces su caudal de impulsión será de $1170.28 \text{ m}^3/\text{h}$ (688.8 cfm). Como la sala de recuperación principal de la investigación compartirá una unidad de tratamiento de aire con la habitación anexa se tiene:

Caudal de impulsión total = $750.81 + 688.8 = 1439.61 \text{ cfm}$

❖ Caudal de Extracción

Para el caudal de extracción se va a emplear el 90 % del caudal de impulsión.

Caudal extracción = caudal impulsión * 0.9

Caudal extracción = $1275.64 * 0.9 = 1148.08 \text{ m}^3/\text{h} = 675.73 \text{ cfm}$

El caudal de extracción total de las dos áreas es:

Caudal de extracción total = $675.73 + (688.8 * 0.9) = 1295.65 \text{ cfm}$

6.8.2.3 Esquema de las Unidades de Tratamiento de Aire

A continuación, en las figuras 6.10 y 6.11 se muestra el esquema de montaje propuesto para las unidades de tratamiento de aire tanto del Quirófano como de la Sala de Recuperación.

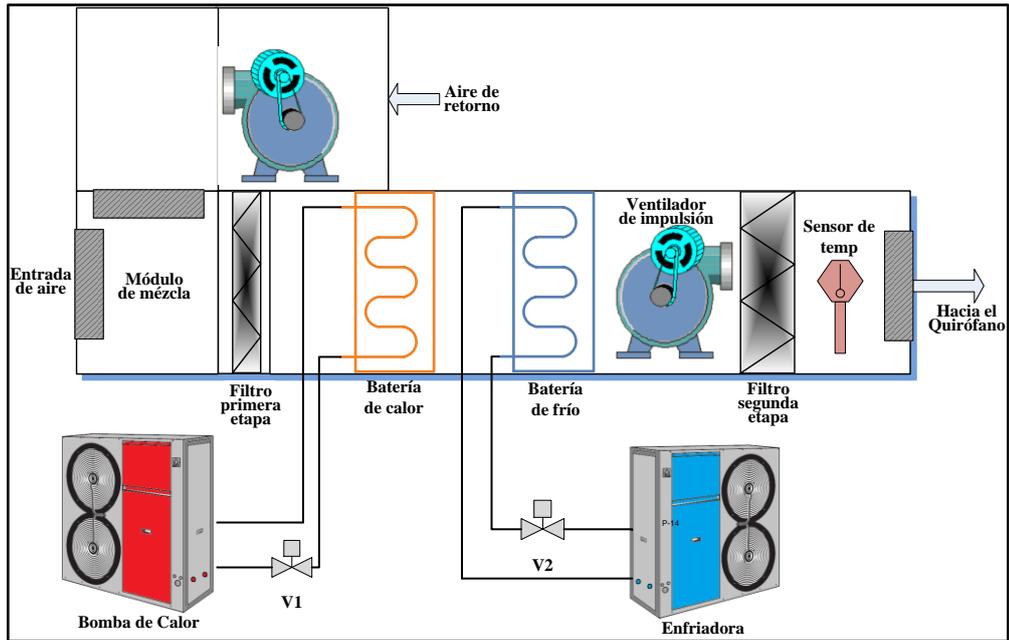


Figura 6.10. Esquema de la UTA del Quirófano

Fuente: Elaborado por el investigador

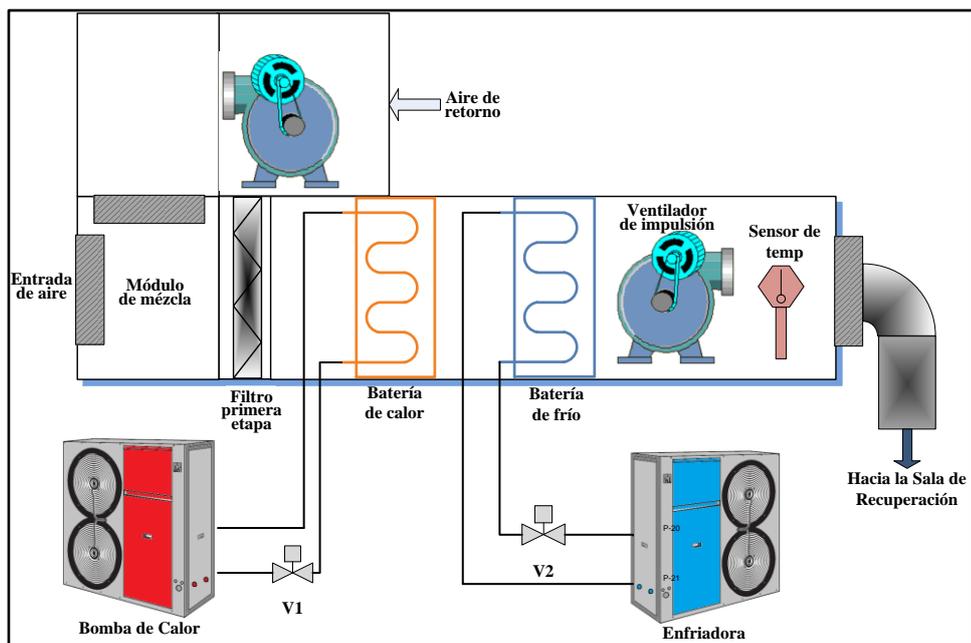


Figura 6.11. Esquema de la UTA de la Sala de Recuperación

Fuente: Elaborado por el investigador

Estas unidades de tratamiento de aire tanto para el Quirófano como para la Sala de Recuperación están provistas en la entrada de unas rejillas de toma de aire con compuertas manuales de regulación, una sección de mezcla de aire de retorno, un filtro de celdas como primer elemento de depuración de partículas, seguido de una

sección que contiene las baterías de intercambio térmico, tanto de calor como de frío, y además una bandeja de condensado. También disponen de una sección de ventilación luego de las baterías, la cual estará constituida por ventiladores centrífugos.

La UTA del Quirófano a diferencia de la unidad de tratamiento de la Sala de recuperación, posee una sección con un filtro de bolsas luego de la sección de ventilación para una depuración de partículas más compacta.

Como se mencionó anteriormente, se dispondrá de un módulo de retorno de aire para las dos áreas climatizadas, permitiendo que el aire de retorno se mezcle con el aire nuevo y permita proveer de la suficiente ventilación.

Una bomba de calor es la encargada de proveer agua caliente a la batería de calor y una enfriadora, de suministrar agua fría a la batería de frío; para de esta manera mantener al aire a una temperatura fija. El paso del agua desde la bomba de calor y enfriadora hacia las baterías es activado o desactivado mediante unas válvulas de solenoide de dos vías, las cuales están controladas a su vez por el controlador de temperatura.

El sensor de temperatura está ubicado entre los ductos de suministro y el filtro de bolsas con la finalidad de que el controlador determine las acciones necesarias para mantener la temperatura a los parámetros deseados. En este caso mantener una temperatura de 23 °C en el Quirófano y 24 °C en la Sala de Recuperación.

6.8.2.4 Circuito eléctrico de control

En la figura 6.12 se muestra el circuito esquemático de mando empleado para arrancar y detener el sistema de climatización.

El circuito de fuerza empleado para el arranque de los motores de suministro y retorno de aire se muestra en la figura 6.13.

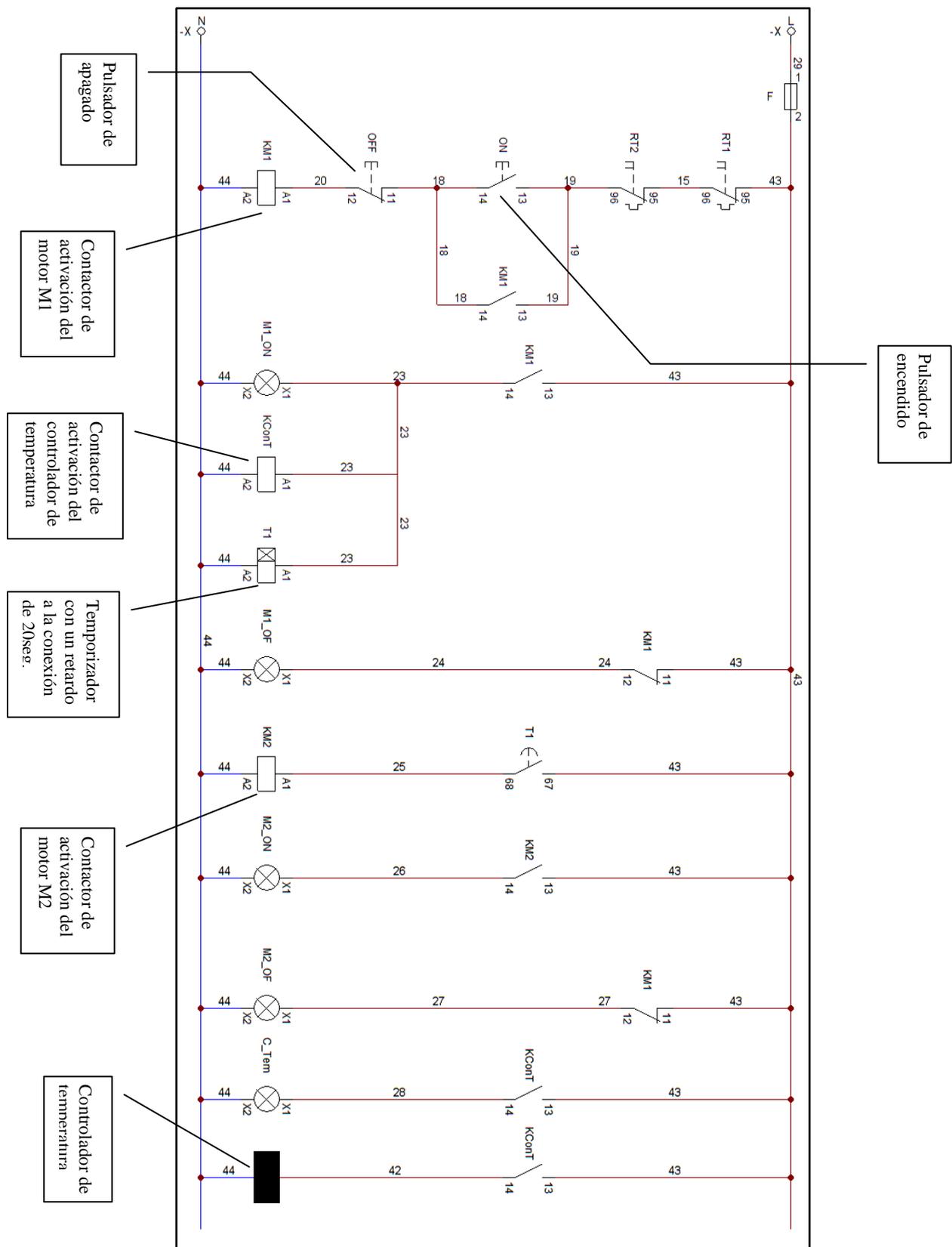


Figura 6.12. Circuito de mando
 Fuente: Elaborado por el investigador

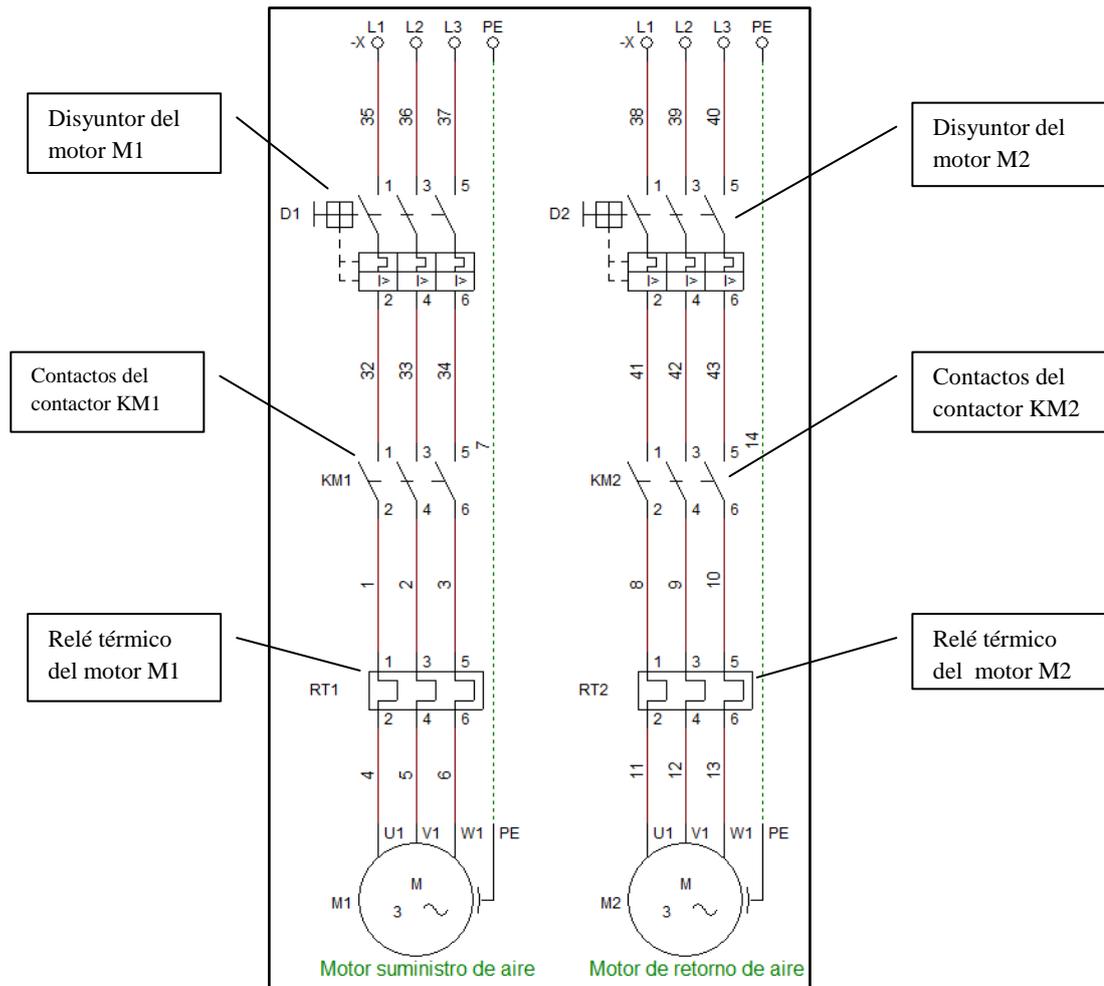


Figura 6.13. Circuito de fuerza
Fuente: Elaborado por el investigador

❖ Funcionamiento del circuito eléctrico de control

El funcionamiento del circuito de mando y el de fuerza se explican a continuación:

- Para el correcto funcionamiento se debe fijar siempre en activar los disyuntores “D1” y “D2” de los motores.
- Una vez activados los disyuntores y si los relés térmicos no se han activado, se procede a presionar el pulsador “ON” para que empiece a funcionar el sistema.
- Primero se activará el contactor “KM1”, encendiendo el motor de suministro de aire “M1”. Este a su vez activará la luz piloto “M1_ON” que

indica que se ha encendido correctamente el motor M1; también se activará el contactor “KConT” que es el encargado de encender al controlador de temperatura y su respectiva luz piloto “C_Tem”.

- Otro elemento que empieza a funcionar cuando se activa el contactor “KM1” es el temporizador “T1”. Este se tardará 20 segundos para activarse y cuando lo haga activará al contactor “KM2”, permitiendo encender el motor de retorno de aire “M2” y a su luz piloto “M2_ON”. Este tiempo de encendido es proporcionado para que las áreas a climatizar se mezclen con aire limpio y nuevo antes de ser extraído.
- Si cualquiera de los relés térmicos “RT1” y “RT2” están activados por algún motivo de sobrecarga de los motores, el sistema se apagará y se encenderán las luces pilotos “M1_OF” y “M2_OF”, indicando que el sistema sufrió una sobrecarga de corriente.
- Si se quiere volver a encender el sistema hay que esperar hasta que los relés térmicos se hayan reseteado, caso contrario así se presione el pulsador “ON” el sistema no se encenderá.
- Si se quiere realizar la parada forzada del funcionamiento del sistema deberá presionarse el pulsador “OFF”.
- Cabe indicar que el sistema dejará de funcionar solo en horas no laborables y cuando se quiera realizar el mantenimiento respectivo de las unidades.

En la figura 6.14 se muestra el diseño propuesto para la parte frontal del panel de control.

La distribución y conexiones entre los componentes de control ubicados en el interior del panel de control se pueden visualizar en la figura 6.15. Entre estos componentes internos están: contactor del motor M1 (KM1), contactor del motor M2 (KM2), contactor de activación del controlador de temperatura (KConT), temporizador (T1), disyuntores de los motores (D1 y D2), relés térmicos (RT1 y RT2).

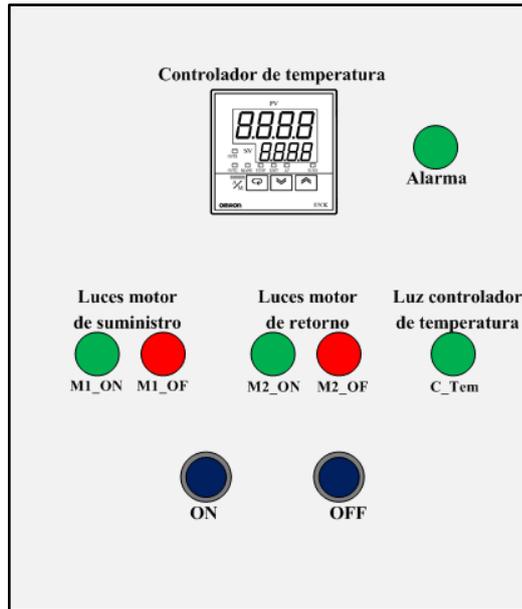


Figura 6.14. Panel de control
Fuente: Elaborado por el investigador

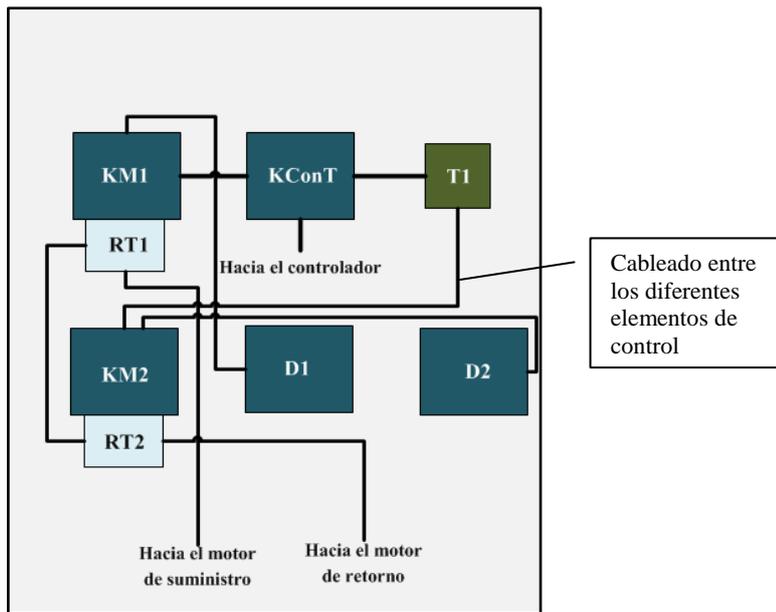


Figura 6.15. Componentes internos del panel de control
Fuente: Elaborado por el investigador

6.8.2.5 Cableado del controlador de temperatura Omron E5CK-AA1-500

Los elementos que van a conectarse hacia el controlador de temperatura son: la válvula de solenoide V1 y V2, el sensor de temperatura y una luz piloto, tal y como se muestra en la figura 6.16.

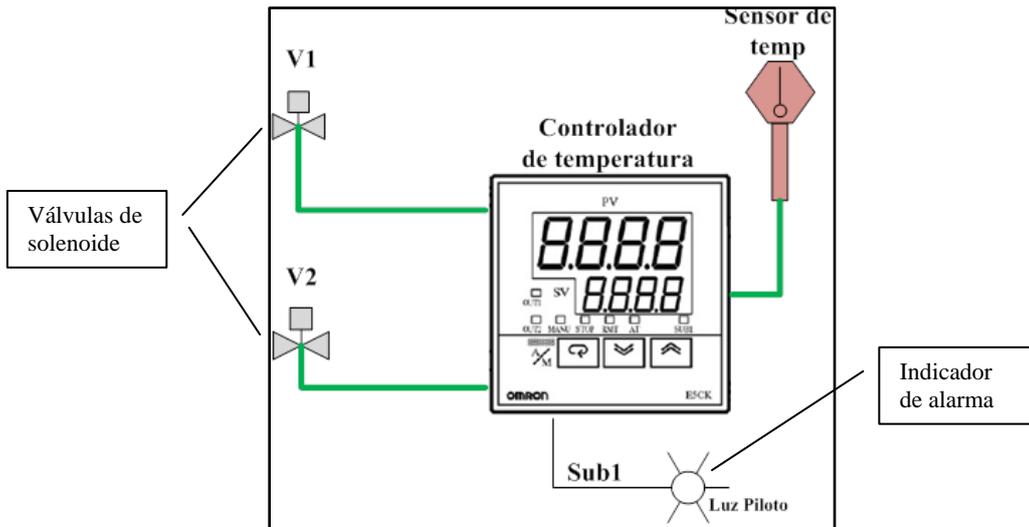


Figura 6.16. Conexión del controlador con los elementos externos

Fuente: Elaborado por el investigador

Los elementos externos antes mencionados deben conectarse en los terminales correspondientes al controlador de temperatura tal y como se muestra en la figura 6.17.

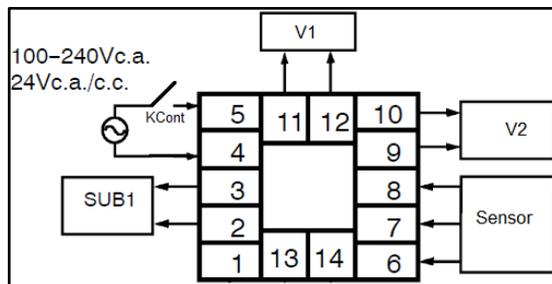


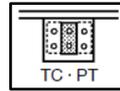
Figura 6.17. Terminales de conexión del controlador

Fuente: Elaborado por el investigador

- La alimentación debe conectarse a los terminales 4 y 5.
- La entrada debe ser conectada a los terminales 6 a 8. Como en este caso se va a emplear una termorresistencia de platino debe realizarse de la siguiente manera:



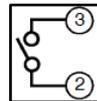
- Verificar que el puente para la selección de entrada esté en la posición común (TC/PT), la cual se emplea para entradas de termopar y termorresistencias.



- Los terminales 11 y 12 son para la salida de control 1; mientras los terminales 9 y 10 son para la salida de control 2. Las salidas a relé se muestran a continuación:



- Los terminales 3 y 2 son empleados para la salida auxiliar 1 (SUB 1). El circuito interno es el siguiente:

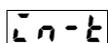


6.8.2.6 Configuración del controlador

Modo Setup

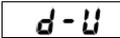
Presionar durante un segundo mínimo la tecla  y luego desplazándose con las teclas  o  seleccionar el modo setup [555]. Pulsar la tecla  para entrar en el modo setup.

Selección tipo de entrada



- Este es el primer parámetro de configuración del modo setup; que es el tipo de entrada [°C/°F]. Por defecto es “2”.
- Mediante la tecla  seleccionar la opción “1” que corresponde a una termorresistencia de platino.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Selección °C/°F



- Pulsar la tecla  hasta que nos muestre [d-U].
- Mediante las teclas  o  seleccionar [°C] o [°F]. Por defecto está activada la opción “C”.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Selección de especificaciones de salida

- Pulsar la tecla  hasta visualizar [OUT 1] para asignar la salida de control 1. El valor por defecto es [HEAT] así que hay que pulsar la tecla  para validarlo.
- A continuación el display cambia a [OUT 2] donde asignamos la salida de control 2. El parámetro por defecto es [RL - 1], pero se debe escoger mediante las teclas  o  la opción [COOL] “Cool”.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Selección tipo de alarma

- Al validar la salida de control 2, el display cambia a [SUB 1]. El valor por defecto es [RL - 2].
- Mediante la tecla  seleccionar [RL - 1].
- Pulsarla tecla  para validar la opción.

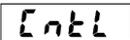
- Seguido, el display cambia a [RL ± !] (parámetro “tipo de alarma 1”). Por defecto se selecciona la opción “2: Alarma de límite superior”.
- Pulsar la tecla  para seleccionar “1: Alarma de límite superior e inferior”.
- Pulsar la tecla  durante un segundo para ir al display de menú y seleccionar el modo nivel 1.
- Ya en el modo nivel 1, pulsar la tecla  hasta que se visualice [RL - !] (parámetro de valor de alarma 1). En este caso cuando el punto de consigna exceda el ±10 %, se activará la alarma 1.
- A través del botón  seleccionar el valor “10.0”
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Cuando la alarma 1 se active, el contacto de la salida auxiliar se cerrará; caso contrario permanecerá abierto.

Modo expansión

Si se encuentra en otro modo, mantener presionado durante un segundo la tecla  para regresar al display de menú. Una vez ahí, mediante las teclas  o  localizar [E±] y presionar  durante un segundo para ingresar al primer parámetro de configuración de este modo.

Selección control PID/ ON/OFF



- Pulsar la tecla  hasta localizar [n±].
- Por defecto está seleccionada la opción [P d] (PID); como en este caso se requiere el control PID habrá que mantener esta opción.
- Pulsamos la tecla  para validar la opción.

Modo nivel 1

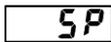
Si nos encontramos en otro modo, hay que mantener presionado durante un segundo la tecla  para regresar al display de menú. Una vez ahí, mediante las teclas  o  localizar [**L u - I**] y presionar  un segundo mínimo para ingresar al primer parámetro de configuración de este modo.

Auto-tuning (A.T.)



- Con auto-tuning, se seleccionan de manera automática los parámetros PID óptimos. Durante el auto-tuning parpadea el indicador AT.
- Este es el primer parámetro de configuración del modo de nivel 1. Por defecto este parámetro permanece en la opción [**o F F**], pero en nuestro caso al tratarse de un control calor y frío vamos a seleccionar la opción [**A t - 2**].
- Pulsamos la tecla  para validar la opción.

Cambiar el punto de consigna



- Para cambiar el punto de consigna, pulsar las teclas  o  para seleccionar el valor deseado. En este caso se seleccionará un valor de 23 en el controlador que se empleará en la UTA del Quirófano y un valor de 24 para el controlador empleado en la UTA de la Sala de Recuperación.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Coefficiente de frío y Banda muerta

- A continuación se muestra el parámetro [**L - 5 L**] (Coeficiente de frío). Por defecto tiene el valor “1.00”.

- Pulsar la tecla  hasta dar el valor “0.5”.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.
- Seguido se presenta el parámetro [$\text{L} - \text{db}$] (Banda muerta), cuyo valor por defecto es “0.00”, así que se debe mantener ese valor.
- Pulsar la tecla  para validar la opción.

Periodo de control calor y frío

- Un periodo de control más breve mejora la capacidad de control; pero, cuando se utiliza un relé para controlar una carga, se recomienda un periodo de control de 20 segundos como mínimos con la finalidad de prolongar la vida útil del producto.
- Pulsar la tecla  hasta visualizar [L P] (Periodo control calor); el cual tiene por defecto el valor 20, así que se debe mantenerlo. Con el parámetro [$\text{L} - \text{L P}$] (Periodo de control frío) haremos lo mismo; mantener el valor por defecto.

Modo Protección

- Pulsando durante al menos un segundo las teclas  y , el controlador entra en el modo protección [SE L r].
- El parámetro por defecto es “1”. Pulsar la tecla  para cambiar al valor “4”. Con esta selección solo se va a poder seleccionar las operaciones en el modo nivel 0 y en el display de menú no se visualiza el modo.
- Pulsando simultáneamente otra vez las teclas  y  durante un segundo mínimo, el display cambia al parámetro “monitorización PV/SP” (modo de nivel 0).

6.8.2.7 Cálculo de conductores y protecciones

Mediante éstos cálculos se dimensiona el conductor adecuado para la acometida principal y para cada una de las derivaciones de los motores de suministro y

extracción, bomba de calor y enfriadora empleados para el quirófano y la sala de recuperación, así como las respectivas protecciones para cada motor.

En la tabla 6.11 se muestran los valores de potencia y corriente nominal de los diferentes motores:

| Sistema | Carga | Potencia | I plena carga (A) |
|----------------------|----------------|----------|-------------------|
| Quirófano | Suministro | 2 HP | 7 |
| | Retorno | 0.75 HP | 2.9 |
| | Bomba de calor | 2.97 KW | 18 |
| | Enfriadora | 3.8 KW | 18 |
| Sala de recuperación | Suministro | 1.5 HP | 5 |
| | Retorno | 0.5 HP | 1.9 |
| | Bomba de calor | 2.97 KW | 18 |
| | Enfriadora | 3.8 KW | 18 |

Tabla 6.11. Potencia y corriente nominal de equipos

Fuente: Elaborado por el investigador

❖ Para el Quirófano

➤ Calibre del alimentador

$$I = 1.25 * I_{(\text{motor mayor})} + \sum I_{(\text{otros motores})} + \sum I_{(\text{otras cargas})}$$

$$I = 1.25 * 7 + 2.9 + 18 + 18$$

$$I = 49.4 \text{ A}$$

Según la tabla del anexo A8 sobre la ampacidad de los conductores, se tiene que el calibre del conductor del alimentador es: 6AWG.

➤ Protección y calibre del motor de suministro

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * I$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * 7$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 12.25 \text{ A}$$

Para esta corriente emplear un disyuntor de 12A.

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 1.25 * 7$$

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 8.75\text{A}$$

Con esta corriente es necesario emplear un rel\u00e9 t\u00e9rmico de 10A.

Seg\u00fan esta corriente se va a emplear un conductor de calibre 14 AWG.

➤ **Protecci\u00f3n y calibre del motor de retorno**

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * I$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * 2.9$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 5.1\text{A}$$

Para esta corriente emplear un disyuntor de 6A.

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 1.25 * 2.9$$

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = 3.6\text{A}$$

Con esta corriente es necesario emplear un rel\u00e9 t\u00e9rmico de 4A.

Seg\u00fan esta corriente hay que emplear un conductor de calibre 16AWG.

➤ **Protecci\u00f3n y calibre de la bomba de calor**

$$I = 1.25 * I$$

$$I = 1.25 * 18$$

$$I = 22.5\text{A}$$

Para esta corriente emplear un breaker de 25A.

Seg\u00fan esta corriente hay que emplear un conductor de calibre 12 AWG.

➤ **Protección y calibre de la enfriadora**

Al tener una misma corriente que la bomba de calor, se debe emplear un breaker de 25A un conductor de calibre 12 AWG.

❖ **Para la Sala de Recuperación**

➤ **Calibre del alimentador**

$$I = 1.25 * I_{(\text{motor mayor})} + \sum I_{(\text{otros motores})} + \sum I_{(\text{otras cargas})}$$

$$I = 1.25 * 5 + 1.9 + 18 + 18$$

$$I = 44.15\text{A}$$

Para esta corriente instalar un conductor de calibre: 6 AWG.

➤ **Protección y calibre del motor de suministro**

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * I$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * 5$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 8.75 \text{ A}$$

Para esta corriente emplear un disyuntor de 10A.

$$I_{\text{térmico}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{térmico}} = 1.25 * 5$$

$$I_{\text{térmico}} = 6.25 \text{ A}$$

Con esta corriente es necesario emplear un relé térmico de 8A.

Según esta corriente se va a emplear un conductor de calibre 14 AWG.

➤ **Protección y calibre del motor de extracción**

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * I$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 1.75 * 1.9$$

$$I_{\text{disyuntor}} = 3.3\text{A}$$

Para esta corriente emplear un disyuntor de 4A.

$$I_{\text{térmico}} = 1.25 * I$$

$$I_{\text{térmico}} = 1.25 * 1.9$$

$$I_{\text{térmico}} = 2.4\text{A}$$

Con esta corriente es necesario emplear un relé térmico de 3A.

Según esta corriente se tiene que emplear un conductor de calibre 16 AWG.

➤ **Protección y calibre de la bomba de calor**

Como es similar a la bomba de calor del quirófano, emplear un breaker de 25A y un conductor de calibre 12 AWG.

➤ **Protección y calibre de la enfriadora**

Al poseer las mismas características de la bomba de calor, se debe emplear un breaker de 25A y un conductor de calibre 12 AWG.

❖ **Acometida**

Corriente total: \sum corrientes-alimentador

Corriente total: $49.4+44.15 = 93.6 \text{ A}$

Conductor: 2 AWG (TW)

En la figura 6.18 se presenta un diagrama del calibre de los cables utilizados para la conexión entre los diferentes equipos del sistema de climatización.

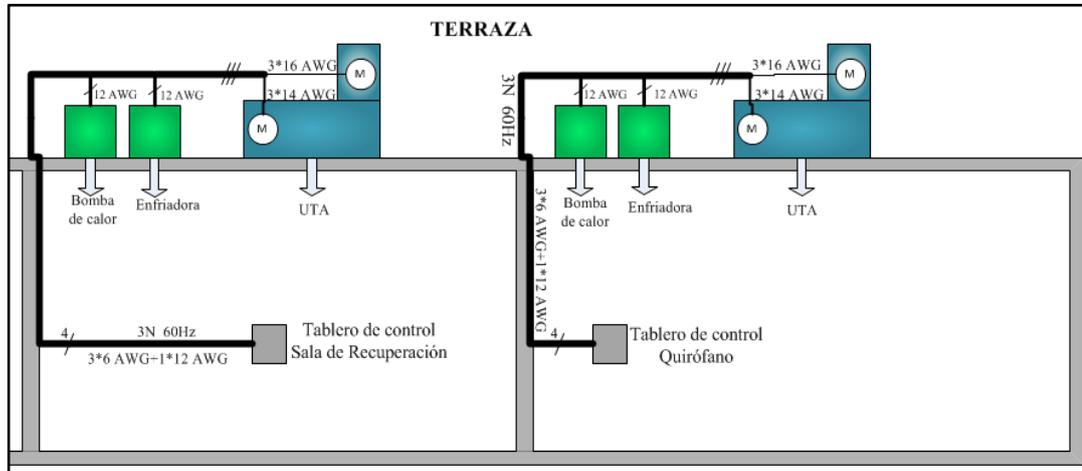


Figura 6.18. Diagrama unifilar
Fuente: Elaborado por el investigador

6.8.2.8 Presupuesto

Para el presupuesto del proyecto se analizan todos los aspectos como: costos de equipos y costo de instalación.

❖ Costo de Equipos

Los equipos fueron seleccionados de acuerdo a la calidad y confiabilidad que presentan, es así que para los equipos de climatización se optó por elegir productos de la marca Carrier, que son aquellos con mayor demanda a nivel mundial debido a su eficiencia. Para el control de la temperatura se eligió equipos de la marca Omron que son de los de mayor desempeño en este ámbito y para las diversas operaciones de control se optó por elementos de la marca CHINT, empresa que en la actualidad se ha convertido en un gigante en cuanto a la elaboración de materiales eléctricos con un alto nivel de calidad.

Los costos de los equipos fueron obtenidos de catálogos empresariales para el mes de marzo, por lo que pueden estar sujetos a cambios.

La unidad de tratamiento de aire para el Quirófano es de la marca Carrier, modelo 39LC06GA-EDCAFK-B7 y sus costos se describen en la tabla 6.12.

| Equipo | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Sección de mezcla de aire 41" x 28" x 46" | c/u | 1 | 1277.00 | 1277.00 |
| Sección de filtro plano 20" x 20" | c/u | 1 | 322.00 | 322.00 |
| Sección horizontal de baterías/ventilador para refrigeración y calefacción 50" x 28" x 46" | c/u | 1 | 4100.00 | 4100.00 |
| Motor de 2 HP 1800 RPM | c/u | 1 | 470.00 | 470.00 |
| Batería calefacción 4.7 pies cuadrados, 2 filas | c/u | 1 | 1709.00 | 1709.00 |
| Batería enfriamiento 4.7 pies cuadrados, 4 filas | c/u | 1 | 1750.00 | 1750.00 |
| Total | | | | 9628.00 |

Tabla 6.12. Costos de la UTA para el Quirófano

Fuente: Elaborado por el investigador

Los costos para la unidad de tratamiento de aire para la Sala de Recuperación marca Carrier, modelo 39LC03GA-CBDADF-B7 se muestran en la tabla 6.13.

| Equipo | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Sección de mezcla de aire 26" x 24" x 38" | c/u | 1 | 1155.00 | 1155.00 |
| Sección de filtro plano 16" x 16" | c/u | 1 | 269.00 | 269.00 |
| Sección horizontal de baterías/ventilador para refrigeración y calefacción 30" x 24" x 38" | c/u | 1 | 3000.00 | 3000.00 |
| Motor de 1.5 HP 1800 RPM | c/u | 1 | 400.00 | 400.00 |
| Batería calefacción 2.7 pies cuadrados, 2 filas | c/u | 1 | 1529.00 | 1529.00 |
| Batería enfriamiento 2.7 pies cuadrados, 4 filas | c/u | 1 | 1580.00 | 1580.00 |
| Total | | | | 7933.00 |

Tabla 6.13. Costos de la UTA para la Sala de Recuperación

Fuente: Elaborado por el investigador

En la tabla 6.14 se presentan los costos para las enfriadoras y las bombas de calor utilizados en la conexión con las unidades de tratamiento de aire de las dos salas.

| Equipo | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|---|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Enfriadora de agua de condensación por aire Carrier30RA-007 | c/u | 2 | 5201.00 | 10402.00 |
| Bomba de calor Carrier 30RH-007 | c/u | 2 | 5293.75 | 10587.50 |
| Total | | | | 20989.50 |

Tabla 6.14. Costos de la enfriadora y bomba de calor

Fuente: Elaborado por el investigador

La tabla 6.15 contiene los costos de los elementos de control utilizados en el diseño del sistema.

| Equipo | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Controlador de procesos Omron E5CK | c/u | 2 | 560.00 | 1120.00 |
| PT100 para aire acondicionado | c/u | 2 | 72.00 | 144.00 |
| Luces pilotos | c/u | 6 | 1.60 | 9.60 |
| Pulsadores tipo hongo NO y NC | c/u | 2 | 1.80 | 3.60 |
| Válvula de solenoide 1" N/C | c/u | 4 | 150.00 | 600.00 |
| Contactores 4 HP | HP | 6 | 8.00 | 48.00 |
| Disyuntores 12A, 10A, 4A | A | 4 | 24.00 | 96.00 |
| Temporizador de 10-120 seg | c/u | 2 | 20.00 | 40.00 |
| Relé térmico de 10,4,8,3 A | A | 4 | 11.00 | 44.00 |
| Breaker 25A | A | 4 | 11.00 | 44.00 |
| Total | | | | 2149.20 |

Tabla 6.15. Costos de los elementos de control

Fuente: Elaborado por el investigador

El costo total de los equipos se indica en la tabla 6.16.

| Ítem | Costo total |
|----------------------------------|--------------------|
| UTA para el Quirófano | 9628.00 |
| UTA para la Sala de Recuperación | 7933.00 |
| Enfriadoras y bombas de calor | 20989.50 |
| Elementos de control | 2149.20 |
| Total | 40699.70 |

Tabla 6.16. Costo total de los equipos
Fuente: Elaborado por el investigador

❖ **Costos de mano de obra**

Los costos por mano de obra tendrán un valor de \$4069.97 equivalente al 10% del costo de los equipos. Este valor se justifica, ya que el proyecto tiene un grado de dificultad moderado, debido a que se tiene previsto realizar adecuaciones físicas para la colocación de los equipos, montaje de los equipos, conexiones eléctricas, configuración de equipos y pruebas de funcionamiento.

❖ **Costo total de la Obra**

El costo total de la obra se describe en la tabla 6.17.

| Detalles | Costo total |
|-----------------------|--------------------|
| Costo de equipos | 40699.70 |
| Costo de mano de obra | 4069.97 |
| Subtotal | 44769.40 |
| 10 % imprevistos | 4476.94 |
| Total | 49246.34 |

Tabla 6.17. Costo total de la obra
Fuente: Elaborado por el investigador

6.9 ADMINISTRACIÓN DE LA PROPUESTA

6.9.1 Aspecto operativo

Para determinar a tiempo cualquier falla antes de que se produzca una avería en el sistema es necesario que se realice un correcto mantenimiento preventivo, analizando los parámetros de funcionamiento más importantes de cada una de las unidades de tratamiento de aire (climatizadores) de las dos salas, así como a los

equipos y accesorios empleados en el proceso de climatización. Estos mantenimientos preventivos y de acuerdo al tipo de equipo pueden realizarse con periodicidad mensual y otras trimestral, semestral y anual.

Mediante esta forma no solo conseguiremos disminuir las posibles averías en el sistema, sino también reduciremos los costos en el mantenimiento del Hospital.

❖ **Mantenimiento de equipos**

El mantenimiento completo de los equipos de climatización generalmente se los realiza cada 3 o 6 meses. Estos equipos incluyen la UTA, la enfriadora, la bomba de calor y los accesorios.

Para un óptimo mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, se recomienda como primer punto, una inspección visual para detectar posibles averías causadas por impactos físicos, desprendimiento de la pintura, corrosión del metal, roturas, fugas existentes, los cuales tienen que ser señalados para su posterior reparación.

Para el mantenimiento de la enfriadora y bombas de calor es necesario revisar los manuales respectivos, para no causar ningún daño y realizar un correcto mantenimiento.

A medida que se ponga en funcionamiento el sistema eléctrico y electrónico, pueden producirse inconvenientes en su funcionamiento, para ello se debe aplicar los correctivos necesarios que permitan continuar con su operación. Los procedimientos que se debería seguir en caso de existir algún problema en su funcionamiento son:

- Si se quiere arrancar el sistema y se fija que no empieza a trabajar ningún componente, se tiene que revisar en primera instancia que el fusible del sistema eléctrico de control se encuentre en buen estado, seguido de

comprobar que se hayan activado los disyuntores y además que los relés térmicos estén en buen estado.

- Si se comprueba que el fusible del sistema eléctrico de control se encuentra en buen estado al igual que los disyuntores y aun así no trabajan los motores ni el controlador de temperatura, se deben revisar los contactores, el temporizador y sus respectivos contactos; en el caso de probar que no funcionan se deben reemplazar de inmediato.
- Las luces pilotos son muy importantes para determinar si el sistema funciona o no, pero puede darse el caso que todo esté funcionando con normalidad y sin embargo las luces pilotos no se activen, entonces es necesario que se compruebe que los cables estén bien conectados a los terminales y si no hay respuesta se deberá proceder a sustituirlos.
- El controlador de temperatura es un componente fundamental, por tal razón si se observa que no está operando, se tiene que revisar si los contactores y contactos están en buen estado, si los cables conectados a los terminales están bien sujetos. Si revisado esto, aún no hay respuesta por parte del controlador de temperatura se deberá proceder a llamar a un técnico especializado para que pueda determinar si es necesario cambiarlo.
- Puede existir la posibilidad de que todos los elementos estén en buen estado y funcionando, pero aun así los motores no estén trabajando, entonces se deberá revisarlos y repararlos ya que seguramente tienen una avería interna, caso contrario convendrá reemplazarlos.

En el anexo A6 se muestra un formulario de registro donde se debe tomar apuntes de los correctivos ejecutados, materiales empleados y las observaciones que se ha realizado.

❖ **Mantenimiento de filtros de aire**

El cambio de los filtros de los climatizadores viene determinado por la pérdida de carga debido a la saturación de los mismos, causado por la acumulación de

suciedad. Se aconseja cambiar los filtros una vez al año, sin embargo es conveniente realizar una revisión semestral del estado de los mismos.

En cuanto a la limpieza de los mismos pues es recomendable realizarlo cada 15 días, ya que siempre va a existir suciedad que disminuya la higiene de la UTA. Para empezar a efectuar la limpieza de los filtros, tendremos que apagar los equipos de climatización, evitar tocar las partes metálicas cuando se remuevan los filtros para evitar hacernos algún corte, y además no emplear agua en el interior de la unidad para proteger de posibles descargas eléctricas.

Se puede emplear una aspiradora para remover el polvo, un cepillo para mayor eficiencia, detergentes y desinfectantes especiales para limpieza de filtros. Por último debemos dejar secar en un lugar fresco y seco, lejos de fuentes de calor ya que podrían deformar al filtro.

6.9.2 Aspecto logístico

Para llevar a cabo el mantenimiento de la climatización es necesario que se contrate a una persona capacitada para tal efecto. En el caso de que ya exista una persona encargada de operaciones de mantenimiento en el hospital y no tenga conocimientos respecto de sistemas de climatización se deberá capacitarle.

6.9.3 Aspecto económico

El personal encargado de la manipulación del sistema debe percibir un sueldo, el cual tiene como base la remuneración básica unificada publicada en Registro Oficial N° 358 para el año 2011.

En la tabla 6.18 se indican los costos que debe percibir el trabajador.

| Descripción | Ingreso mensual (\$) |
|--------------------------------------|----------------------|
| Remuneración básica mínima unificada | 264.00 |
| Fondo de reserva | 22.00 |
| Aporte al IESS (11.15%) | 29.43 |
| Costo total del trabajador | 315.43 |

Tabla 6.18. Costo mensual del personal

Fuente: Hospital Municipal de Ambato

En la tabla 6.19 se detallan los gastos mensuales para mantenimiento preventivo.

| Material | Unidad | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|----------------------------------|--------|----------|----------------|--------------|
| Desinfectante líquido | gl | 1 | 12.50 | 12.50 |
| Detergente en polvo | gr | 1 | 1.50 | 1.50 |
| Guantes | c/par | 1 | 0.80 | 0.80 |
| Esponja | c/u | 5 | 0.50 | 2.50 |
| Cepillo | c/u | 2 | 1.00 | 2.00 |
| Grasa sintética para lubricación | gr | 1 | 5.00 | 5.00 |
| Total | | | | 24.30 |

Tabla 6.19. Gastos para mantenimiento preventivo

Fuente: Elaborado por el investigador

Para mantener operativo al sistema de climatización, se debe tener en cuenta el gasto para pago al personal y para el mantenimiento preventivo del sistema. En la tabla 6.20 se describen los valores de estos gastos.

| Servicio | Costo (\$) |
|--------------------------|---------------|
| Personal | 315.43 |
| Mantenimiento Preventivo | 24.30 |
| Total | 339.73 |

Tabla 6.20. Costos de operación

Fuente: Elaborado por el investigador

El mantenimiento es un gasto necesario para realizar los respectivos correctivos y cambios de elementos del sistema que estén averiados. Cabe indicar que el valor de mantenimiento es un valor aproximado y que puede alterarse de acuerdo al nivel de daño que se identifique en el sistema de control y climatización.

Es necesario recalcar también que si se requiere la capacitación de la persona encargada de la operación del sistema, se tendrá un gasto de aproximadamente \$250, para un curso de 32 horas de duración sobre sistemas de aire acondicionado. Este valor fue obtenido de la empresa Corfopym.

6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En lo posterior se puede someter al sistema a mejoras con la finalidad de poder llevar a cabo un mejor desempeño. Las mejoras que podrían realizarse son las siguientes:

- Colocar sensores térmicos en lugares estratégicos para poder determinar la temperatura a la que está sometida la habitación climatizada, de tal manera que mediante las acciones del dispositivo controlador se consiga distribuir uniformemente la temperatura deseada.
- Ubicar sensores de presión en los filtros de aire, con la finalidad de que el personal encargado del manejo del sistema de climatización pueda determinar con el debido tiempo si éstos requieren limpieza o a su vez un reemplazo.
- Diseñar un software de monitoreo y control que permita manipular los valores de temperatura, visualizar alarmas de fallo, gráficas estadísticas del control de temperatura y registros de temperaturas.

6.11 BIBLIOGRAFÍA

6.11.1 Libros

Control

- W. Bolton (2001). Ingeniería de Control, 2da. Edición. Alfaomega. México D.F.

- KAMMERER, Josef; LAMPARTER, Hans-Peter; NEIDEL, Michael; OBERTHÜR, Wolfgang; PIEGSA, Johanes; SIEDLER, Hans-Jobst y ZASTROW, Peter (1992). Curso de Electrónica III. Don Bosco. Cuenca.
- ROJAS, Luis Felipe (2007). Controladores PID Comerciales. Universidad de Costa Rica.
- CREUS SOLÉ, Antonio (1999). Instrumentación Industrial, 6ta. Edición. Alfaomega. Bogotá.

Climatización

- CALVO VILLAMARIN, T. y GALDON TRILO, F. (2003). Curso de Mantenedor de Calefacción Climatización y A.C.S, 4ta. Edición. El Instalador. Madrid.
- HERNANDEZ CALLEJA, A. (1998). Enciclopedia de la Salud y Seguridad en el Trabajo, 4ta. Edición. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Madrid.
- QUADRI, N. (2001). Sistemas de Aire Acondicionado, 1ra. Edición. Alsina Editorial. Buenos Aires.
- ASHRAE (2003). HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics. Atlanta, Georgia.

6.11.2 Direcciones Web

Sistemas en lazo abierto/cerrado

- Recuperado el 2 de septiembre del 2010 de,
http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema2/pags/la_lc/lalc.htm

Sintonización de controladores

- Recuperado el 28 de Abril de 2011 de,
<http://prof.usb.ve/montbrun/sintonizacion%20controladores%20sep07.pdf>

Controladores PID

- Recuperado el 15 de septiembre del 2010 de,
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/control1/web/Apuntes/PID.pdf>

Microcontroladores

- Recuperado el 30 de abril del 2011 de,
http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf
- Recuperado el 30 de abril del 2011 de,
<http://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Despra del%20Novas%20Pe%C3%B1a.pdf>
- Recuperado el 30 de abril del 2011 de,
<http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>

PLC

- Recuperado el 2 de mayo del 2011 de,
<http://es.scribd.com/doc/33712622/2-Plc>

PT100

- Recuperado el 25 de septiembre del 2010 de,
<http://www.ingecozs.com/pt100.pdf>

Ventajas y desventajas de termocuplas y RTD

- Recuperado el 26 de septiembre del 2010 de,
http://solucionesdobin.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=40

Sensores de temperatura

- Recuperado el 25 de septiembre del 2010 de,
<http://www.lfp.uba.ar/fiibg/labo/tp7.pdf>

Temperatura

- Recuperado el 20 de septiembre del 2010 de,
http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/

Criterios de diseño de sistemas eléctricos y ambientales

- Recuperado el 10 de septiembre del 2010 de,
<http://www.aeih.org/ih/Congresos/Congreso-22/DocTexto/A5-1.pdf>

LM35

- Recuperado el 5 de marzo del 2011 de,
<http://www.ucontrol.com.ar/wiki/index.php?title=LM35>

Válvulas de Solenoide

- Recuperado el 25 de noviembre del 2010 de,
<http://profesores.elo.utfsm.cl/~jgb/CARVALLOVARGASc.pdf>
- Recuperado el 25 de noviembre del 2010 de,
http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt_cap_07.pdf

Elementos electromecánicos

- Recuperado el 20 de febrero del 2011 de,
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%>

20electricidad/Controles%20Electromecanicos/elementos%20electromecanicos.pdf

Temporizador

- Recuperado el 18 de febrero del 2011 de,
<http://www.construmatica.com/construpedia/Temporizador>

Cargas térmicas

- Recuperado el 5 de diciembre del 2010 de,
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/849/84911639023.pdf>

Bomba de calor

- Recuperado el 6 de diciembre del 2010 de,
<http://es.scribd.com/doc/28461891/Aplicacion-de-La-Termodinamica-en-Equipos>

ASHRAE

- Recuperado el 10 de diciembre del 2010 de,
<http://medlibrary.org/medwiki/ASHRAE>

Climatización Hospitalaria

- Recuperado el 10 de diciembre del 2010 de,
<http://www.leetu.com/2009/11/27/climatizacion-hospitalaria/>

Climatización de Quirófanos

- Recuperado el 11 de diciembre del 2010 de,
<http://www.arqhys.com/arquitectura/climatizacion-quiroyfanos.html>

Controlador de temperatura

- Recuperado el 2 de mayo del 2011 de,
http://industrial.omron.es/es/products/catalogue/control_components/temperature_controllers/digital_process_controllers/e5_k_e5_k_t/default.html
- Recuperado el 2 de mayo del 2011 de,
- <http://www.atcon.cl/descargas/un-lazo/E5CK-E5EK-5AK/MANUAL-DE-OPERACIONES-E5CK.pdf>

ANEXOS

A1. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA TECHOS

| | | Techo suspendido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 13 | 101,6 mm de madera con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento | 83 (88) | 0.602 (0.443) | 21 | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 11 | 10 | 9 | 9 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 23 | 24 | 23 | 22 | 22 | 9 | 24 | 15 | | |
| 1 | Chapa de acero con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento | 44 (49) | 0.761 (0.522) | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -3 | 0 | 5 | 13 | 20 | 28 | 35 | 40 | 43 | 43 | 41 | 37 | 31 | 23 | 15 | 10 | 7 | 5 | 3 | 15 | -3 | 43 | 46 | |
| 2 | 25,4 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento | 49 | 0.653 | 11 | 8 | 6 | 5 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 | 31 | 33 | 35 | 34 | 32 | 28 | 24 | 20 | 17 | 14 | 17 | 1 | 35 | 34 | |
| 3 | 101,6 mm l.w. de hormigón | 97 | 0.761 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 6 | 10 | 16 | 21 | 27 | 31 | 34 | 36 | 36 | 34 | 30 | 26 | 21 | 17 | 13 | 17 | 0 | 36 | 36 | |
| 4 | 50,8 mm h.w., de hormigón con 25,4 mm. aislamiento | 146 | 0.744 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 | 8 | 7 | 7 | 8 | 9 | 11 | 14 | 17 | 19 | 22 | 24 | 25 | 26 | 26 | 25 | 23 | 21 | 20 | 18 | 18 | 7 | 26 | 19 | |
| 5 | 25,4 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento | 49 | 0.471 | 14 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 6 | 10 | 14 | 18 | 23 | 27 | 30 | 31 | 32 | 31 | 29 | 26 | 22 | 19 | 16 | 18 | 3 | 32 | 30 | |
| 6 | 152,4 mm l.w. hormigón | 127 | 0.619 | 18 | 15 | 13 | 11 | 9 | 7 | 6 | 4 | 4 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 20 | 24 | 27 | 29 | 30 | 30 | 28 | 26 | 23 | 20 | 20 | 4 | 30 | 26 | |
| 7 | 63,5 mm de madera con 25,4 mm de aislamiento | 73 | 0.545 | 19 | 18 | 16 | 14 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 17 | 19 | 21 | 23 | 24 | 23 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 8 | 25 | 17 | |
| 8 | 203,2 mm l.w. hormigón | 161 | 0.528 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 13 | 11 | 10 | 9 | 8 | 8 | 9 | 11 | 14 | 16 | 19 | 21 | 23 | 23 | 25 | 25 | 24 | 23 | 20 | 8 | 25 | 17 | | |
| 9 | 101,6 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento | 259 (264) | 0.727 (0.511) | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 11 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 19 | 11 | 21 | 10 |
| 10 | 63,5 mm de madera con 50,8 mm de aislamiento | 73 | 0.409 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 23 | 22 | 22 | 21 | 21 | 10 | 23 | 13 | |
| 11 | Sistema de techo bajo terraza | 376 | 0.466 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 18 | 18 | 19 | 18 | 18 | 18 | 21 | 12 | 19 | 7 |
| 12 | 152,4 mm h.w. de hormigón con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento | 376 (376) | 0.710 (0.499) | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 18 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 20 | 12 | 19 | 7 | |
| 13 | 101,6 mm de madera con 25,4 mm (o 50,8 mm) de aislamiento | 93 (97) | 0.465 (0.363) | 20 | 19 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20 | 20 | 20 | 23 | 12 | 20 | 8 | |

A2. COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR PARA PAREDES

COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K. MUROS DE MAÑPOSTERÍA*
VERANO — INVIERNO
 kcal/h·m²·°C

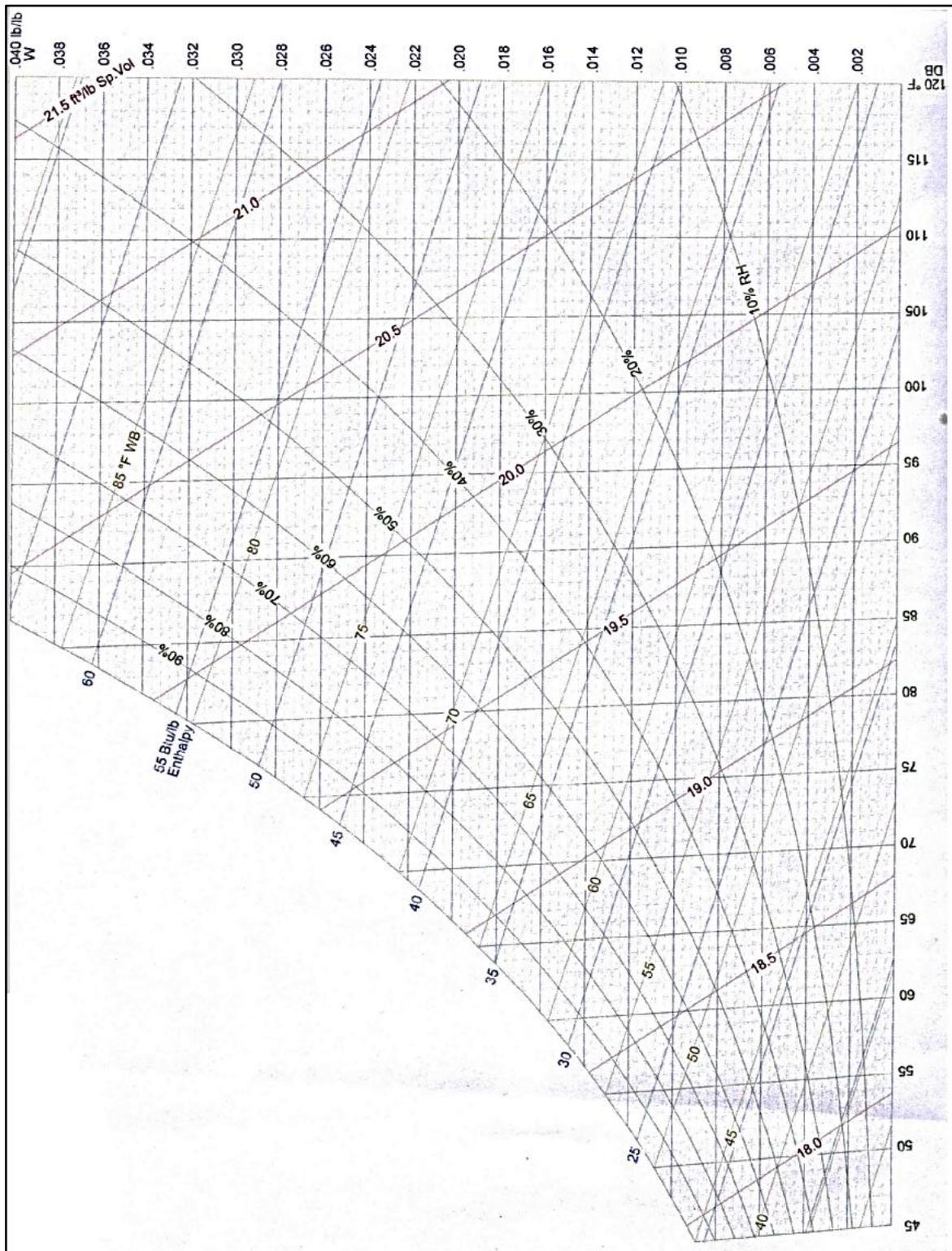
Los números entre paréntesis corresponden a pasos por m². El peso total por m² es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento

| TIPO DE CONSTRUCCIÓN | ESPESOR (cm) y peso (kg/m ²) | REVESTIMIENTO INTERIOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | Ninguno | Revoque de yeso 10 mm (10) | Enlucido 15 mm | | Entramado metálico sobre fierro | | Yeso 10 mm o entramado madera sobre fierro | | Panel aislante sin enlucido o con enlucido sobre fierro | | | | | | | | | | |
| | | | | De arena (30) | Ligero (15) | Enlucido de arena 20 mm (35) | Enlucido ligero 20 mm (15) | Enlucido de arena 12 mm (35) | Enlucido ligero 12 mm (10) | Panel de 12 mm (10) | Panel de 25 mm (20) | | | | | | | | | |
| LADRILLO MACIZO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perzamiento y ordinario | 20 (425) 30 (600) 40 (946) | 2,34 1,71 1,32 | 2,00 1,51 1,22 | 2,20 1,61 1,27 | 2,00 1,46 1,22 | 1,51 1,22 1,02 | 1,37 1,12 0,93 | 1,42 1,12 0,98 | 1,32 1,07 0,93 | 1,07 0,93 0,78 | 1,07 0,93 0,78 | 1,02 0,88 0,73 | 0,88 0,68 0,59 | | | | | | | |
|  Ordinario solamente | 20 (391) 30 (586) 40 (781) | 2,00 1,51 1,22 | 1,76 1,37 1,12 | 1,90 1,46 1,17 | 1,71 1,32 1,12 | 1,37 1,12 0,93 | 1,27 1,07 0,88 | 1,27 1,07 0,88 | 1,22 1,02 0,88 | 1,02 0,88 0,78 | 1,02 0,88 0,78 | 0,73 0,68 0,59 | | | | | | | | |
| ADQUINES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 20 (483) 30 (732) 40 (976) 60 (1466) | 3,27 2,68 2,29 1,76 | 2,68 2,29 2,00 1,56 | 3,07 2,54 2,20 1,71 | 2,59 2,25 1,95 1,56 | 1,90 1,66 1,51 1,27 | 1,66 1,51 1,37 1,17 | 1,71 1,51 1,37 1,17 | 1,56 1,42 1,32 1,12 | 1,27 1,17 1,07 0,93 | 1,27 1,17 1,07 0,93 | 0,88 0,83 0,78 0,73 | | | | | | | | |

A3. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA CRISTALES

| TIPO DE VIDRIO | PANTALLA | PERSIANAS VENECIANAS INTERIORES | | | PERSIANAS VENECIANAS EXTERIORES | | PERSIANAS EXTERIOR | | CORTINA EXTERIOR DE TELA | |
|---------------------------------------|-------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|--------------------|-------------|--------------------------|------|
| | | Listones horizontales o verticales inclinados 45° O CORTINAS DE TELA | Listones horizontales inclinados 45° | Listones horizontales inclinados 45° | Listones inclinados 17° (horizontales) | Circulación de aire arriba y lateralmente | | | | |
| | Color claro | Color medio | Color oscuro | Color claro | Exterior claro Interior oscuro | Color medio claro | Color oscuro | Color claro | Color medio u oscuro | |
| VIDRIO SENCILLO ORDINARIO | 1,00 | 0,56 | 0,65 | 0,75 | 0,15 | 0,13 | 0,22 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| VIDRIO SENCILLO 6 mm | 0,94 | 0,56 | 0,65 | 0,74 | 0,14 | 0,12 | 0,21 | 0,14 | 0,19 | 0,24 |
| VIDRIO ABSORBENTE***** | | | | | | | | | | |
| Coefficiente de absorción 0,40 a 0,48 | 0,80 | 0,56 | 0,62 | 0,72 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,20 |
| Coefficiente de absorción 0,48 a 0,56 | 0,73 | 0,53 | 0,59 | 0,62 | 0,11 | 0,10 | 0,16 | 0,11 | 0,15 | 0,18 |
| Coefficiente de absorción 0,56 a 0,70 | 0,62 | 0,51 | 0,54 | 0,56 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,10 | 0,12 | 0,16 |
| VIDRIO DOBLE | | | | | | | | | | |
| Vidrios ordinarios | 0,90 | 0,54 | 0,61 | 0,67 | 0,14 | 0,12 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,22 |
| Vidrios de 6 mm | 0,80 | 0,52 | 0,59 | 0,65 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,20 |
| Vidrio interior ordinario | | | | | | | | | | |
| Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56 | 0,52 | 0,36 | 0,39 | 0,43 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,13 |
| Vidrio interior de 6 mm | | | | | | | | | | |
| Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56 | 0,50 | 0,36 | 0,39 | 0,43 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,12 |
| VIDRIO TRIPLE | | | | | | | | | | |
| Vidrio ordinario | 0,83 | 0,48 | 0,56 | 0,64 | 0,12 | 0,11 | 0,18 | 0,12 | 0,16 | 0,20 |
| Vidrio de 6 mm | 0,69 | 0,47 | 0,52 | 0,57 | 0,10 | 0,10 | 0,15 | 0,10 | 0,14 | 0,17 |
| VIDRIO PINTADO | | | | | | | | | | |
| Color claro | 0,28 | | | | | | | | | |
| Color medio | 0,39 | | | | | | | | | |
| Color oscuro | 0,50 | | | | | | | | | |
| VIDRIO DE COLOR***** | | | | | | | | | | |
| Amarillo | 0,70 | | | | | | | | | |
| Rojo oscuro | 0,56 | | | | | | | | | |
| Azul | 0,60 | | | | | | | | | |
| Grn | 0,32 | | | | | | | | | |
| Grn-verde | 0,46 | | | | | | | | | |
| Opalescente claro | 0,43 | | | | | | | | | |
| Opalescente oscuro | 0,37 | | | | | | | | | |

A4. CARTA PSICOMÉTRICA



A5. Ganancias de calor debido al alumbrado

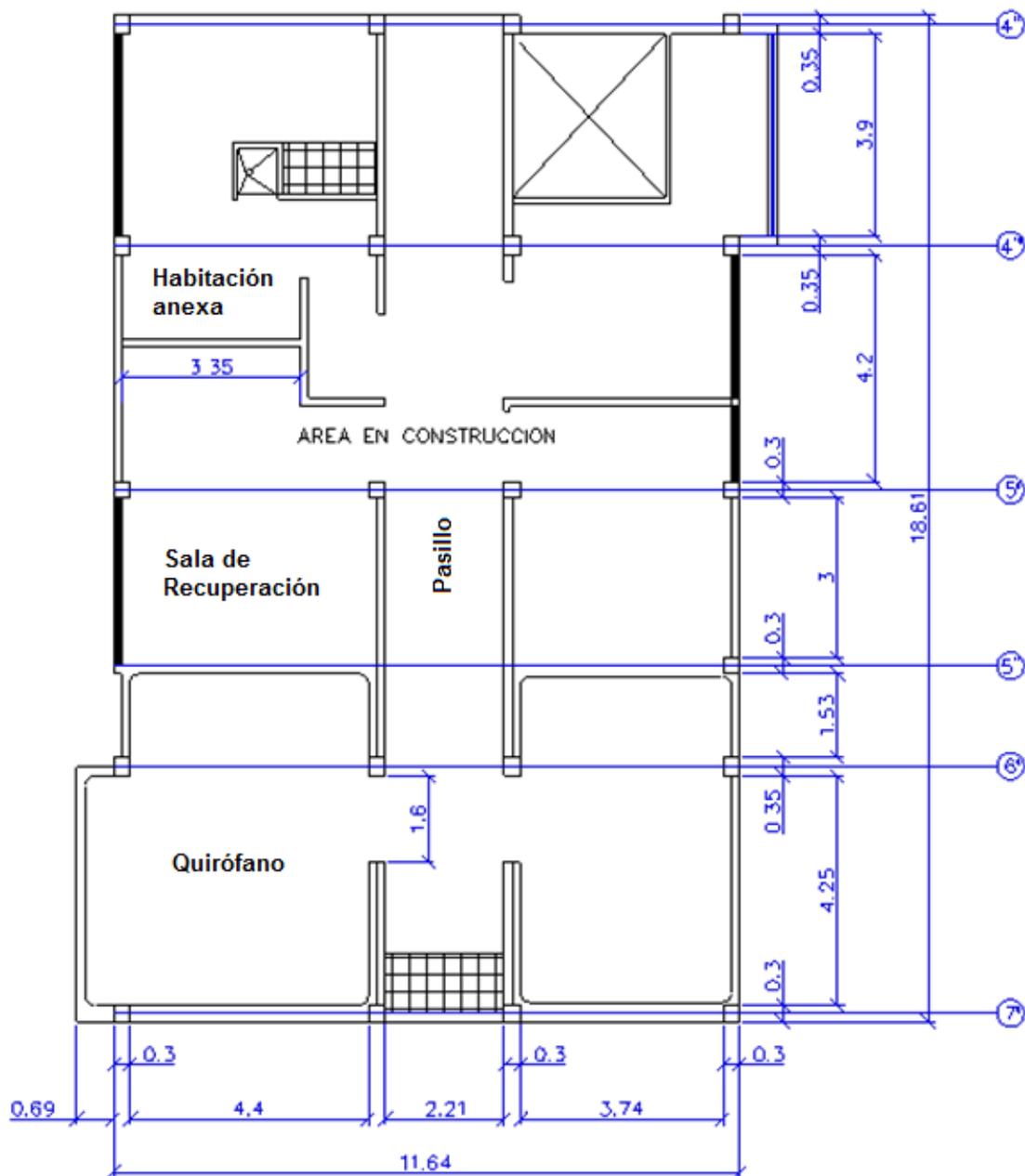
FACTORES DE ALMACENAMIENTO DE LA CARGA. GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS AL ALUMBRADO*
 Luces en funcionamiento durante 10 horas**, con equipo de acondicionamiento funcionando 12, 16 y 24 horas.
 Temperatura del local constante

| Alumbrado (fluorescente o incandescente) empotrado en falso techo que sirve de retorno de cámara de pleno | Duración de funcionamiento de instalación | Peso (***) (kg/m ² de superficie de suelo) | NÚMERO DE HORAS TRANSCURRIDAS DESDE QUE SE ENCIENDEN LAS LUCES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | | | | | | | | |
| | | | Alumbrado fluorescente empotrado o incandescente no empotrado | | Alumbrado fluorescente Aparato no empotrado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alumbrado fluorescente empotrado o incandescente no empotrado | 12 | 750 y más | 0,63 | 0,90 | 0,91 | 0,93 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 500 | 0,57 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,96 | 0,96 | 0,97 | 0,36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 150 | 0,42 | 0,86 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | 750 y más | 0,58 | 0,75 | 0,79 | 0,80 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,39 | 0,35 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | | | | | | |
| | | 500 | 0,46 | 0,73 | 0,78 | 0,82 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,40 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,20 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | | | | | | | |
| | | 150 | 0,22 | 0,69 | 0,80 | 0,86 | 0,89 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,35 | 0,23 | 0,16 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | 24 | 750 y más | 0,34 | 0,55 | 0,61 | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,74 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,35 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,11 | | | | | | | |
| | | 500 | 0,24 | 0,56 | 0,63 | 0,68 | 0,72 | 0,75 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,84 | 0,86 | 0,40 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,20 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | | | | | | | |
| | | 150 | 0,17 | 0,65 | 0,77 | 0,84 | 0,88 | 0,92 | 0,94 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,35 | 0,23 | 0,16 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | 12 | 750 y más | 0,69 | 0,86 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 500 | 0,58 | 0,85 | 0,88 | 0,88 | 0,90 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,95 | 0,48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 150 | 0,40 | 0,81 | 0,88 | 0,91 | 0,93 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 0,99 | 0,35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 750 y más | 0,23 | 0,33 | 0,41 | 0,47 | 0,52 | 0,57 | 0,61 | 0,66 | 0,69 | 0,72 | 0,74 | 0,74 | 0,59 | 0,52 | 0,46 | 0,42 | 0,37 | 0,34 | 0,31 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | | | | | | | | |
| | 500 | 0,17 | 0,33 | 0,44 | 0,52 | 0,56 | 0,61 | 0,66 | 0,69 | 0,74 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,60 | 0,51 | 0,44 | 0,37 | 0,32 | 0,30 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | | | | | | | | |
| | 150 | 0 | 0,48 | 0,66 | 0,76 | 0,82 | 0,87 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,52 | 0,34 | 0,24 | 0,16 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| 24 | 750 y más | 0,57 | 0,64 | 0,68 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,78 | 0,78 | 0,59 | 0,52 | 0,46 | 0,42 | 0,37 | 0,34 | 0,31 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | | | | | | | | |
| | 500 | 0,47 | 0,60 | 0,67 | 0,72 | 0,74 | 0,77 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 | 0,82 | 0,60 | 0,51 | 0,44 | 0,37 | 0,32 | 0,30 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | | | | | | | | | |
| | 150 | 0,07 | 0,53 | 0,70 | 0,78 | 0,84 | 0,88 | 0,91 | 0,93 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,52 | 0,34 | 0,24 | 0,16 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| 12 | 750 y más | 0,75 | 0,79 | 0,83 | 0,84 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,93 | 0,93 | 0,75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 500 | 0,68 | 0,77 | 0,81 | 0,84 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,89 | 0,92 | 0,93 | 0,93 | 0,93 | 0,72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | 0,34 | 0,72 | 0,82 | 0,87 | 0,89 | 0,92 | 0,95 | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,52 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A6. FORMULARIO DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO

| HOSPITAL MUNICIPAL “NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED” | | |
|--|---|--------|
| PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | |
| ÁREA: | | |
| EQUIPO: Unidad de Tratamiento de Aire | | |
| N° DE INVENTARIO TÉCNICO: | | |
| TÉCNICO DE MANTENIMIENTO: | | |
| FECHA DE REALIZACIÓN: | | |
| N° | GAMAS DE MANTENIMIENTO | ÓPTIMO |
| 1 | Medición del voltaje y consumo eléctrico en cada fase. | |
| 2 | Lubricación de los motores | |
| 3 | Limpieza de las bandejas de condensación | |
| 4 | Limpieza del circuito y terminales eléctricos | |
| 5 | Medición de la temperatura de suministro | |
| 6 | Comprobación de ausencia de ruidos extraños en los motores y ventiladores | |
| 7 | Revisión de funcionamiento de las válvulas de paso del agua | |
| 8 | Comprobación del estado de los elementos de control (contactores, relés térmicos) | |
| 9 | Comprobación del funcionamiento del Sistema de control | |
| 10 | Revisión del estado de los filtros de la UTA | |
| 11 | Revisión del estado de las baterías de intercambio térmico | |
| Materiales Sustituídos: | | |
| Observaciones: | | |
| Firma del técnico: | | |

A7. PLANO DE CONSTRUCCIÓN



DATOS DEL CABLE

| Calibre AWG ⁰ MCM | Construcción | | Ø del conductor (mm) | Espesor aislamiento (mm) | Ø Aprox. Externo (mm) | Peso total aprox. (Kg/Km) | | Ampacidad (A) | | | Conductores en conduit | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------|---------------|---------------|---------------|------------------------|----------------|
| | Nº de Hilos | Ø hilo (mm) | | | | TW | THW | TW (60°C) | THW (75°C) | MTW (90°C) | Ø conduit (pulg) | Nº de cond. |
| 14 | 1 | 1,628 | 1,63 | 0,80 | 3,25 | 27 | 27 | 20 | 20 | - | 1/2 | 8 |
| 12 | 1 | 2,052 | 2,05 | 0,80 | 3,65 | 39 | 39 | 25 | 25 | - | 1/2 | 6 |
| 10 | 1 | 2,588 | 2,59 | 0,80 | 4,20 | 58 | 58 | 30 | 35 | - | 1/2 | 5 |
| 8 | 1 | 3,264 | 3,26 | 1,18 | 5,65 | 96 | 97 | 40 | 50 | - | 3/4 | 5 |
| 14 | 7 | 0,615 | 1,85 | 0,80 | 3,45 | 28 | 28 | 20 | 20 | - | 1/2 | 8 |
| 12 | 7 | 0,775 | 2,33 | 0,80 | 3,95 | 41 | 42 | 25 | 25 | - | 1/2 | 6 |
| 10 | 7 | 0,978 | 2,93 | 0,80 | 4,55 | 62 | 62 | 30 | 35 | - | 1/2 | 5 |
| 8 | 7 | 1,234 | 3,70 | 1,18 | 6,05 | 102 | 103 | 40 | 50 | - | 3/4 | 5 |
| 6 | 7 | 1,554 | 4,66 | 1,58 | 7,85 | 165 | 166 | 55 | 65 | - | 3/4 | 3 |
| 4 | 7 | 1,961 | 5,88 | 1,58 | 9,05 | 247 | 248 | 70 | 85 | - | 1 | 3 |
| 2 | 7 | 2,474 | 7,42 | 1,58 | 10,60 | 374 | 376 | 95 | 115 | - | 1 1/4 | 4 |
| 1/0 | 19 | 1,89 | 9,20 | 2,08 | 13,35 | 589 | 592 | 125 | 150 | 125 | 1 1/2 | 3 |
| 2/0 | 19 | 2,13 | 10,35 | 2,08 | 14,50 | 732 | 735 | 145 | 175 | 145 | 1 1/2 | 3 |
| 3/0 | 19 | 2,39 | 11,60 | 2,08 | 15,75 | 905 | 908 | 165 | 200 | 165 | 2 | 4 |
| 4/0 | 19 | 2,68 | 13,00 | 2,08 | 17,15 | 1120 | 1123 | 195 | 230 | 195 | 2 | 3 |
| 250 | 37 | 2,09 | 14,20 | 2,45 | 19,10 | 1335 | 1339 | 215 | 255 | 215 | 2 | 3 |
| 300 | 37 | 2,29 | 15,55 | 2,45 | 20,45 | 1582 | 1587 | 240 | 285 | 240 | 2 1/2 | 4 |
| 350 | 37 | 2,47 | 16,80 | 2,45 | 21,70 | 1824 | 1829 | 260 | 310 | 260 | 2 1/2 | 4 |
| 400 | 37 | 2,64 | 17,95 | 2,45 | 22,85 | 2068 | 2073 | 280 | 335 | 280 | 2 1/2 | 3 |
| 500 | 37 | 2,95 | 20,05 | 2,45 | 24,95 | 2552 | 2317 | 320 | 380 | 320 | 2 1/2 | 3 |
| 600 | 61 | 2,52 | 22,00 | 2,45 | 26,90 | 3035 | 3041 | 355 | 420 | 355 | 3 | 3 |
| 750 | 61 | 2,82 | 24,65 | 2,85 | 30,35 | 3814 | 3822 | 400 | 475 | 400 | 3 | 3 |
| 1000 | 61 | 3,25 | 28,40 | 2,85 | 34,10 | 5005 | 5015 | 455 | 545 | 455 | 3 1/2 | 3 |

① Ampacidad no más de 3 conductores en ductos a temperatura ambiente de 30°C (86°F). Según tabla 310-16 de National Electrical Code (TW y THW) y tabla 11 de Electrical Standard for Industrial Machinery – NF PA 79-1994 (MTW).

② Máximo números de conductores en tubería metálica. Tabla C1 del National Electrical Code.

Opciones: Cables contramarcados UL o MTW, a solicitud del cliente.

A9. SIGNIFICADO DE LOS ÍNDICES DE PROTECCIÓN

❖ Significado de la primera cifra

| Cifra | Grado de protección | |
|-------|---|---|
| | Descripción abreviada | Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente |
| 0 | No protegida | Sin protección particular |
| 1 | Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm. |
| 2 | Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm. | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm. |
| 3 | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm. | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm. |
| 4 | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm. | Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm. |
| 5 | Protegida contra la penetración de polvo | No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo. |
| 6 | Totalmente estanco al polvo | Ninguna entrada de polvo. |

❖ Significado de la segunda cifra

| Cifra | Grado de protección | |
|-------|--|---|
| | Descripción abreviada | Tipo de protección proporcionada por la envolvente |
| 0 | No protegida | Sin protección particular |
| 1 | Protegida contra la caída vertical de gotas de agua | La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales |
| 2 | Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15° | Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal |
| 3 | Protegida contra la lluvia fina (pulverizada) | El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales |
| 4 | Protegida contra las proyecciones de agua | El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales |
| 5 | Protegida contra los chorros de agua | El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales |