



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

## **TESIS**

**DISEÑO DE CONTROL ELECTRÓNICO DE UN  
AUTOCLAVE DE VAPOR.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**P R E S E N T A :**

**PÁVEL ADOLFO FIGUEROA RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR:**

**JUAN MANUEL GÓMEZ GONZÁLEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ABRIL DE 2014**



**Agradecimientos:**

A todos los involucrados gracias por su apoyo

# Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Descripción del problema .....</b>	<b>1</b>
Importancia del servicio de una autoclave .....	1
Obsolescencia de un producto y posibles soluciones.....	2
<b>Objetivo.....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1. Marco teórico .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Principios termodinámicos .....</b>	<b>4</b>
Termodinámica .....	4
Sistema, alrededores, frontera y propiedades .....	4
Equilibrio termodinámico y ley cero de la termodinámica .....	6
Estados de un sistema.....	7
Proceso, trayectoria y ciclo .....	9
Primera ley de la termodinámica.....	11
Calor y entalpia .....	12
Segunda ley de la termodinámica.....	12
La ecuación de estado de un gas ideal.....	14
Vapor de agua y algunas de sus propiedades.....	15
Vapor de agua y agua en fase líquida como fuentes de energía térmica y mecánica.....	16
La caldera .....	17
<b>1.2 Esterilización.....</b>	<b>18</b>
Tipos de agentes esterilizantes.....	19
Esterilización por calor .....	21
Respuesta a la destrucción por calor de los organismos termofílicos .....	22
<b>1.3 La autoclave de vapor .....</b>	<b>23</b>
Esterilización por calor húmedo .....	23
Remoción de aire y llenado de vapor.....	25
Exposición.....	28
Secado .....	28
<b>1.4 Microcontroladores.....</b>	<b>29</b>

Composición de un procesador .....	30
Memoria .....	30
Arquitectura .....	32
Puertos .....	33
Módulos .....	33
Familia .....	34
Acoplamientos, transductores, sensores y actuadores.....	34
<b>Capítulo 2. Proceso de diseño de temporizador electrónico para autoclave de vapor .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1 Análisis funcional del subsistema a reemplazar .....</b>	<b>36</b>
Caracterización eléctrica.....	40
Caracterización mecánica.....	41
<b>2.2 Requerimientos para el reemplazo .....</b>	<b>44</b>
Requerimientos en la interfaz de usuario.....	44
Requerimientos electrónicos.....	44
Requerimientos de las piezas mecánicas.....	45
<b>2.3 Modelado de las partes que constituyen el temporizador electrónico.....</b>	<b>46</b>
Modelo mecánico de la interfaz de usuario.....	46
Modelo electrónico de la interfaz de usuario y control .....	49
Modelos mecánicos y eléctricos para la etapa de actuadores y de módulos de entrada AC.....	53
Modelo del programa control .....	57
<b>Capítulo 3 Pruebas y resultados .....</b>	<b>61</b>
<b>3.1 Pruebas sobre las etapas electrónicas.....</b>	<b>61</b>
<b>3.2 Integración del sistema .....</b>	<b>67</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>71</b>

# Índice de figuras

Figura 1.1 Sistemas cerrados y abiertos.....	5
Figura 1.2 Equilibrio térmico después de un lapso $\Delta t$ .....	6
Figura 1.3 Ley cero de la termodinámica.....	7
Figura 1.4 Dos estados de un mismo sistema.....	8
Figura 1.5 Proceso termodinámico.....	9
Figura 1.6 Proceso reversible.....	10
Figura 1.7 Proceso cíclico.....	11
Figura 1.8 Curva de supervivencia exponencial.....	22
Figura 1.9 Curva de supervivencia con sobrepaso.....	23
Figura 1.10 Diagrama simplificado de una autoclave de vapor.....	25
Figura 1.11 Desplazamiento de aire.....	26
Figura 1.12 Prevaciado.....	27
Figura 1.13 Sistema embebido.....	29
Figura 1.14 Interior de un procesador.....	30
Figura 1.15 Diagrama de una memoria.....	31
Figura 1.16 Interacciones de un microcontrolador.....	35
Figura 2.1 Panel frontal.....	37
Figura 2.2 Parte posterior del panel frontal.....	37
Figura 2.3 Fuelle e interruptor.....	39
Figura 2.4 Interruptores en la válvula de distribución.....	39
Figura 2.5 Temporizador mecánico.....	40
Figura 2.6 Diagrama eléctrico del temporizador mecánico.....	41
Figura 2.7 Pieza soporte.....	42
Figura 2.8 Pieza circular.....	43
Figura 2.9 Unión de pieza soporte y circular.....	43
Figura 2.10 Requerimientos electrónicos.....	45
Figura 2.11 Pieza soporte del temporizador electrónico.....	47
Figura 2.12 Tarjeta de interfaz de usuario.....	48
Figura 2.13 Interfaz de usuario preliminar.....	48
Figura 2.14 Modelo de tarjeta electrónica de interfaz de usuario y control.....	51
Figura 2.15 Diagrama esquemático de la interfaz de usuario.....	52
Figura 2.16 Tarjeta intermedia.....	53
Figura 2.17 Tarjeta posterior.....	54
Figura 2.18 Modelo preliminar de la etapa de actuadores.....	54

<i>Figura 2.19 Modelo preliminar de la tarjeta de módulos de entrada AC</i> .....	55
<i>Figura 2.20 Diagrama esquemático de la etapa de actuadores</i> .....	56
<i>Figura 2.21 Diagrama esquemático de la etapa de módulos de entrada AC</i> .....	56
<i>Figura 2.22 Diagrama de estados del temporizador electrónico</i> .....	58
<i>Figura 2.23 Diagrama de estados con detección de errores en los módulos de entrada AC</i> .....	59
<i>Figura 2.24 Diagrama de estados de establecer tiempo de esterilización</i> .....	60
<i>Figura 3.1 Tarjeta módulo de entrada AC prototipo</i> .....	61
<i>Figura 3.2 Tarjeta de actuadores prototipo</i> .....	62
<i>Figura 3.3 Mesa de prueba para el sistema acoplado eléctricamente</i> .....	64
<i>Figura 3.4 Salida de los módulos de entrada AC en ausencia de señal</i> .....	64
<i>Figura 3.5 Inicio del sistema</i> .....	65
<i>Figura 3.6 Señal en el gate del transistor driver del display derecho</i> .....	65
<i>Figura 3.7 Señal en el gate del transistor driver del display izquierdo</i> .....	66
<i>Figura 3.8 Salidas de los módulos de entrada AC durante el conteo</i> .....	66
<i>Figura 3.9 Señal en el gate del transistor driver del display izquierdo durante el conteo</i> .....	67
<i>Figura 3.10 Integración de las tarjetas electrónicas</i> .....	67
<i>Figura 3.11 Control electrónico</i> .....	68
<i>Figura 3.12 Prueba en autoclave</i> .....	69

## **Índice de tablas**

<i>Tabla 1.1 Ejemplos de propiedades intensivas y extensivas</i> .....	5
<i>Tabla 1.2 Comparativo de la capacidad térmica específica del agua en fase líquida saturada y vapor saturado</i> .....	16
<i>Tabla 1.3 Clasificación según grado de descontaminación</i> .....	18
<i>Tabla 1.4 Clasificación según resistencia del material</i> .....	19
<i>Tabla 1.5 Ventajas y desventajas de algunos agentes esterilizantes</i> .....	20
<i>Tabla 1.6 Temperatura de entalpia específicas del vapor saturado a determinada presión</i> .....	24
<i>Tabla 2.1 Opciones del selector</i> .....	38
<i>Tabla 2.2 Opciones de la válvula de distribución</i> .....	38
<i>Tabla 2.3 Salidas del temporizador mecánico</i> .....	41

<i>Tabla 2.4 Opciones de reemplazo para los elementos de entrada y salida de información .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 2.5 Entradas y salidas digitales.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 2.6 Salidas de la máquina de estados. ....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2.7 Entradas de la máquina de estados.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 2.8 Entradas y salidas.....</i>	<i>58</i>

# Introducción

## Descripción del problema

Un equipo de esterilización tiene un enorme impacto en el servicio que presta. Una renovación no sólo representa el costo de la nueva unidad, si no también, si se trata de equipos de dimensiones grandes<sup>1</sup>, son necesarias inversiones en la instalación, capacitación de personal y tiempo de no prestación de servicio.

La auto clave de vapor KRBF-2038-VE puede funcionar en modo automático gracias al control de tiempo de esterilización que ofrece el temporizador mecánico que posee, sin embargo dicho dispositivo ya no está disponible en el mercado por lo que se corre el riesgo de obsolescencia completa debido sólo a una pequeña parte del total del equipo, esto representa además el desembolso económico para su renovación.

## Importancia del servicio de una autoclave

La esterilización es de vital importancia para eliminar microorganismos que pudiesen contaminar un ambiente o material y causar infecciones, en el ámbito hospitalario, esta práctica se debe aplicar para cumplir los niveles de asepsia que se necesiten cada en área.

Distintos procedimientos harán que se garantice el estado estéril de un material. Uno de ellos es contar con equipo de esterilización en buenas condiciones, esto último se logra renovando el equipo cuando su vida útil esté terminada y/o contar con las refacciones necesarias para mantenimientos correctivos, además de realizar mantenimientos preventivos.

---

<sup>1</sup> Para la clasificación por tamaños de autoclaves de vapor y otras revisar el volumen 4 de *cédulas de especificaciones técnicas 2007* publicado por CENETEC salud



## Obsolescencia de un producto y posibles soluciones

La vida útil de un producto se puede dar por terminada cuando:

1. El mercado no ofrece refacciones o consumibles necesarios para su trabajo.
2. La tecnología con la que trabaje incumple con alguna norma.
3. Cuando el costo de operación supera, en cierto periodo de tiempo, al costo de otro equipo con mejor tecnología.
4. Cuando su desempeño no satisface las necesidades actuales.

Cuando la vida útil de un equipo ha terminado, es posible extenderla mediante la complementación tecnológica, cuyo objetivo es integrar nueva tecnología a un determinado equipo; esta alternativa es viable cuando:

- Se cuenta con escasos recursos para la renovación completa.
- Un subsistema o un grupo pequeño de ellos son los causantes de la obsolescencia, pero no la totalidad.

Un posible beneficio es la integración de nuevas funcionalidades.

Cuando se opta por la complementación tecnológica se deben identificar los subsistemas por reemplazar, pudiendo ser tecnología existente que necesite adaptarse o un diseño para desarrollar; los pasos para este último deben ser:

1. Análisis funcional del subsistema a reemplazar
2. Identificar los requerimientos para el reemplazo
3. Seleccionar los conceptos más relevantes de los requerimientos del reemplazo
4. Desarrollar un concepto operacional alrededor de los requerimientos seleccionados
5. Identificar los requerimientos derivados
6. Diseñar la integración

7. Pruebas y evaluaciones por separado para las partes que constituyen el reemplazo
8. Integrar el sistema y evaluarlo

## **Objetivo**

Diseñar un control electrónico de ciclos de esterilización que sustituya funcionalmente a uno mecánico para el funcionamiento de una autoclave de vapor.

# Capítulo 1.

## Marco teórico

### 1.1 Principios termodinámicos

#### Termodinámica

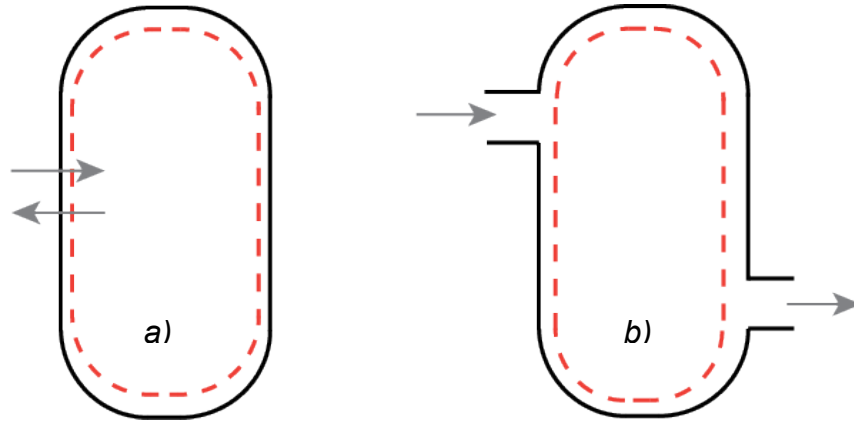
La termodinámica es la ciencia que estudia la energía y sus interacciones con la materia, también puede definirse como la *ciencia de la energía, sus transformaciones relacionadas con el trabajo y el calor*. Ejemplo de esta transformación es una reacción química en donde existe un **estado** inicial de un reactante, después se obtiene un producto, éste representa el cambio en la sustancia y puede tener lugar en una combustión dentro del motor que mueve un autobús o la obtención de energía a partir del **trifosfato de adenosina (ATP)**.

#### Sistema, alrededores, frontera y propiedades

Un **sistema** es la entidad elegida para el análisis, puede ser cualquier grupo de materia (sólido, gas o líquido) separada de sus alrededores por una **frontera** que puede ser una barrera física o imaginaria.

Un sistema a su vez puede ser considerado abierto o cerrado dependiendo si elegimos una masa fija o un volumen fijo, un **sistema cerrado** (masa de control) es aquel cuya masa es invariante, ninguna otra atraviesa las fronteras, sólo la energía en forma de calor o trabajo, cuando en éste no existe incluso intercambio de calor o trabajo a través de su frontera, se considera un **sistema aislado** ( $W = Q = 0$ ). Un **sistema abierto** (volumen de control) es una región en el espacio, a través de cuya frontera suele haber intercambio de masa (flujo másico).

En la *figura 1.1* se muestra a) un sistema cerrado en donde existe intercambio de calor o trabajo pero no de masa. b) sistema abierto en donde el volumen permanece constante.



**Figura 1.1** Sistemas cerrados y abiertos

Toda característica de un sistema se denomina **propiedad**, pueden ser medidas directamente u obtenidas a partir de otras, éstas se categorizan en extensivas o intensivas; son **propiedades intensivas** aquellas independientes de la masa, como temperatura, presión y densidad, éstas tienen el mismo valor si se toma todo el sistema o sólo una parte. Las **propiedades extensivas** dependen de la masa; su valor para el sistema entero es la suma de los valores de la propiedad para todos los elementos pequeños. La *tabla 1.1* enlista algunas propiedades intensivas y extensivas con sus unidades.

Propiedades intensivas		Propiedades extensivas	
$p \left[ \frac{N}{m^2} \right]$	Presión	$m[kg]$	Masa
$T[K]$	Temperatura	$V[m^3]$	Volumen
$v \left[ \frac{m^3}{kg} \right]$	Volumen específico	$U[kJ]$	Energía interna
$u \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$	Energía interna específica	$H[kJ]$	Entalpia
$h \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$	Entalpia específica	$S \left[ \frac{kJ}{K} \right]$	Entropía

**Tabla 1.1** Ejemplos de propiedades intensivas y extensivas.

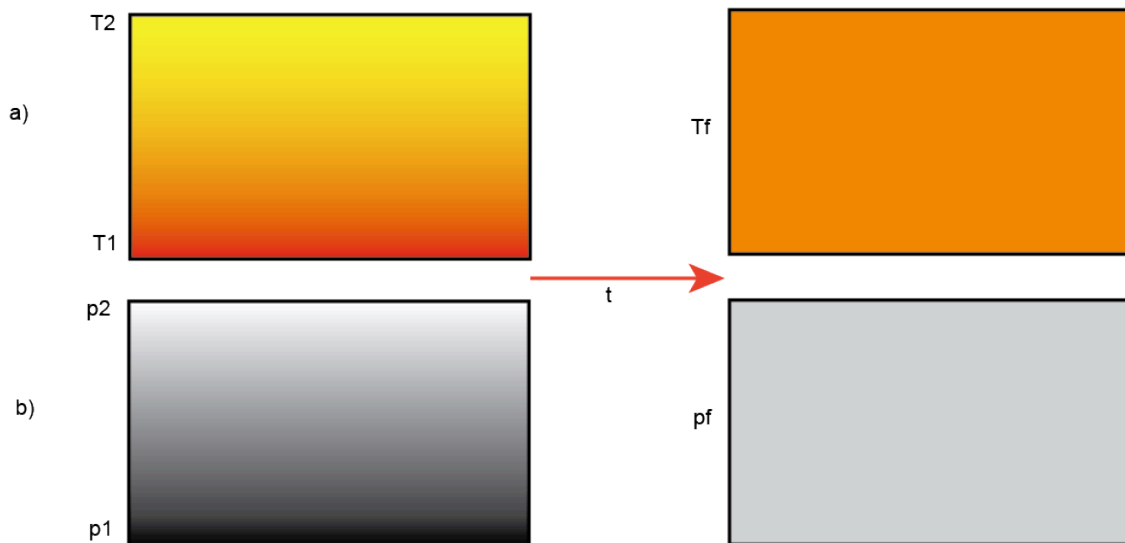
## Equilibrio termodinámico y ley cero de la termodinámica

El **equilibrio termodinámico** implica que existe un equilibrio **térmico, mecánico y químico** simultáneamente.

El equilibrio térmico significa que la temperatura es igual en todo el sistema, no existe por lo tanto gradiente de temperatura alguno impulsor de energía en forma de calor.

El equilibrio mecánico se refiere a una presión constante y uniforme, finalmente el equilibrio químico se refiere a una composición química constante y uniforme, la *figura 1.2* muestra:

- a) El gradiente de temperatura y el equilibrio térmico después de un lapso  $\Delta t$
- b) Gradiente de presión y el resultado después de un tiempo  $t$



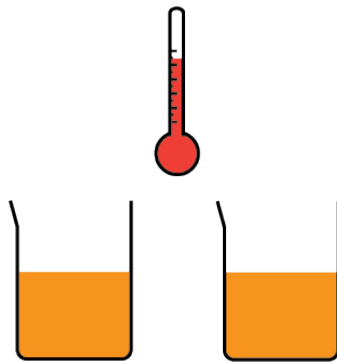
**Figura 1.2** Equilibrio térmico después de un lapso  $\Delta t$ .

Si el gradiente de presión o de temperatura presente en un sistema es insignificante o puede no tomarse en cuenta, se considerará que está en equilibrio termodinámico al momento de realizar un análisis.

Cuando dos sistemas aislados  $A$  y  $B$  se ponen en contacto, el sistema completo  $A + B$  eventualmente, alcanzará el equilibrio térmico después de un lapso  $\Delta t$ ,

entonces se dirá que  $A$  y  $B$  están en equilibrio térmico uno con otro, esto continúa si el contacto es roto.

La **ley cero de la termodinámica** establece que si  $A$  y  $B$  están en equilibrio térmico, así mismo  $B$  y  $C$ , entonces  $A$  y  $C$  están en equilibrio térmico. La *figura 1.3* ilustra esta ley, si se considera que el contenido de los recipientes son el sistema  $A$  y  $C$  respectivamente el termómetro de mercurio es  $B$ , al poner éste en contacto con  $A$  marcará su temperatura al alcanzar el equilibrio térmico, posterior a esto ponemos el termómetro en  $C$ , sucederá lo mismo, si en ambos casos la medida de la temperatura es la misma, entonces  $A$  y  $C$  están en equilibrio térmico.



*Figura 1.3 Ley cero de la termodinámica.*

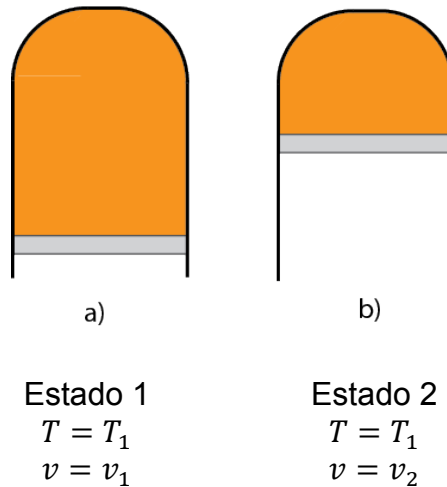
### Estados de un sistema

Los valores de las propiedades intensivas de un sistema son denominados los **estados del sistema**, las propiedades intensivas son definidas sólo cuando el sistema está en equilibrio, se deduce que el estado no se puede definir a menos que exista el equilibrio.

El número de propiedades intensivas e independientes suficientes para definir el estado termodinámico de un sistema se determina por la siguiente regla:

*Si el sistema experimenta  $N$  tipos de modos reversibles de trabajo, entonces el número mínimo de propiedades intensivas independientes que definen el estado termodinámico del sistema son  $N+1$ .*

Así, si el sistema experimenta dos tipos de interacciones de trabajo (digamos por expansión y capilaridad) se necesitan especificar tres propiedades para definir el estado termodinámico. La *figura 1.4* es un ejemplo de dos estados a) y b), especificados por dos propiedades intensivas e independientes; temperatura y volumen específico.



**Figura 1.4** Dos estados de un mismo sistema

Si un sistema experimenta únicamente trabajo de compresión/expansión, éste requiere sólo dos propiedades por especificar; de hecho, una sustancia (idealizada) que tiene asociada sólo un modo de trabajo es llamada **sustancia simple**, cuando este modo de trabajo es de tipo expansión/compresión es llamada **sustancia simple compresible**.

Finalmente, sean tres propiedades  $x_1, x_2$  y  $x_3$  entonces:

$$x_3 = f(x_1, x_2)$$

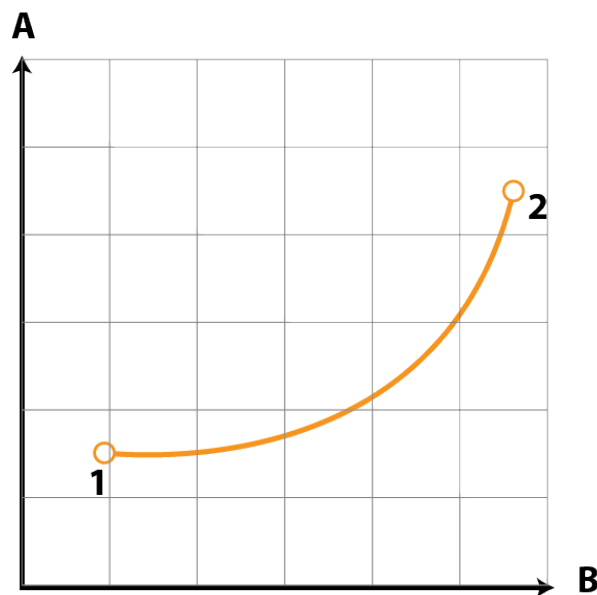
o

$$f(x_1, x_2, x_3) = 0$$

Se le denomina **ecuación de estado para una sustancia simple compresible**, porque ayuda a definir el estado del sistema. El estado puede ser representado en una gráfica llamada diagrama de estado, en una tabla (como en las tablas de vapor), o en forma de ecuación (por ejemplo  $pv = R_g T$ ).

## Proceso, trayectoria y ciclo

Se le denomina **proceso** al cambio en cualquiera de las variables de estado de un sistema, generalmente por interacciones entre calor y trabajo, la serie de estados por los que pasa para llegar del *estado 1* al 2 se le llama **trayectoria**. Los procesos se especifican por el estado inicial, el estado final, la trayectoria y las interacciones con los alrededores como se muestra en la *figura 1.5* en la cual se pasa del estado 1 al 2, los estados están definidos por las variables A y B, y la trayectoria es la línea naranja, que une el estado 1 con el 2.



*Figura 1.5 Proceso termodinámico.*

Un **proceso cuasiestático** o en **cuasiequilibrio** es aquel que se desarrolla de tal manera que el sistema permanece muy cerca del estado de equilibrio en todo momento, este proceso es ideal y ayuda a establecer los sub-estados que forman la trayectoria entre un estado de equilibrio 1 y 2, puesto que éstos no se pueden establecer a menos que el sistema esté en equilibrio en cada instante durante el cambio, un **proceso real** no pasa por sub-estados estáticos, pero pueden realizarse lo suficientemente lentos para acercarse lo suficiente a un proceso cuasiestático.

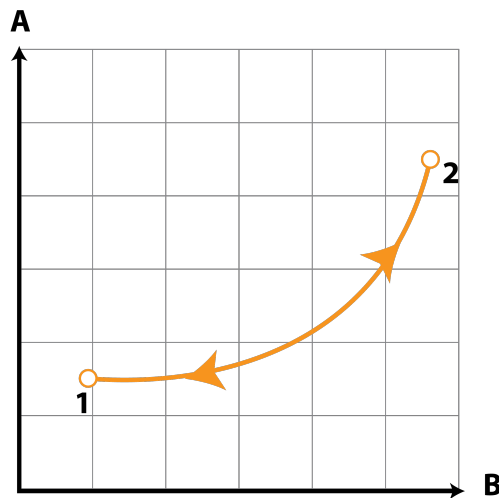


En los procesos cuasiestáticos se pueden distinguir dos tipos:

- **Isotérmico:** aquel en donde el sistema está en contacto con su entorno ambos permanecen a temperatura invariante durante el desarrollo del proceso.
- **Adiabático:** es aquel en donde el sistema no tiene contacto térmico con sus alrededores, únicamente existe intercambio en forma de trabajo entre estos.

El prefijo *iso* es usado para definir un proceso en el cual una de las variables permanece constante durante un proceso, por ejemplo isotérmico, temperatura constante, isovolumétrico para volumen constante.

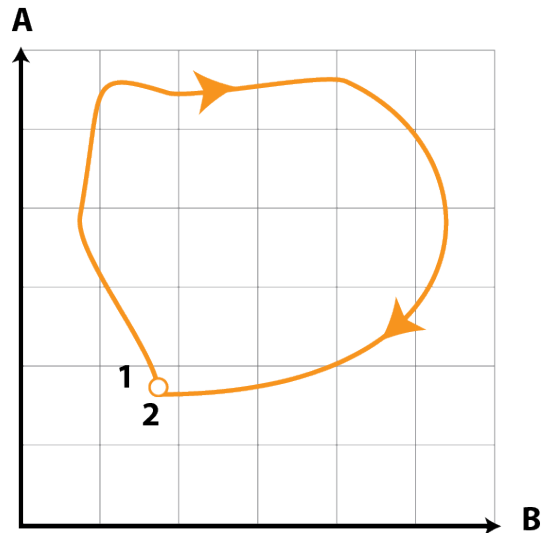
Un proceso es **reversible** si existen los medios de volver al sistema y sus alrededores a sus estados iniciales recorriendo la misma trayectoria pero en sentido inverso, como lo muestra la *figura 1.6*, si esto no se cumple se denomina **irreversible**.



*Figura 1.6* Proceso reversible.

Las interacciones de calor y trabajo pueden ser evaluadas solamente si los procesos son reversibles

Un proceso cíclico o **ciclo** es un proceso en el cual el estado final e inicial son idénticos, sin embargo la trayectoria puede contener distintos subprocesos, la *figura 1.7* muestra el diagrama de un ciclo.



*Figura 1.7* Proceso cíclico.

### Primera ley de la termodinámica

En un sistema aislado un trabajo puede ser convertido completamente en calor, si el proceso es cíclico lo inverso también sucede, el enunciado matemático de la primera ley de la termodinámica es por lo tanto hecho para un sistema cerrado que experimenta un proceso cíclico. **La primera ley de la termodinámica** establece:

*Si un sistema cerrado experimenta un proceso cíclico, entonces:*

$$\oint_{trayectoria} \delta Q = \oint_{trayectoria} \delta W$$

*En donde  $\delta Q$  y  $\delta W$  son las interacciones entre calor y trabajo durante un subproceso infinitesimal del proceso cíclico (Anil W. Date 2011)*

La primera ley de la termodinámica es la ley de la conservación de la energía.

## Calor y entalpia

Considere un proceso llevado a cabo a presión constante que realiza un trabajo mecánico  ${}_1W_2$  asociado a un cambio de volumen  $\Delta V$ , este trabajo es dado por:

$${}_1W_2 = -p\Delta V$$

si ningún otro trabajo es hecho la primera ley de la termodinámica establece:

$${}_1W_2 = p(V_1 - V_2) + Q$$

introduciendo la siguiente función:

$$H = U + pV$$

y escribimos:

$$H_2 - H_1 = Q$$

la cantidad  $H$  es llamada **entalpia**<sup>2</sup> o función de calor. En el caso especial de un proceso isobárico en donde existe realización de trabajo (área bajo la curva del proceso isobárico) la entalpia es *el calor cedido o recibido* en forma isobárica *entre un sistema y sus alrededores*.

## Segunda ley de la termodinámica

**La energía total** de un sistema es la energía contenida por él, éstas pueden ser la energía potencial, cinética y la energía interna. Sean dos sistemas  $A$  y  $B$  con temperaturas diferentes puestos en contacto térmico, el calor se transfiere de  $A$

---

<sup>2</sup> De forma mas general la entalpia es un potencial termodinámico, venido de la transformada parcial de Legendre de la relación  $U = U(S, V, N_1, N_2 \dots N_n)$  en donde se reemplaza el volumen por la presión como variable independiente, la variable  $S$  es la entropía.

La relación entre energía y entalpia se muestra en la siguiente tabla:

$U = U(S, V, N_1, N_2 \dots N_n)$	$H = H(S, p, N_1, N_2 \dots N_n)$
$-p = \frac{\partial U}{\partial V}$	$V = \frac{\partial H}{\partial p}$
$H = U + pV$	$U = H - pV$

Tabla tomada de Callen, Herbert B. 1985

a  $B$ , por la ley de la conservación de la energía, el calor transferido es la diferencia de energía al inicio del contacto como al alcanzar el equilibrio térmico:

$${}_1W_2 = \int_{\text{trayectoria}} \delta Q$$

el proceso inverso (transferir calor de  $B$  a  $A$ , estando ambos en equilibrio térmico) no viola la primera ley de la termodinámica; sin embargo este caso no existe en algún proceso real. De esto se puede inferir que el calor se transfiere sólo en una dirección, Ryogo Kubo (1968) menciona los siguientes principios con los que se puede enunciar la segunda ley de la termodinámica:

- 1) *Principio de Clausius: un proceso que no envuelve algún otro cambio más que la transferencia de calor de un cuerpo caliente a uno frío es irreversible; o es imposible para el calor ser transferido espontáneamente de un cuerpo frío a uno caliente sin causar algún otro cambio.*
- 2) *Principio de Thomson o Kelvin: un proceso en el cual el trabajo es transformado en calor sin ningún otro cambio es irreversible; o es imposible convertir todo el calor tomado de un cuerpo, con temperatura uniforme, en trabajo.*
- 3) *Principio de Caratheodory: para un estado dado de equilibrio térmico de un sistema con uniformidad térmica, existe otro estado arbitrariamente cercano a este pero que nunca podrá ser alcanzado mediante un cambio adiabático.*

## La ecuación de estado de un gas ideal

Para un gas ideal utilizando la escala absoluta de temperatura, la ecuación de estado es:

$$pV = nRT = NkT$$

en donde  $n$  es el número molar,  $N$  es el número de moléculas,  $R$  es la constante del gas, y  $k$  es la constante de Boltzmann.

Cualquier gas real se puede estudiar como gas ideal en los límites de las altas temperaturas o las bajas presiones<sup>3</sup>.

La energía interna de un gas ideal es independiente del volumen<sup>4</sup>:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 0$$

para un rango normal de temperatura se considera:

$$U = nC_V^0 T$$

en donde  $C_V^0$  es el **calor específico molar** y a volumen constante este será de:

$$C_V^0 = \frac{3}{2}R \text{ para un gas monoatómico}$$

$$C_V^0 = \frac{5}{2}R \text{ para un gas diatómico}$$

$$C_V^0 = 3R \text{ para un gas poliatómico.}$$

---

<sup>3</sup> En este caso una “alta temperatura” o “baja presión” tiene que ver con el punto crítico de cada sustancia, por lo que esta ecuación de estado tiene un uso muy limitado.

<sup>4</sup> Observe el lado izquierdo de la ecuación  $pV = nRT = NkT$  y su relación con  ${}_1W_2 = -p\Delta V$ , para un proceso adiabático llevado a cabo a presión constante, sin embargo en esta ecuación no se considera la realización de un trabajo por lo que  $\frac{\partial W}{\partial V} = 0$ , ni transferencia de calor  $H_2 - H_1 = 0$ .

## Vapor de agua y algunas de sus propiedades

El vapor de agua puede ser usado como materia prima para algún proceso, fuente de energía mecánica o como fuente de energía térmica, en los últimos dos casos funciona como medio que transporta energía hacia algún proceso.

Los vapores son similares a los gases la diferencia con éstos radica en que se encuentran muy cercanos a la condensación o mezclados con su misma sustancia en fase líquida; el vapor será más gaseoso en cuanto mas sobrecalentado se encuentre.

Existen otros fluidos<sup>5</sup> que pueden utilizarse para transportar energía térmica y en menor medida mecánica, sin embargo, se prefiere el uso del vapor de agua debido a:

1. Abundancia
2. Costo reducido
3. Propiedades como:
  - a. Alta capacidad térmica específica
  - b. Alta entalpia de ebullición en el rango normal de temperaturas de utilización, esto significa que se necesita una menor cantidad de masa para transportar la misma cantidad de energía, esto a su vez implica que los equipos son reducidos.
  - c. Conductividad térmica relativamente alta

---

<sup>5</sup> Otros fluidos se consideran para su uso en circunstancias como:

Transmisión de calor a temperaturas menores o iguales a 0° C

Temperaturas por encima de 374°C (temperatura crítica)

Temperaturas altas a bajas presiones

- d. El rango de temperaturas subcríticas es conveniente para su uso como fuente de energía térmica en procesos de transferencia de calor a temperatura constante

### Vapor de agua y agua en fase líquida como fuentes de energía térmica y mecánica

La preferencia en el uso de vapor con respecto al agua en fase líquida radica en su capacidad térmica como se muestra en la tabla 1.2, la entalpía es superior en el vapor saturado hasta el punto crítico, y disminuye con la presión por lo tanto según sea el proceso se prefiere trabajar con la menor presión posible.

Presión absoluta (bar)	Temperatura °C	Entalpía específica de líquido saturado (kJ/kg)	Entalpía específica de vapor saturado (kJ/kg)
0.9800	99.0421	415.06	2674.10
19.6100	211.3910	904.08	2798.00
49.0300	262.7213	1148.40	2795.00
68.6500	284.5153	1260.50	2774.30
98.0700	309.5700	1399.50	2729.00
196.1300	364.1148	1806.80	2433.90
220.5435	373.9100	2059.20	2117.70

**Tabla 1.2** Comparativo de la capacidad térmica específica del agua en fase líquida saturada y vapor saturado

En la red de distribución el vapor tiene la ventaja de no necesitar estación de bombeo como si lo ocuparía el agua (salvo casos singulares), la diferencia de presiones causará el transporte del fluido.

De ser necesario el uso del fluido en diferentes condiciones de presión y temperatura esto es más fácil de realizar con el vapor, además de poder escalar su uso a vapores con características cada vez más degradadas para ahorrar energía.

## La caldera

El dispositivo utilizado para generar vapor o calentar agua es denominado **caldera**. Este equipo es diseñado para transmitir el calor de una fuente externa a un fluido mediante combustión a alguna otra fuente de energía. Si el fluido no es agua se trata de un vaporizador. También se llama **generador de vapor** a un equipo más complejo que puede tener paredes enfriadas por agua, súper calentadores (agregado utilizado para elevar la temperatura del vapor por encima de la saturación) y otros aditamentos para hacer esta unidad más económica.

El agua sin tratamiento contiene disueltas varias sustancias entre ellas pueden estar sales de sodio, calcio magnesio y hierro, óxido de hierro así como los gases del aire disueltos cuyos efectos son:

- Incrustaciones en las paredes de la caldera que aumenta la resistencia al paso de la energía en forma de calor, por lo que la caldera reduce su capacidad de producción, aumentos locales de la temperatura y del consumo de energía
- Desprendimiento de los gases disueltos que provocan corrosión de las paredes y aumento de la resistencia al paso del calor

Otras sustancias pueden provocar daños en el equipo o proceso en donde es utilizado el vapor.

Se observa por lo tanto que las impurezas contenidas por el agua son perniciosas por lo tanto el agua de las calderas debe ser tratada previamente con los métodos adecuados.



## 1.2 Esterilización

La **esterilización** de un material es el procedimiento de destrucción de toda forma microbial de vida, se realiza mediante un **agente esterilizante** y este puede ser físico o químico. Al material sometido con éxito a este procedimiento se le denomina **estéril**.

En el ámbito hospitalario, este procedimiento se realiza en la Central de Equipos Y Esterilización (CEYE), uno de sus objetivos es evitar infecciones en los pacientes tratando los materiales que entran en contacto con el, éstos se clasifican según el grado de descontaminación que necesiten y la resistencia del material, las *tablas 1.3 y 1.4* muestran esta clasificación de la guía tecnológica No. 35 de la secretaría de salud:

Clasificación	Procedimiento	Material al que se aplica
<b>Material crítico:</b> Entra en contacto con el sistema vascular o zonas estériles del organismo, o produce solución de continuidad en piel y/o mucosas	<b>Esterilización:</b> Se destruyen todos los microorganismos	Instrumental quirúrgico, implantes, aparatos de endoscopía que penetran en cavidades estériles, catéteres, sondas, drenajes, agujas etc.
<b>Material semicrítico:</b> Entra en contacto con mucosas y piel no intacta	<b>Desinfección de alto grado:</b> Proceso que destruye la mayoría de los microorganismos	Todo tipo de endoscopios que penetran en cavidades no estériles accesorios de diálisis, equipos de terapia respiratoria, palas de laringoscopio, termómetros rectales etc.
<b>Material no crítico:</b> Entra en contacto con piel íntegra	<b>Desinfección:</b> Reducción de microorganismos	Termómetros de axilas, orinales planos, desfibriladores, mangos de tensión arterial etc.

**Tabla 1.3** Clasificación según grado de descontaminación.

Esterilización	Categoría del producto
Vapor	Solución parental, diagnóstico in-vitro, instrumental de metal, medios de cultivo, cristalería
Calor seco	Instrumentos de metal, aceites, polvos, ceras, cristalería, metal o envases de cristal
Gas	Equipo hipodérmico, sistemas de recolección de sangre, instrumental plástico, productos respiratorios e intravenosos, material de curación (vendajes, algodón, etc.)
Soluciones químicas	Instrumentos reutilizables de metal o cristal.

**Tabla 1.4** Clasificación según resistencia del material.

## Tipos de agentes esterilizantes

Los agentes esterilizante se pueden clasificar en físicos y químicos:

- **Físicos**
  - Calor húmedo
  - Calor seco
  - Rayos gamma
- **Químicos**
  - Ácido Peracético
  - Óxido de Etileno
  - Peróxido de Hidrógeno
  - Formaldehído

Una combinación de agentes esterilizantes puede utilizarse para optimizar la esterilización, por ejemplo elevar la temperatura durante la exposición al óxido de etileno, o a los rayos gamma para reducir el tiempo del procedimiento.

El agente esterilizante que se utilizará depende del material. La *tabla 1.5* muestra las ventajas y desventajas de algunos:

Método de esterilización	Ventajas	Desventajas
Vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tóxico para el paciente, personal y ambiente</li> <li>• Ciclo fácil de controlar y monitorizar</li> <li>• Microbicida rápido</li> <li>• Ciclo rápido</li> <li>• Penetra paquetes y dispositivos en forma de tubo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deteriora el material sensible a calor</li> <li>• Daño en dispositivos de microcirugía en exposiciones repetidas</li> <li>• Puede dejar el material húmedo provocando en ellos corrosión</li> <li>• Potencial quema de material</li> </ul>
Peróxido de Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguro para el ambiente</li> <li>• No deja residuos tóxicos</li> <li>• Ciclo de 28 a 75 minutos (dependiendo con el tipo de esterilizador) y ventilación no necesaria</li> <li>• Usado para artículos sensibles al calor y humedad, proceso a temperatura menor de 50° Celcius</li> <li>• Sencillo de operar instalar y monitorizar</li> <li>• Compatible con la mayoría de los dispositivos médicos</li> <li>• Solo requiere toma corriente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papel, tela y líquidos no pueden ser procesados con este método</li> <li>• Algunos dispositivos tubulares largos o estrechos no pueden ser procesados</li> <li>• Requiere un empaque sintético, y bandeja especial</li> <li>• El Peróxido de Hidrógeno puede ser tóxico a niveles mayores de 1 ppm TWA</li> </ul>
Óxido de Etileno (Al 100%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penetra material empacado y dispositivos tubulares</li> <li>• Simple de operar y monitorizar</li> <li>• Compatible con la mayoría de los materiales médicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere ventilación para eliminar los residuos de ETO</li> <li>• El Óxido de Etileno es tóxico, carcinógeno y flamable</li> <li>• Tiempo de ventilación prolongado</li> </ul>
Ácido Peracético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclo rápido (de 30 a 45 minutos)</li> <li>• Baja temperatura (inmersión líquida de 50° a 55° celcius)</li> <li>• Amigable con el ambiente</li> <li>• El agente esterilizante fluye através de endoscopios, removiendo sales, proteínas y microorganismos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede reaccionar con ciertos metales como el cobre</li> <li>• Si existen residuos puede causar daño a piel y ojos.</li> </ul>

**Tabla 1.5** Ventajas y desventajas de algunos agentes esterilizantes.

## Esterilización por calor

Elevar la temperatura de un organismo tiene efectos sobre su actividad enzimática, la solubilidad de ciertas proteínas, así como la desnaturalización de las mismas. De esta forma el organismo se destruye por:

1. Biomoléculas cruciales son sometidas a descomposición hidrotérmica
2. El costo energético de la reparación y resíntesis se vuelve insostenible

Al ser sometidos a **altas temperaturas**<sup>6</sup> se presenta una destrucción de la población respecto al tiempo descrita por la **curva de supervivencia**<sup>7</sup>. Varios factores influyen sobre la forma de esta curva para una determinada colonia de organismos, sin embargo por lo general se asume lineal y exponencial (como lo muestra la *figura 1.8*) :

$$N(t) = N_0 e^{-kt}$$

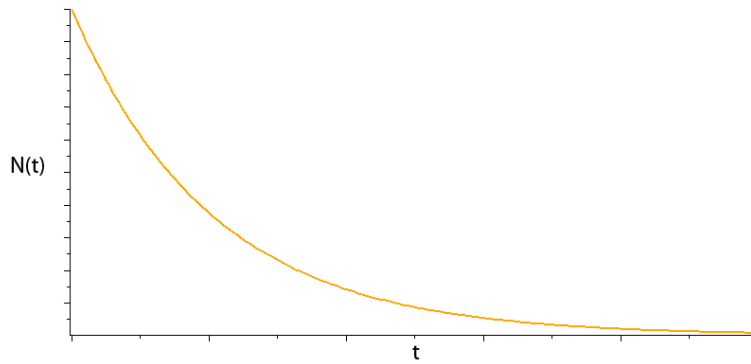
En donde  $N_0$  es la población inicial,  $N(t)$  es la población sobreviviente en el tiempo  $t$  y  $k$  es la constante de tasa de destrucción.

La temperatura para la cual comienza la destrucción de ciertos organismos es distinta dependiendo el caso particular, es especialmente alta, sobre todo, en aquellos capaces de crear esporas y endoesporas.

---

<sup>6</sup> En este caso cuando se habla de "Altas temperaturas" se hace referencia a aquella superior a la óptima de desarrollo y que causa su destrucción

<sup>7</sup> Las curvas de supervivencia pueden variar para distintos tipos de microorganismos y diversos estudios Knaysi en 1930 postuló que las curvas de supervivencia eran sigmoideas mas que exponenciales, otras curvas pueden presentar un sobre paso debido a que el aumento de la temperatura puede derivar en la activación de esporas antes de iniciar su destrucción.



**Figura 1.8** Curva de supervivencia exponencial.

### Respuesta a la destrucción por calor de los organismos termofílicos

Existen diferentes respuestas de los organismos al momento de someterlos a condiciones extremas de su ambiente, ciertas mutaciones provocan organismos capaces de soportar temperaturas y presiones hidrostáticas altas.

Se denominan organismos termofílicos aquellos cuya temperatura óptima de desarrollo está por encima de los 60° Celsius. En este caso la curva de supervivencia tiene un sobrepaso cuando se comienza a elevar la temperatura, debido a que se encuentran en condiciones para desarrollarse, y antes de comenzar la destrucción de la población se observa un aumento de esta, que responde a la curva (ver *figura 1.9*):

$$A(t) = A_0 e^{-kt} + \frac{\alpha N_0}{k - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-kt})$$

$$L_t = N_t + A_t$$

En donde  $A_0$  y  $A_t$  son el número de esporas activas en tiempo 0 y en tiempo  $t$  respectivamente determinado por un conteo de colonia.  $N_0$  y  $N_t$  son el número de esporas no activadas en tiempo cero y  $t$  respectivamente y  $N_0$  es determinado por:

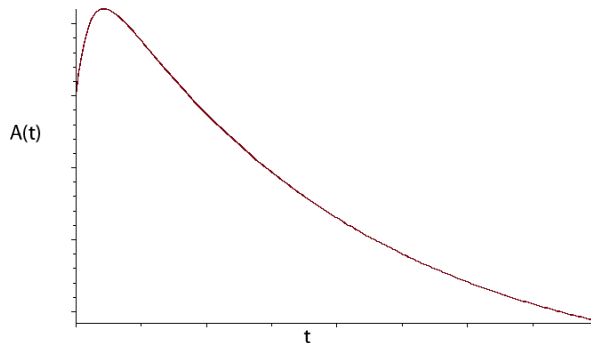
$$N_0 = L_0 - A_0$$

$\alpha$  es la constante de la tasa de activación,  $k$  es la constante de inactivación y puede ser determinada por una parte lineal de la curva después de que todas las esporas han sido activadas  $L_0$  y  $L_t$  son el número total de esporas viables en tiempo cero y  $t$  respectivamente y puede ser determinada por la relación:

$$L_0 = k \int_0^{\infty} A_t dt$$

que es el producto de  $k$  y el área bajo la curva de supervivencia de  $A_t$ .

El primer término  $A_0 e^{-kt}$  representa la parte lineal de la inactivación de la población inicialmente activada. El siguiente término  $\frac{\alpha N_0}{k-\alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-kt})$  representa la inicial activación y posterior inactivación de la población inicialmente no activada.



**Figura 1.9** Curva de supervivencia con sobrepaso.

### 1.3 La autoclave de vapor

#### Esterilización por calor húmedo

En la esterilización por calor húmedo se utiliza vapor a presión superior a la atmosférica como agente esterilizante, el objetivo es transferir calor a los

organismos que pueda contener un material, el dispositivo en donde se realiza este procedimiento se llama *esterilizador de vapor* o autoclave<sup>8</sup>.

Elevar la presión da lugar a poder elevar la temperatura del vapor presente en la autoclave<sup>9</sup>, lo cual incrementa la cantidad de calor que puede transferir este agente, la *tabla 1.6* muestra la temperatura que puede alcanzar el vapor saturado a determinada presión, la entalpia específica en vapor saturado y en estado líquido bajo las mismas condiciones.

Presión [mmHg]	Presión [kPa]	Presión [bar]	Temperatura de saturación [°C]	$h$ vapor [ $\frac{kJ}{kg}$ ]	$h$ líquido [ $\frac{kJ}{kg}$ ]
750.0638	100	1	99.6059	2,674.9	417.43
1,500.1276	200	2	120.2115	2,706.2	504.68
2,250.1914	300	3	133.5254	2,724.9	561.45

**Tabla 1.6** Temperatura de entalpia específicas del vapor saturado a determinada presión.

La *figura 1.10* muestra un diagrama de una autoclave, en donde se tiene una cámara envuelta por una chaqueta aislante térmica, una entrada suministro de vapor y un drenaje, dentro de la cámara se coloca el material a esterilizar envuelto en tela o papel permeable grado médico, a esto se le denomina **carga** o bulto.

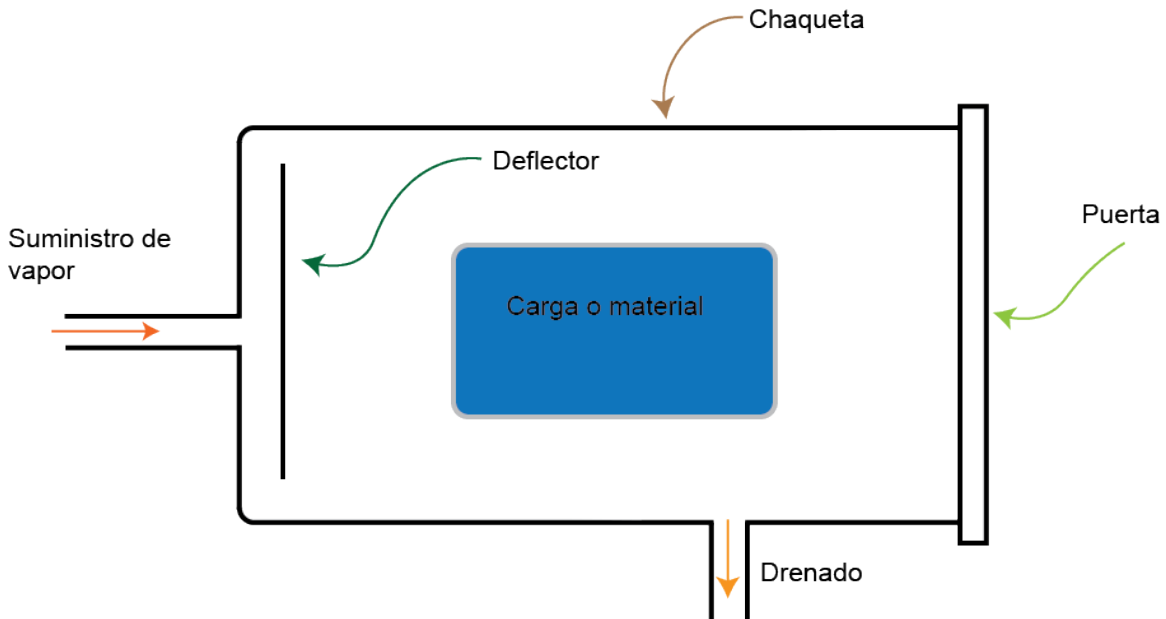
En general existen tres etapas durante el procedimiento de esterilización en una autoclave los cuales son:

1. Acondicionamiento
2. Exposición
3. Secado

<sup>8</sup> El término autoclave proviene del francés, y describe el dispositivo que cierra automáticamente a medida que la presión de vapor incrementa.

<sup>9</sup> Este comportamiento no es lineal y debido a las altas densidades y temperaturas, la ecuación de estado de un gas ideal no se puede utilizar.

Al conjunto de etapas para un procedimiento de esterilización se le llama **ciclo de esterilización** cada etapa tendrá un tiempo determinado según la forma de llenado, el tamaño de la carga y el tipo de material a esterilizar.



*Figura 1.10 Diagrama simplificado de una autoclave de vapor*

### Remoción de aire y llenado de vapor

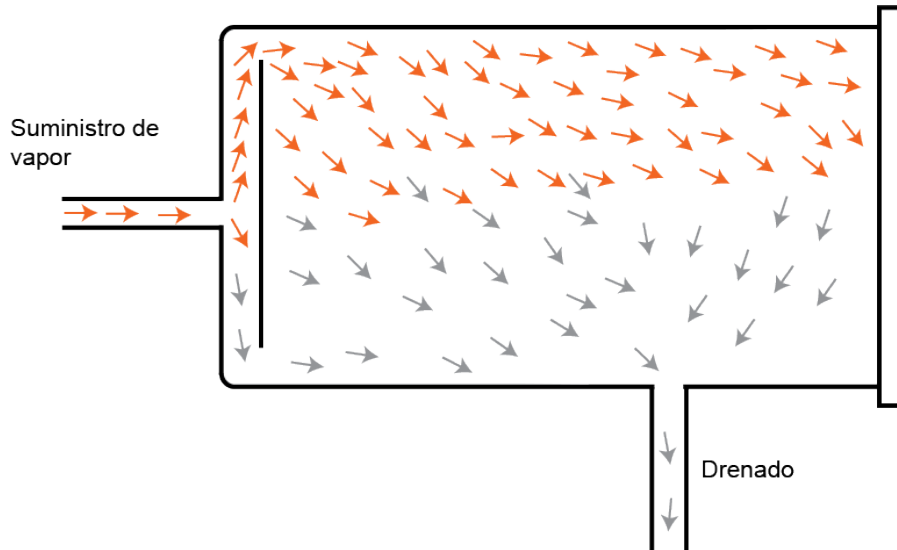
Es la primera etapa en el ciclo de esterilización en una autoclave de vapor, y su objetivo es remover todo el aire presente dentro de la cámara y llenar esta con **vapor saturado** proveniente de una caldera, dejar aire en la cámara dará como resultado un detrimento en la eficiencia de la esterilización. Existen varios métodos para remover el aire de la cámara algunos de ellos son:

1. Desplazamiento por gravedad
2. Alto vacío o prevaciado

El primero de ellos consiste en aprovechar la diferencia de densidades entre el agua y el vapor, el vapor es menos denso que el aire y este tenderá a ocupar la parte superior de la cámara formando estratos, conforme el volumen de vapor aumente el volumen de aire disminuirá puesto que será desplazado hacia el



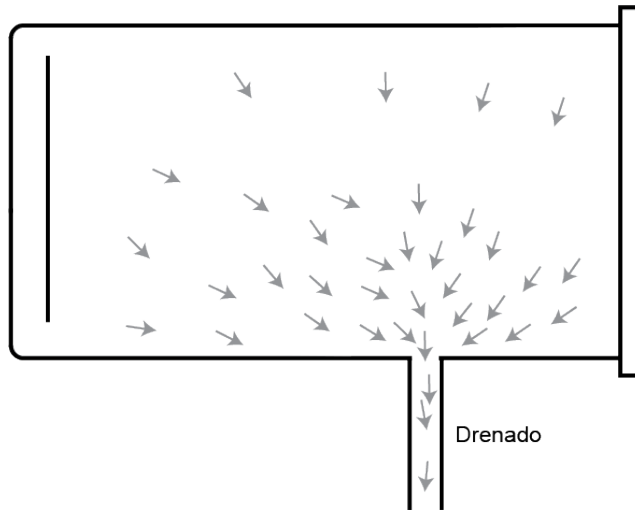
drenado, en la *figura 1.11* se ejemplifica el desplazamiento del aire representado en flechas grises, el vapor es representado en flechas naranjas.



**Figura 1.11** Desplazamiento de aire.

El vapor es introducido a una velocidad tal que se evite la mezcla aire-vapor, este factor es de importancia puesto que una velocidad demasiado alta, incluso cuando exista una trampa de agua en el suministro de vapor, puede traer consigo agua, esto afecta la calidad del vapor, y por lo tanto se tiene disponible menos calor para transferir hacia la carga, este caso se evita colocando un separador de agua, este logra una calidad de vapor de .98 o incluso mas, el deflector ayuda en esta misma tarea, puesto que disminuye de igual manera la velocidad del vapor y le da salida hacia la cámara por la parte mas alta evitando turbulencias que puedan mezclar el aire con el vapor.

En el **alto vacío** o **prevaciado** se disminuye la presión en el interior de la cámara antes de admitir el vapor (ver *figura 1.12*).



**Figura 1.12 Prevaciado.**

La remoción de aire con esta técnica requiere menos tiempo que la anterior, sin embargo existen algunos inconvenientes.

Considérese una cámara de volumen  $V_1$  con una carga completa de volumen  $V_{L1}$ , que abarca casi la totalidad de la cámara, el volumen de aire desplazado hacia afuera por el efecto de meter la carga es igual a  $V_{L1}$ , el volumen de aire en la cámara antes del pre-vaciado es:

$$V_{aire} = V_1 - V_{L1}$$

en este caso la masa de aire en la cámara al momento de cerrar la puerta es lo bastante pequeña para inclusive pre-vaciar con una presión de 20mmHg, obsérvese que entre mas pequeña sea el volumen de la carga la masa de aire en la cámara se incrementa, teniendo que alcanzar presiones menores en el momento del pre-vaciado para eliminar una masa mayor de aire, este fenómeno es conocido cómo **efecto de la carga pequeña** y hace que este sistema sea ineficiente para cargas pequeñas con respecto del volumen de la cámara.

Otro inconveniente es aquel que tiene que ver con la temperatura de saturación de vapor en relación con la presión, grandes niveles de vacío causarán la deshidratación cuando el material a esterilizar son telas, este además es una carga muy porosa que a pesar de que pudiese llenar la capacidad máxima de la autoclave sigue siendo una carga pequeña, por lo que puede quedar un

remanente de aire que al elevar la temperatura pueda ayudar como catalizador y carbonizar parte de las fibras.

Otro problema es que el prevaciado es más sensible a fugas de aire al interior de la cámara.

Una manera más efectiva para remover es un prevaciado a una presión fija, después admitir vapor manteniendo la presión de la bomba de vacío para desplazar los remanentes por desplazamiento gravitatorio, este procedimiento es repetido varias veces, esto sin embargo sigue siendo sensible a fugas de aire, esto se evita desplazando por gravedad para después evacuar el vapor y repetir el proceso manteniendo siempre una presión por encima de la atmosférica.

## **Exposición**

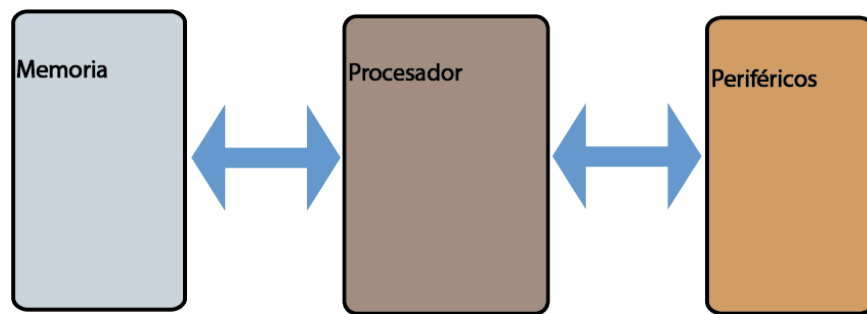
En esta etapa del ciclo de esterilización el principal objetivo es transferir calor del vapor saturado hacia la carga, el vapor al tener contacto con la superficie de la carga que se encuentra a menor temperatura se condensa elevando la temperatura de la carga.

## **Secado**

Esta última etapa es necesaria para que, al retirar la carga del interior, no contenga líquidos los cuales facilitan la contaminación por microorganismos. El calor remanente al momento de evacuar el vapor puede secar la carga, un método para acelerar este proceso se trata de crear en la cámara una presión menor que la presión atmosférica, la cual evaporará el agua que contiene la carga con ayuda del calor remanente.

## 1.4 Microcontroladores

Un **microprocesador** ó **procesador** es un circuito lógico secuencial que se encuentra alojado en un chip, es un dispositivo programable multipropósito cuyas entradas y salidas son datos digitales. Un **microcontrolador** es un sistema digital que contiene un procesador, memoria y periféricos de entrada/salida en un chip, a esto también se le llama **sistema embebido** (la *figura 1.13* es un diagrama que muestra las interacciones entre el procesador con la memoria y periféricos a través de los datos que están representados en azul), la diferencia con otro tipo de computadoras reside en el tamaño y costo. Estos son utilizados para el control de sistemas específicos que no necesitan funciones complejas.



*Figura 1.13 Sistema embebido.*

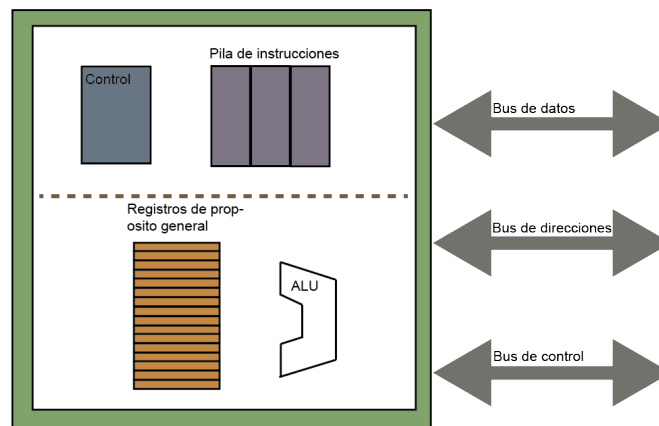
Los datos manejados por una computadora son digitales y binarios, se clasifican principalmente en:

- **Bit** es la unidad básica de información y solo toma los valores de 1 y 0
- **Byte** es el conjunto de 8 bits
- **Palabra** es la unidad de dato usado por un procesador en particular.

## Composición de un procesador

El procesador está compuesto por dos elementos principales que son el **control** y el **datapath**<sup>10</sup>, el control recupera una instrucción, la decodifica, controla la operación en el datapath y la transferencia de operaciones.

El datapath manipula los datos, y opera sobre de ellos, su centro es la **unidad aritmética lógica** (ALU por sus siglas en inglés) la *figura 1.14* se puede observar un diagrama simplificado del interior de un procesador.



*Figura 1.14 Interior de un procesador.*

## Memoria

La memoria es el espacio en donde es almacenado un dato, en general se dividen en:

- RAM (Random Access Memory) es una memoria de propósito general en donde se almacenan datos del programador o usuario del sistema, para operar con ellos, este tipo de memoria es por lo general más rápida que otras y volátil, es decir se necesita alimentación eléctrica para mantener los datos.
- ROM (Read Only Memory) este tipo de memoria guarda el programa o datos que no requieren ser modificados, este tipo de memorias no pierden

---

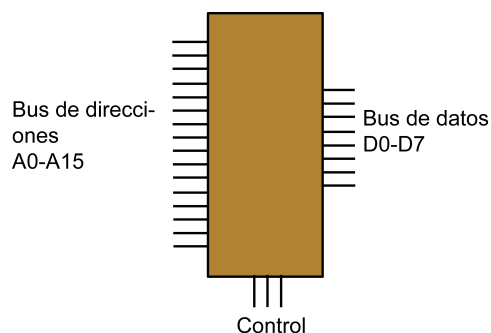
<sup>10</sup> Se puede traducir como “tratamiento de datos”

la información si la alimentación es removida, y no se puede modificar su contenido.

- PROM (Programmable Read Only Memory), este es un tipo de ROM cuyo contenido puede ser escrito por el programador, una vez escrito su contenido no es posible modificarlo.
- EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), en esta clase de PROM el contenido puede ser borrado mediante algún dispositivo y vuelto a programar.
- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) este tipo de EPROM puede ser borrada y programada mediante dispositivos electrónicos, así es posible borrarlos y programarlos *in situ*.

La *figura 1.15* es un diagrama de las conexiones de una memoria, las cuales son:

- El bus de datos que es la conexión que entrega o recibe los datos
- El bus de direcciones es la conexión en donde se indica la posición en la que se entrega o reciben datos
- El control es la conexión en donde se indica si se escribe en la memoria, se extraen datos de ella, o la no disponibilidad de ninguna de las anteriores.



**Figura 1.15** Diagrama de una memoria.

La **palabra de la memoria** es el dato que se almacena en cada una de las localidades de memoria, su longitud es el número de bits del que está

compuesta. La longitud de la palabra y la cantidad de direcciones disponibles determinan el tamaño de la memoria.

## **Arquitectura**

La interfaz entre el programador y el procesador es la **arquitectura del conjunto de instrucciones** (ISA o simplemente arquitectura), este define el **conjunto de instrucciones del procesador**, modos de direccionamientos, tipos de datos, el conjunto de registros y espacios visibles para el programador.

Dentro del procesador existen registros de propósito general y otros cuyos usos son particulares de ciertas rutinas, para dar información extra sobre el resultado de una operación por ejemplo si se causó un desbordamiento, resultado negativo, etc.

El conjunto de instrucciones del procesador consiste en todos los tipos de operaciones ejecutables.

Una **instrucción** es un comando complejo llevado a cabo bajo la dirección de una o varias palabras o comandos. Las instrucciones están divididas en varios campos que pueden ser, comando, opciones del comando, datos, lugar en la memoria en donde se encuentra datos, etc.

Las operaciones pueden ser binarias (aquellas que contienen dos operandos) ó se puede operar sobre un solo operando, una convención para ejecutar una operación bajo el mando de una instrucción es la de tener registros en el procesador, un operando es puesto en el registro de alguna forma, la siguiente instrucción lleva un dato a operar con tal registro, y el resultado es puesto en el mismo registro o quizás en otro, esta forma en la instrucción ya está implícito el dato a operar. Otra convención es aquella en la que la instrucción lleva dos datos la operación que se debe realizar sobre ellos y el lugar en la memoria en donde serán puestos. Es evidente que en la primera de estas formas, el tamaño de la instrucción es *reducida* pero la ejecución de toda una rutina quizás necesite de varias instrucciones, a esto se le denomina **conjunto reducido de instrucciones** y a aquellas arquitecturas que así trabajan se les denomina **RISC**

(Reduced Instruction Set Computer). La segunda convención aquí mencionada requerirá menos instrucciones dadas por el programador, siendo el tamaño de la instrucción más extensa a este tipo de arquitecturas se les denomina **CISC** (Complex Instruction Set Computer).

## **Puertos**

Un puerto es un circuito electrónico cuya función es servir de interfaz para la conexión con otros dispositivos para intercambiar información. Si los datos van hacia fuera del microcontrolador se trata de un puerto de salida, si los datos se reciben se trata de un puerto de entrada. Los datos son colocados o extraídos del puerto como palabras mediante el bus de datos y direcciones, esto es, un puerto es para el procesador un lugar en la memoria, lo mismo el registro en donde se programan las opciones del puerto, estas opciones pueden ser poner el puerto como entrada, como salida, deshabilitarlo, velocidad etc. Éstos también se dividen en dos grandes grupos **paralelo** y **serie** según la forma en la que obtiene o reciben los datos:

- Paralelo: recibe varios bits al mismo tiempo, en ocasiones a esto se le denomina la palabra del puerto.
- Serie: recibe un bit a la vez, o sólo tiene un cable de datos, y quizás uno de tierra.

## **Módulos**

Se le llama **módulo** al bloque de circuito electrónico que cumple una función en específico de entrada y salida de datos, y que tiene sus propios registros que contienen sus configuraciones. Un puerto es un módulo, sin embargo los Microcontroladores traen ya integrados módulos como lo pueden ser moduladores de ancho de pulso, convertidores analógico digital, interrupciones, entre otras.



Un microcontrolador puede contener varios módulos pero sin embargo no se usarán todos en determinada aplicación, y de ponerse todos al exterior con pines independientes se necesitaría un área demasiado grande, es por eso que varios pines pueden ser la entrada y salida de mas de un módulo. Durante el proceso de programación se elige qué módulo se utilizará en determinado bloque de pines.

## **Familia**

Una familia de circuitos integrados es un grupo que contiene diferentes tipos, todos construidos con la misma tecnología, y teniendo las mismas características eléctricas.

## **Acoplamientos, transductores, sensores y actuadores.**

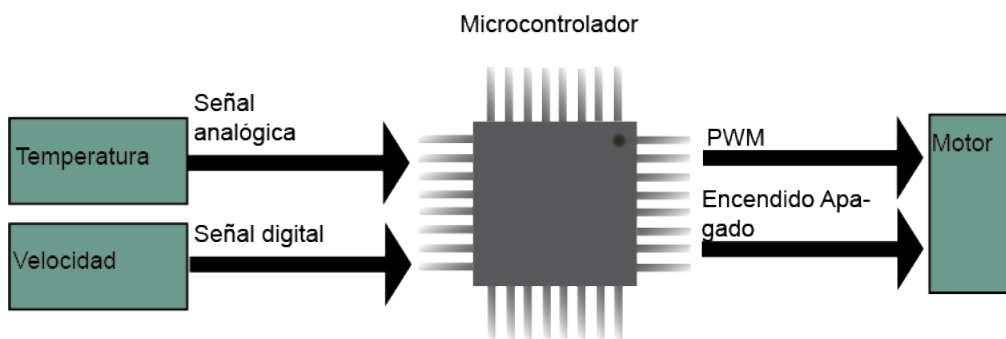
El **acoplamiento** es la forma mediante la cual se conectan dos dispositivos con características eléctricas diferentes, esto también puede servir para comunicar dos circuitos que se encuentran aislados eléctricamente.

Algunos tipos de acoplamientos son:

- Magnético: mediante el uso de un transformador
- Óptico: en donde se utiliza una fuente de luz por parte del circuito que envía información (un led por ejemplo), y se utiliza algún dispositivo que reaccione a esta (un foto transistor, foto diodo etc.)

Un **transductor** convierte una forma de energía a energía eléctrica, un transductor puede encontrarse en un **sensor** que es el dispositivo que entrega información al sistema sobre algún parámetro. Un **actuador** es el dispositivo que realiza una tarea pedida por algún medio de control.

Una serie de circuitos que pueden jugar el rol de acoplamiento, transductor, sensor o actuador son utilizados como intermediarios para que el microcontrolador reciba datos de algún sistema y envíe información de regreso o a otros sistemas, que no necesariamente tienen que ser eléctricos, por ejemplo en la *figura 1.16* no podemos recibir la información de temperatura y velocidad directamente al microcontrolador, esta tiene que ser convertida a una señal analógica o digital con las características eléctricas de este, del mismo modo se entregará información, y también deben existir intermediarios para poder encender un motor que trabaje con 120 V de AC y regular su velocidad.



**Figura 1.16** Interacciones de un microcontrolador.

## **Capítulo 2.**

### **Proceso de diseño de temporizador electrónico para autoclave de vapor**

Este capítulo habla sobre el proceso de diseño del control electrónico de la autoclave de vapor, este tuvo como inicio el análisis y caracterización de la esterilizadora con especial atención en el temporizador mecánico, en seguida se eligieron las necesidades para el reemplazo con los componentes más representativos; en torno a estos se modelan nuevos elementos, se detectan necesidades derivadas y sus partes representativas, el proceso es iterativo hasta completar el modelo.

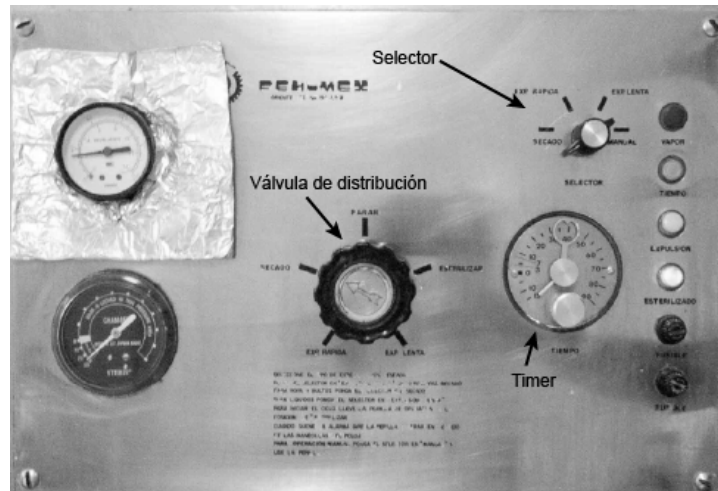
En las etapas de este proceso se utilizó el modelado en computadora con los programas Altium Designer® para las etapas electrónicas y tarjetas que las contienen, SolidWorks® para el diseño de algunas estructuras mecánicas, y Proteus® para la simulación de algunas etapas.

#### **2.1 Análisis funcional del subsistema a reemplazar**

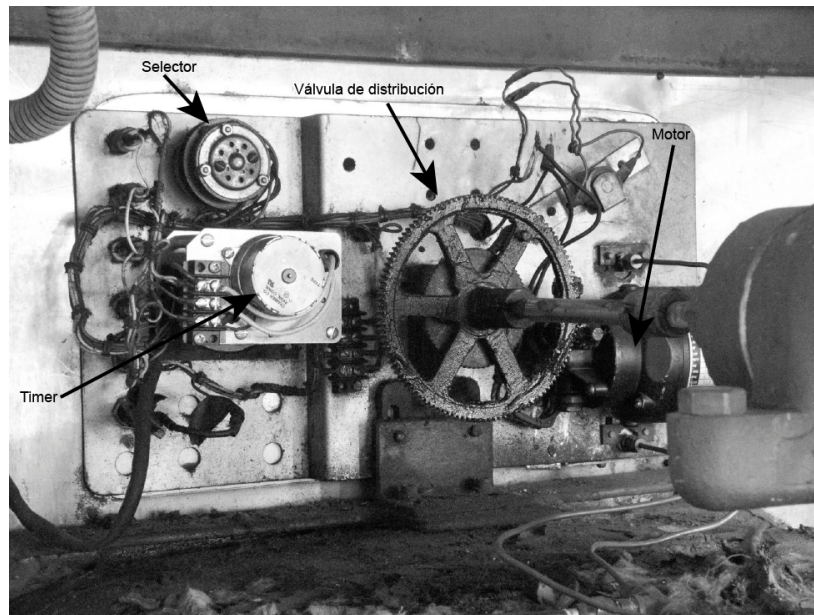
La autoclave de vapor KARBF-2038-VE fue fabricada por la compañía FEHELMEX S.A., sus condiciones normales de operación para la etapa de exposición es de  $2.31 \frac{kg_F}{cm^2}$  a 136 °C. Opera en modo manual mediante una válvula de distribución (multiválvula o ciclomático) la cual únicamente necesita ser girada por el usuario colocándola en cada etapa del ciclo de esterilización, puede operar también de forma automática con los siguientes pasos:

1. Seleccionar el tiempo de esterilización en el temporizador de la autoclave, y alguna de las opciones del selector exceptuando el modo manual.
2. Girar la válvula de distribución a la etapa de esterilizar.
3. Cuando el ciclo de esterilización termina se activa una alarma, la cual indica que se puede girar la válvula de distribución a la posición de paro.

En la *figura 2.1* muestra el panel de esta autoclave en el que se observan la válvula de distribución, el temporizador, y el selector, la *figura 2.2* muestra la parte posterior de este panel con los mismos elementos, y un motor cuya función es girar la válvula de distribución hacia las diferentes etapas del ciclo de esterilización cuando este no se realiza manualmente.



**Figura 2.1** Panel frontal



**Figura 2.2** Parte posterior del panel frontal

Las cuatro opciones del selector se enlistan a continuación en la *tabla 2.1*

Posición del selector	Uso
Secado	Cuando el secado es necesario por ejemplo ropa e instrumental (Modo automático)
Expulsión rápida	En caso de no ser necesario la etapa de secado (Modo automático)
Expulsión lenta	Esterilización de líquidos (Modo automático)
Manual	Cuando el ciclo se llevará a cabo manualmente

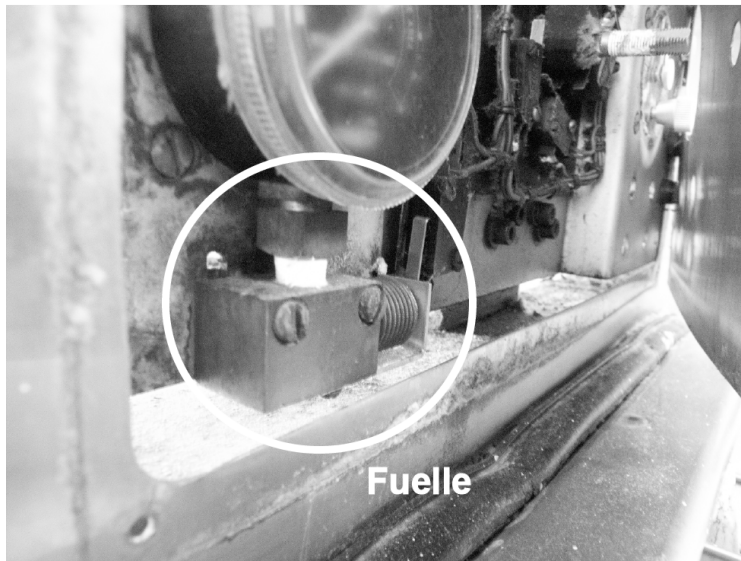
**Tabla 2.1** Opciones del selector

A su vez la válvula de distribución tiene las opciones enlistadas en la *tabla 2.2*

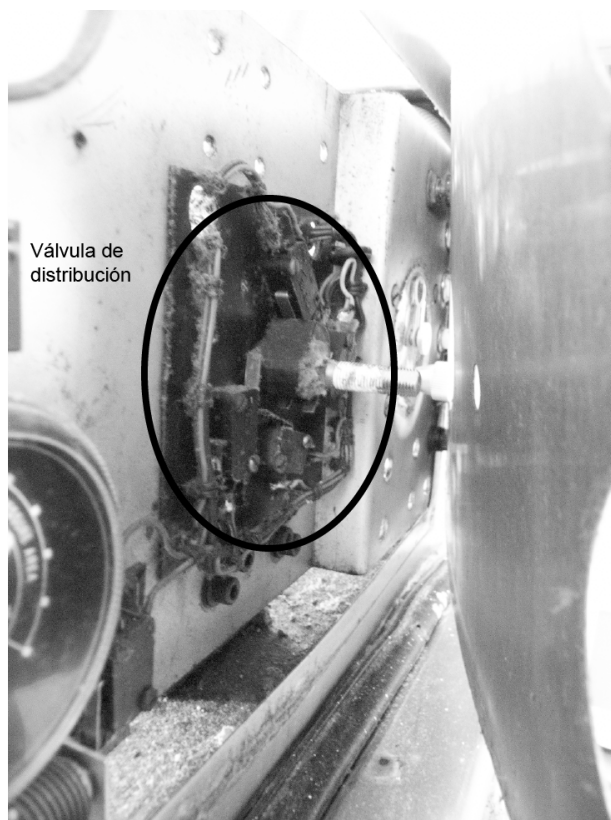
Posición de la válvula de distribución	Uso
Parar	Autoclave inactiva
Esterilizar	Inicia la expulsión de aire, el llenado de vapor en la cámara.
Expulsión lenta	Expulsión del vapor de la cámara
Expulsión rápida	
Secado	

**Tabla 2. 2** Opciones de la válvula de distribución

Cuando se opera en modo automático una vez seleccionado el tiempo, la opción del selector, y girado la válvula de distribución para iniciar el ciclo, comienza el llenado de la cámara, cuando se alcanza la presión de trabajo el fuelle que se observa en la *figura 2.3* activa el interruptor que alimenta el temporizador para iniciar el conteo del tiempo, éste enciende el motor que gira la válvula, y los interruptores que se encuentran en esta lo detienen, en la *figura 2.4* se observan, el selector define cual de estos interruptores apagará el motor.



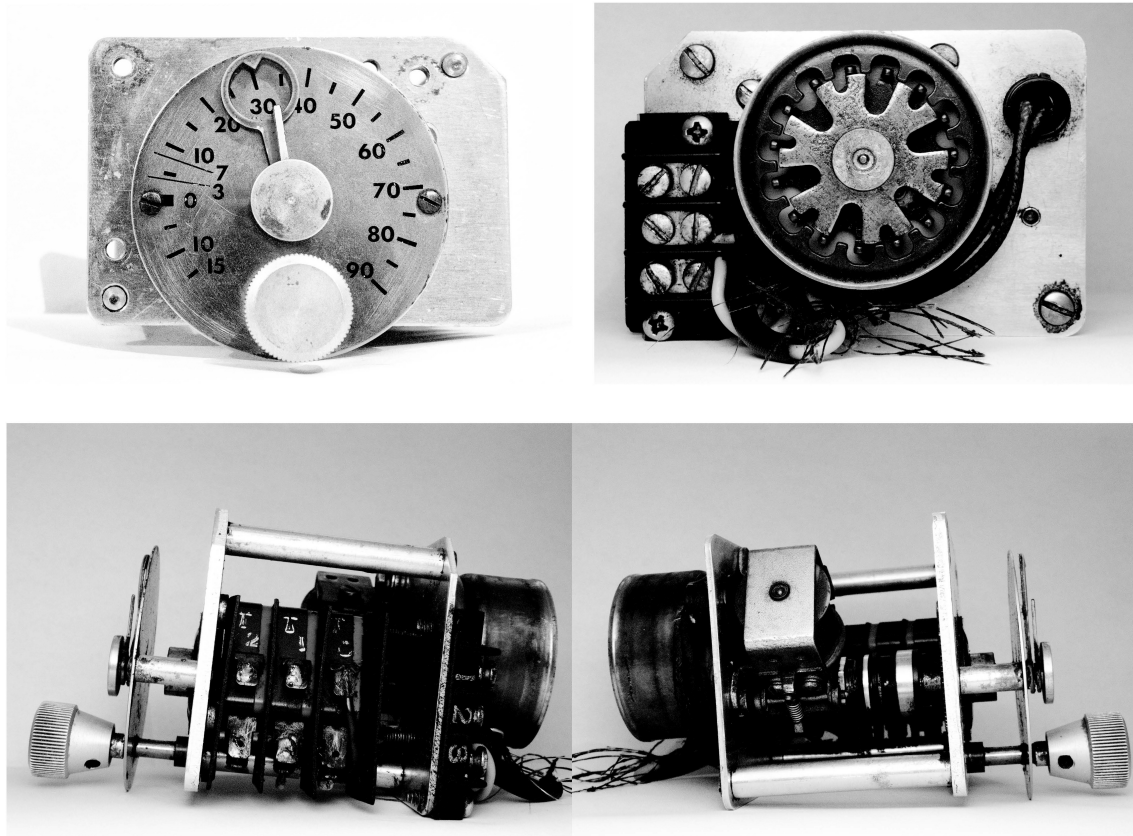
*Figura 2.3 Fuelle e interruptor*



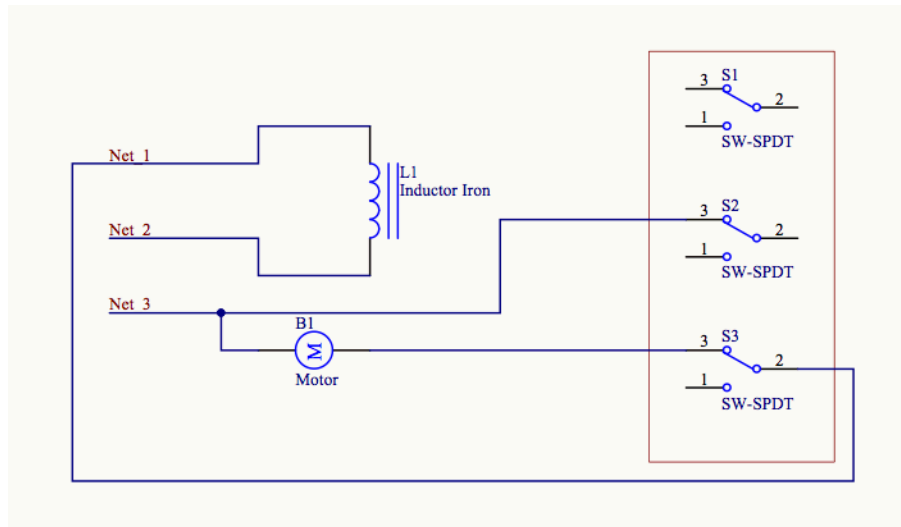
*Figura 2.4 Interruptores en la válvula de distribución*

## Caracterización eléctrica

Para la selección de tiempo el temporizador mecánico tiene una perilla que el usuario gira y mueve dos manecillas (ver *figura 2.5*) la mas pequeña de estas gira indicando el tiempo en el ciclo de esterilización activada con un motor eléctrico y una bobina que se encargan de girar la manecilla que activa los tres interruptores de escalera que posee, la *figura 2.6* muestra el diagrama eléctrico, se le suministra un voltaje de 127 V AC por Net1 y Net 3, a estas se le considerarán las entradas.



*Figura 2.5* Temporizador mecánico



**Figura 2.6** Diagrama eléctrico del temporizador mecánico

Si  $t_1$  es el tiempo de esterilización marcado en el temporizador y  $t_2$  es el tiempo para secado o expulsión de vapor, consideremos como salidas la posición de los interruptores indicada en la *tabla 2.3*.

Tiempo	S1		S2		S3	
$t_1 > 0$	1	0	1	0	1	0
$t_1 = 0$	0	1	1	0	1	0
$0 < t_2 < 16$	0	1	0	1	1	0
$t_2 = 16$	0	1	0	1	0	1

**Tabla 2.3** Salidas del temporizador mecánico

S1 y S2 activan el motor de la válvula de distribución y S3 desactiva el motor pero deja encendida la bobina, este interruptor entonces bloquea el temporizador, cuando la alimentación es retirada se regresa a la posición inicial.

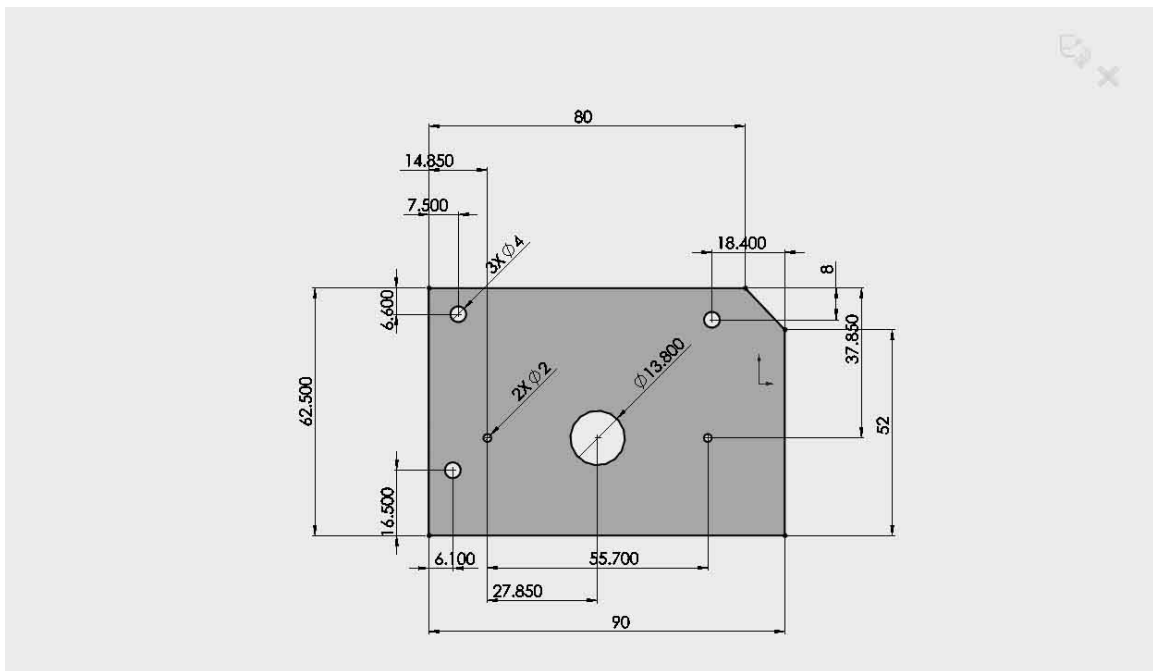
### Caracterización mecánica

En esta etapa se caracterizan la función de algunas piezas y sus dimensiones. Como piezas representativas del temporizador se pueden observar tres:

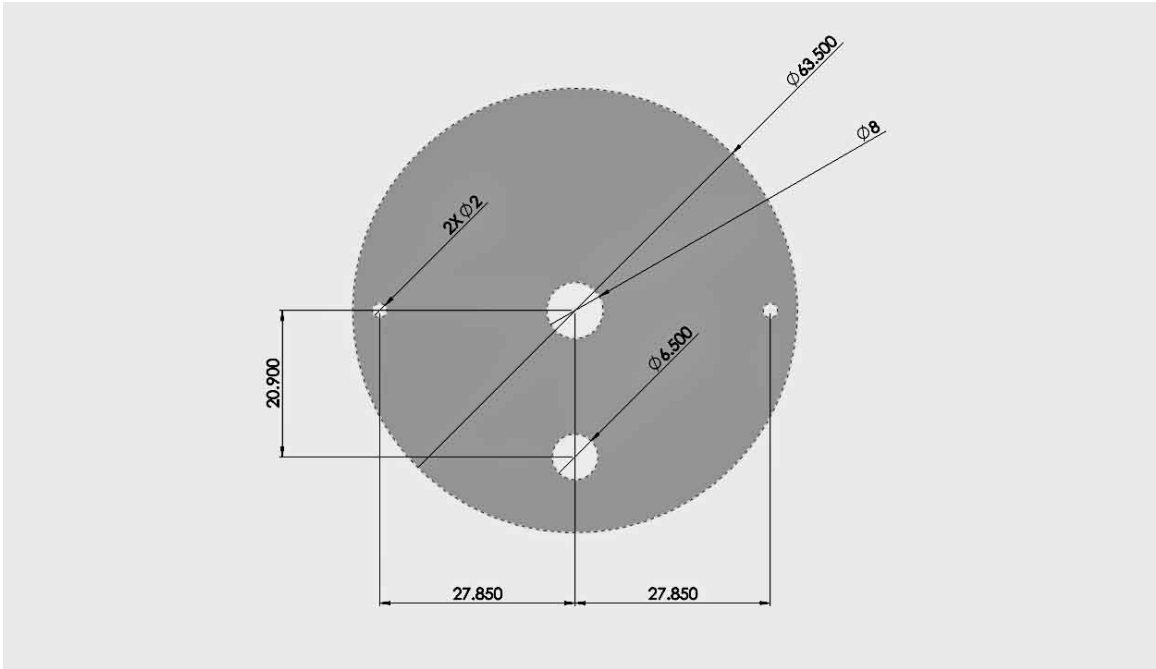


1. Pieza que funciona como soporte, cuyas dimensiones se observan en la *figura 2.7* (las dimensiones se encuentran en milímetros), esta pieza acopla el temporizador con la autoclave
2. Pieza circular que funciona como parte de la interfaz de usuario (*figura 2.8, dimensiones en milímetros*).
3. Los postes que unen estas dos piezas, en la *figura 2.9* se observa la unión de la pieza soporte con la circular mediante estos elementos. La longitud de estos forman la unión, entre el panel y la parte posterior de este.

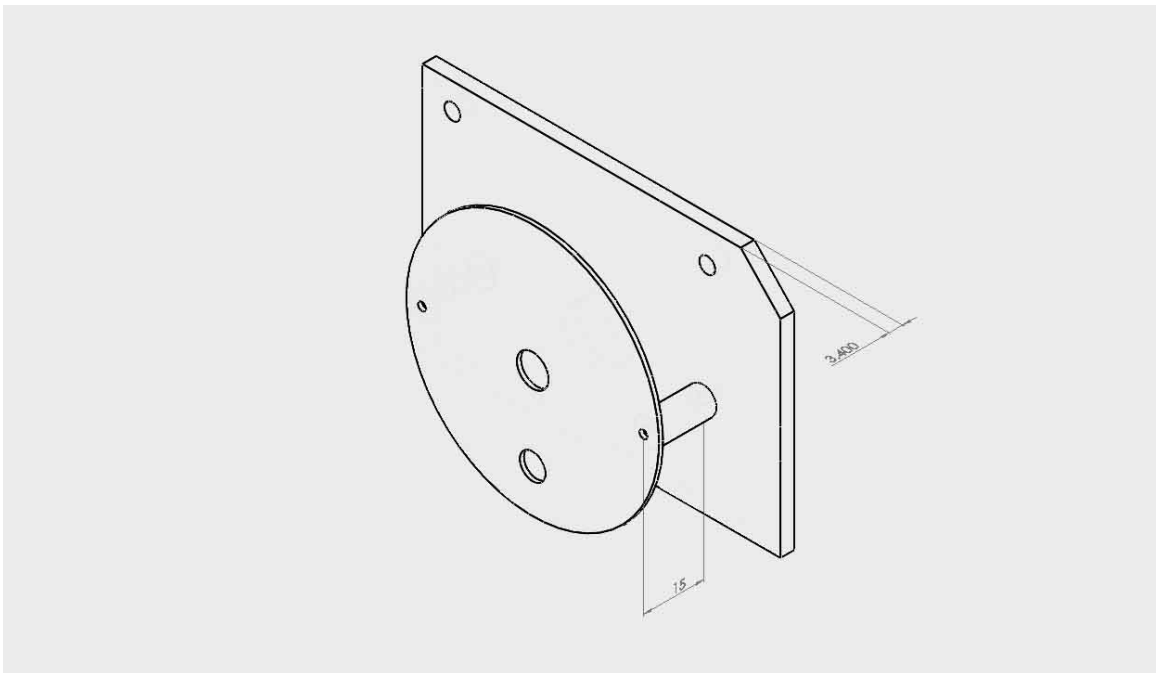
Esta elección es debido a que este conjunto de piezas funcionan como enlace del usuario con la autoclave, se observa en la *figura 2.2* que en la parte posterior se cuenta con espacio restringido por lo tanto establecen además una restricción en dimensiones.



**Figura 2.7** Pieza soporte



**Figura 2.8** Pieza circular



**Figura 2.9** Unión de pieza soporte y circular

## **2.2 Requerimientos para el reemplazo**

Para el diseño de un sustituto de tipo electrónico se considerarán los siguientes parámetros:

1. La interfaz con el usuario debe apegarse en la medida de lo posible al funcionamiento de la anterior, esto evita periodos largos de capacitación del usuario, o inclusive la operación intuitiva del equipo.
2. Las funciones que realice el reemplazo dentro de la autoclave debe ser idéntica a la inicial
3. Respetar las dimensiones de los elementos mecánicos más representativos

de tal manera que se evite, según las posibilidades, añadir o eliminar, o modificar otros elementos de la autoclave.

### **Requerimientos en la interfaz de usuario**

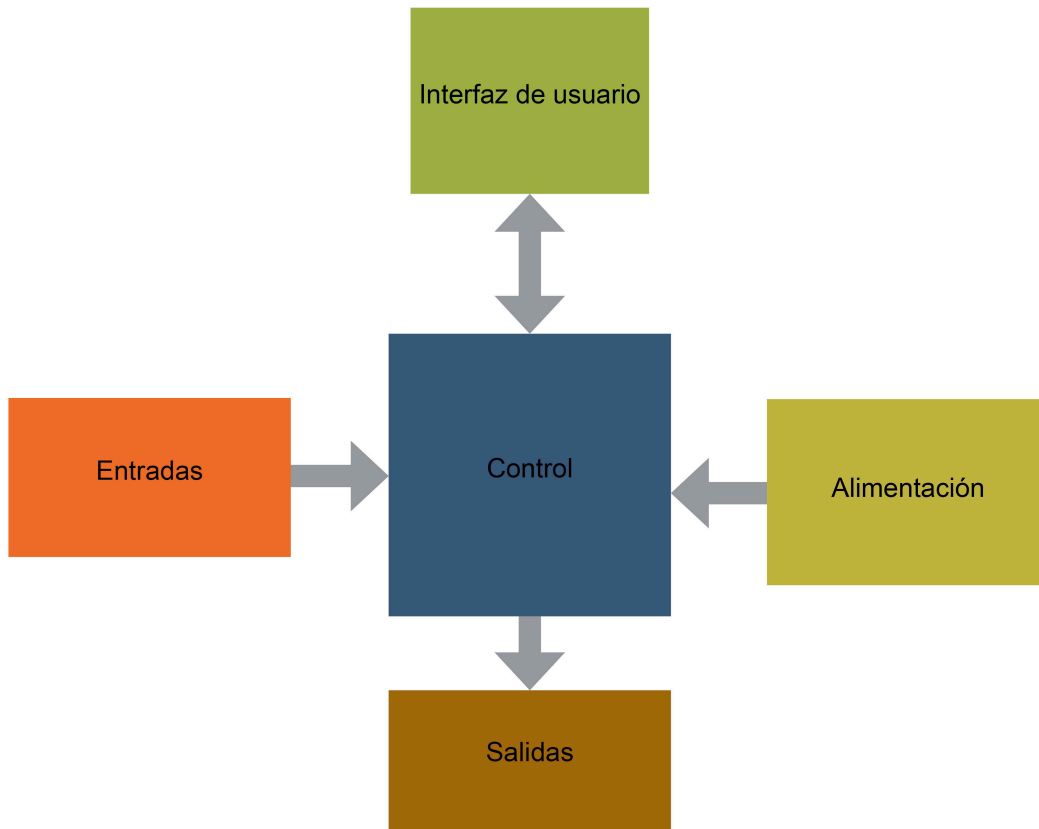
Tomando en cuenta el temporizador mecánico y su reemplazo electrónico los nuevos elementos tienen que tener las siguientes funciones.

1. Posicionamiento del tiempo de esterilización por parte del usuario a través de un elemento electrónico rotativo
2. Despliegue de la información en forma de minutos y utilizando dos dígitos

### **Requerimientos electrónicos**

La autoclave funciona con un voltaje de alimentación de 127 V AC, por lo tanto debe estar acoplada con esos voltajes para iniciar su conteo, y realizar las funciones de los interruptores del temporizador mecánico, a su vez y debido a que se trata de un elemento electrónico otra necesidad es su alimentación, la

cual se vuelve mas sencilla si sólo se suministra un voltaje. El proceso que relaciona las entradas, las salidas y el tiempo indicado para la esterilización lo realiza un control. La *figura 2.10* muestra esta relación de las etapas principales que conforman el nuevo temporizador.



**Figura 2.10** Requerimientos electrónicos

### Requerimientos de las piezas mecánicas

En las piezas mecánicas que conforman el nuevo elemento es de especial interés aquellas estructuras que sirven como:

1. Interfaz con el usuario
2. Realizar conexiones

### 3. Acoplamiento con la autoclave

Así como también elementos que soporten la temperatura que alcanza la autoclave durante su trabajo sin sufrir daños, la cual es de 40°C.

## 2.3 Modelado de las partes que constituyen el temporizador electrónico

### Modelo mecánico de la interfaz de usuario

Como parte relevante se consideró la interfaz de usuario con los elementos electrónicos de entrada y despliegue de información junto con la pieza que acopla el temporizador electrónico con la autoclave.

Las opciones electrónicas para los elementos de entrada y salida de información se muestran en la *tabla 2.4* junto con algunas ventajas o desventajas

Elemento rotativo	Encoder rotativo	Ideal para ambientes con ruido
	Potenciómetro	Susceptible al ruido,
Despliegue de información	Display de 7 segmentos	Pocas opciones de despliegue, visibilidad desde un amplio ángulo.
	Display LCD	Mas opciones de despliegue de información, poca visibilidad en ángulo, susceptible a la temperatura

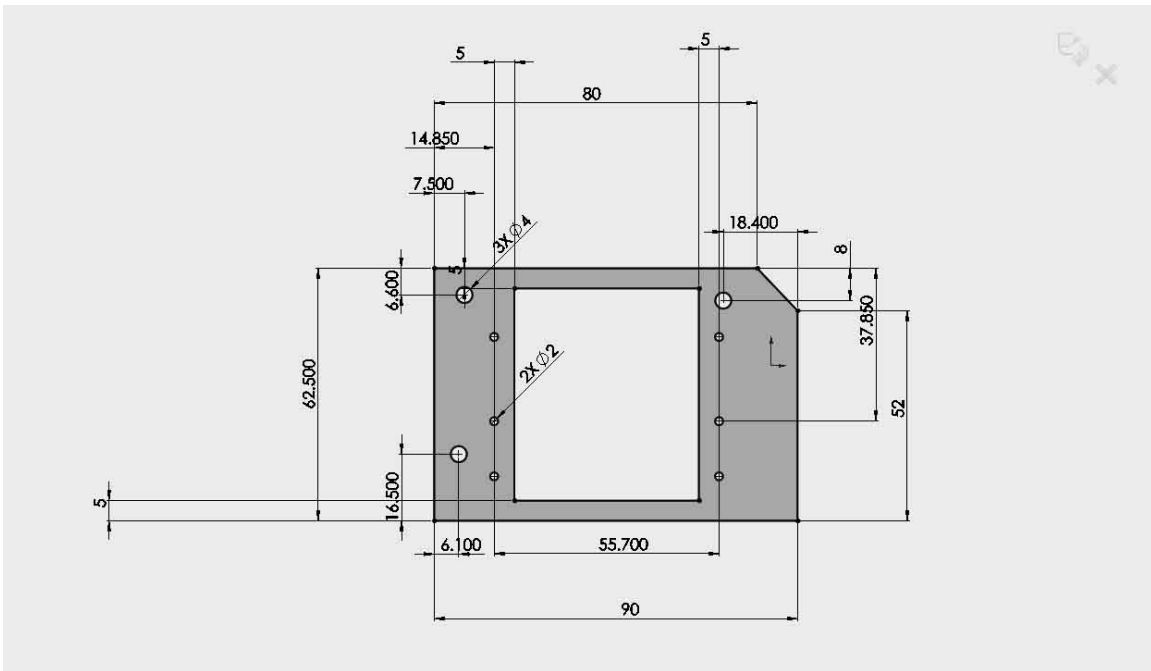
**Tabla 2.4** Opciones de reemplazo para los elementos de entrada y salida de información

Puesto que la información se despliega en dos dígitos y debido a la temperatura de trabajo se eligió dos display de 7 segmentos para desplegar información.

En el caso de la entrada de información se eligió un encoder rotativo por ser menos susceptible al ruido que puede ocasionar la temperatura.

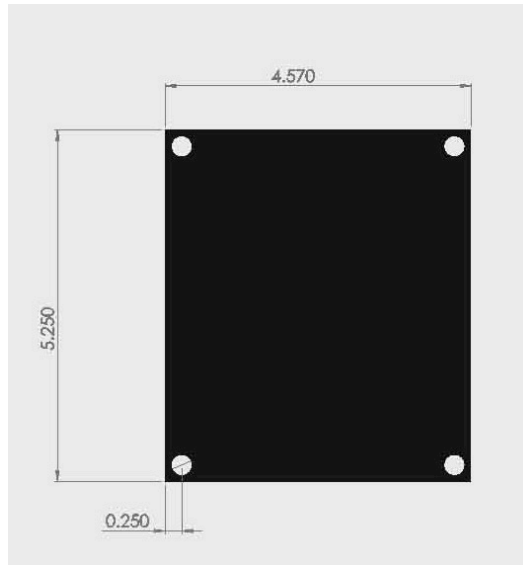
Estos dos elementos se modelaron, posteriormente se modeló la pieza soporte que muestra la *figura 2.11* con una ventana para integrar la interfaz de usuario

cuya altura la define la distancia entre los dos postes que sostienen la pieza circular, y la altura se considera de tal manera que quede un marco de 5 mm.

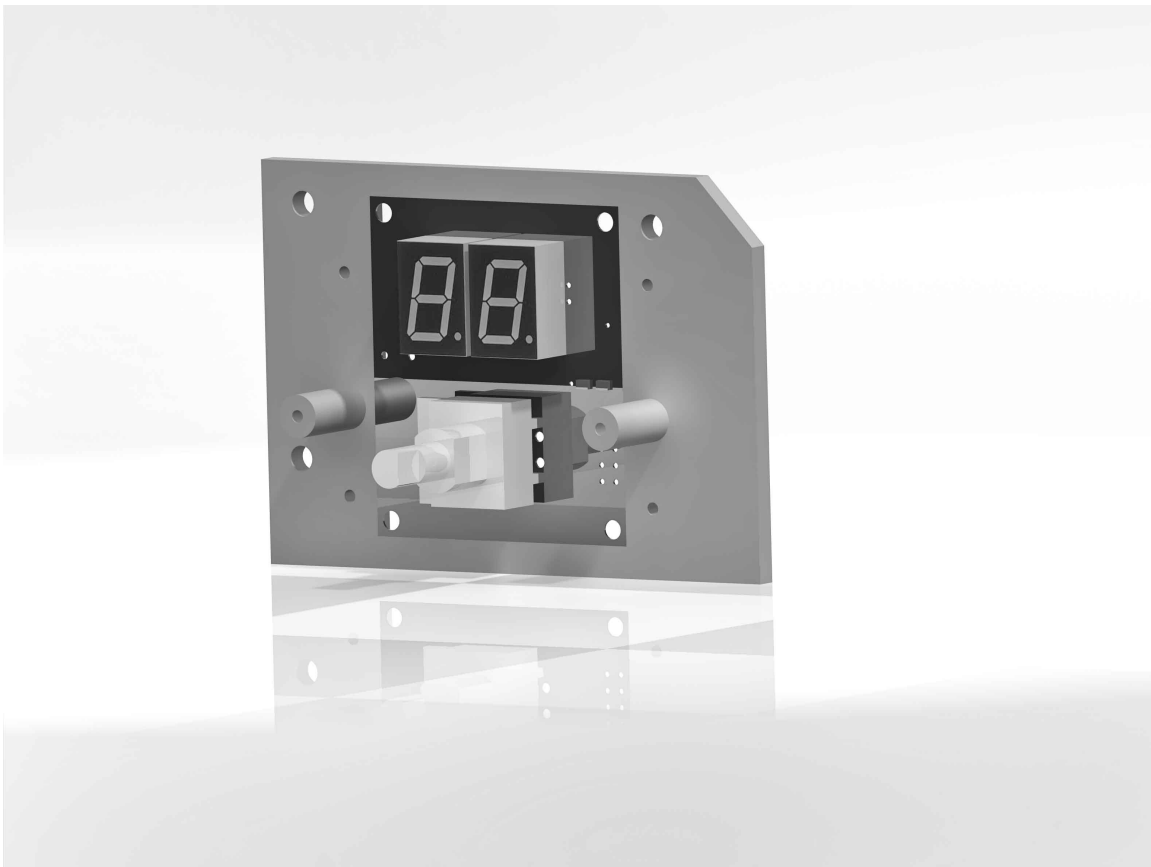


**Figura 2.11** Pieza soporte del temporizador electrónico

Una vez hecha esta pieza es posible modelar la tarjeta que contendrá el circuito de la interfaz de usuario, ésta se muestra en la *figura 2.12*, se agregan los modelos del encoder y los displays. El resultado de esto se muestra en la *figura 2.13*.



**Figura 2.12** Tarjeta de interfaz de usuario



**Figura 2.13** Interfaz de usuario preliminar

## **Modelo electrónico de la interfaz de usuario y control**

Los modelos de tarjetas hechos en SolidWorks son fácilmente transferibles a Altium Designer. A partir de las restricciones físicas se modela la tarjeta en altium, posteriormente se modelan aquellos componentes que no posean biblioteca tanto para el modelo esquemático como para el de tarjeta de circuito impreso.

El control puede ser una máquina de estados implementada en un microcontrolador, estableciendo el voltaje nominal de trabajo como de 5 V DC, es deseable que el resto de los elementos que se agreguen trabajen con el mismo voltaje, este requisito no implica cambios en los elementos anteriormente establecidos.

Se definen ahora los demás dispositivos que fungirán como entradas y salidas del control, considerándose:

### **1. Entradas:**

- a. Los estados del encoder rotativo que fijarán el tiempo de esterilización.
- b. El voltaje de 127 V de AC que enciende el temporizador y empieza el conteo regresivo.

### **2. Salidas:**

- a. La información para ser desplegada en los displays
- b. Las posiciones de los interruptores

Para el sistema que inicia el conteo del temporizador se necesita un dispositivo que sirva de acoplamiento entre los 127 V AC y el de operación del control electrónico, el módulo de entrada AC 70M-IAC5 se utiliza para detectar voltaje de 127 V AC, éste entrega un nivel lógico 1 cuando en su entrada no existe un voltaje de 127 V AC, cuando este voltaje está presente entrega un nivel lógico de 0.



Como reemplazo a los interruptores se consideró el uso de relevadores un polo, dos tiros RAS-0510, con un voltaje de encendido de 5 V para no agregar otro voltaje de alimentación.

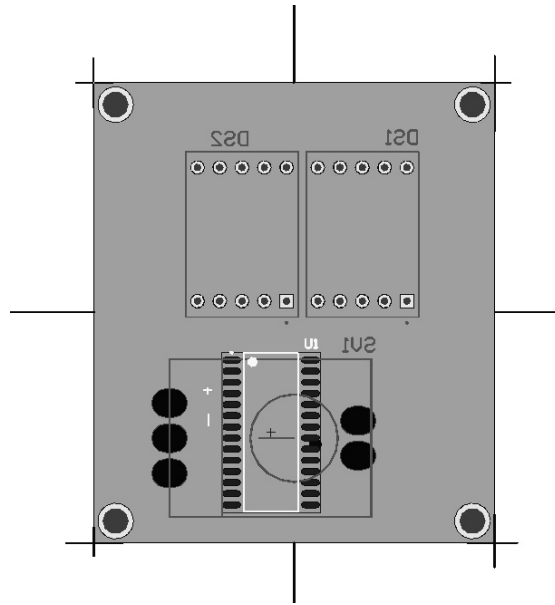
A partir de estos elementos representativos las necesidades que debe cumplir el microcontrolador son entradas y salidas digitales como se muestra en la *tabla 2.5*, necesitándose 4 entradas digitales y 12 salidas digitales:

7	Salidas digitales	Display de 7 segmentos
2		Transistores driver para displays
3		Relevadores
2	Entradas digitales	Encoder rotativo
2		Módulo de entrada AC

**Tabla 2.5** Entradas y salidas digitales

El microcontrolador pic18f2620 es un microcontrolador de 28 pines en empaquetado SOIC, cuenta con tres puertos de 8 bits para entradas y salidas digitales, éstos son los puertos A, B y C, contando con un total de 25 salidas digitales con un pin extra para el puerto E. Contiene otros periféricos que no son de interés para este proyecto, debido a su tamaño se observa que la tarjeta para la interfaz de usuario puede contenerlo.

Una vez determinados el uso de estos elementos se inicia el modelado electrónico la *figura 2.14* muestra la tarjeta de circuito impreso en donde se encuentran dos displays de 7 segmentos ocupando ambos lados de la tarjeta el microcontrolador y el encoder rotativo ocupando sólo uno.



**Figura 2.14** Modelo de tarjeta electrónica de interfaz de usuario y control

En la *figura 2.15* se muestra el diagrama esquemático de la interfaz de usuario y control. Ésta tarjeta los siguientes pines disponibles:

- RX1/RC7, TX1/RC6, RC5/SD0, RC4/SDI/SDA, RC3/SCK/SCL
- RA2/AN2, RA3/AN3, RA4/T0CKI, RA5/AN4

Salidas y entradas suficientes para la comunicación con las demás etapas, quedando cuatro para otros posibles usos.

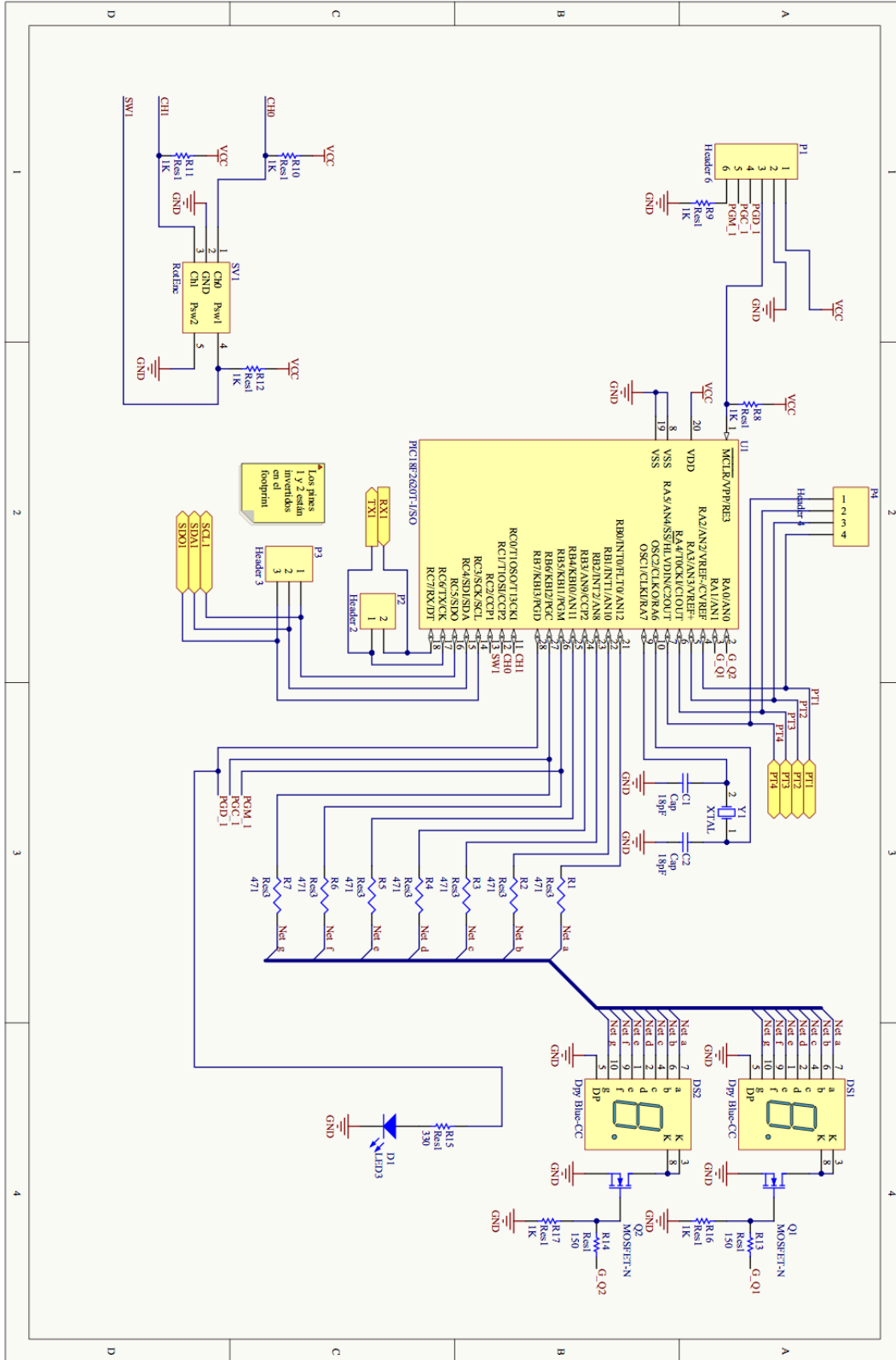


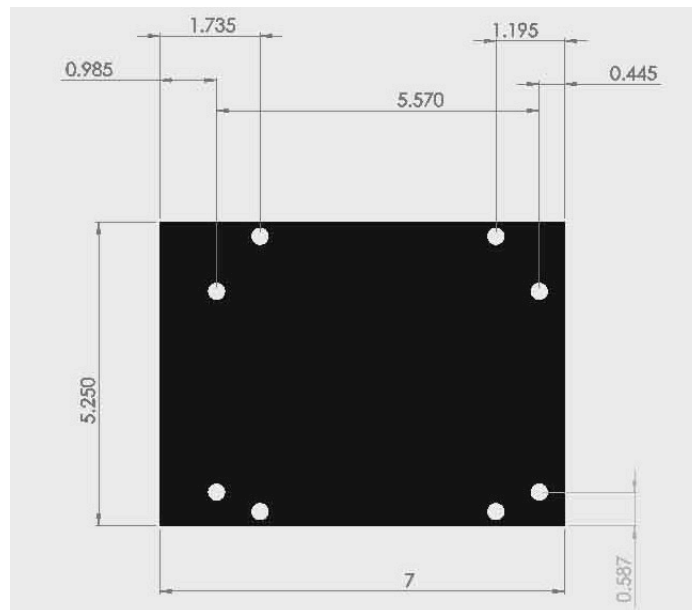
Figura 2.15 Diagrama esquemático de la interfaz de usuario

## Modelos mecánicos y eléctricos para la etapa de actuadores y de módulos de entrada AC.

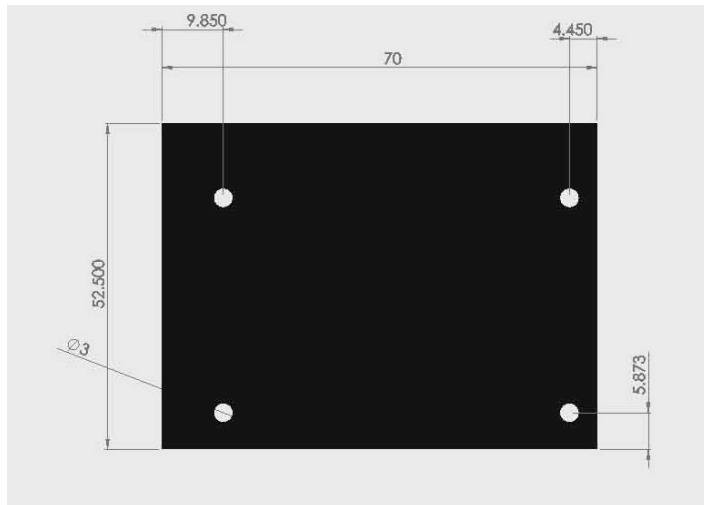
Se modelaron dos tarjetas de circuito impreso para contener el resto de las etapas electrónicas, la tarjeta intermedia mostrada en la *figura 2.16* sostiene a la de interfaz de usuario y esta a su vez se sostiene de la pieza soporte. La pieza posterior se sostiene de la pieza soporte (*figura 2.17 con dimensiones en milímetros*) y puede ser repetida si son necesarias más tarjetas.

Se dividió el resto del sistema en la tarjeta de actuadores para las salidas de los relevadores y la de módulo de entradas AC, y se realizó el diagrama esquemático alrededor de estos elementos.

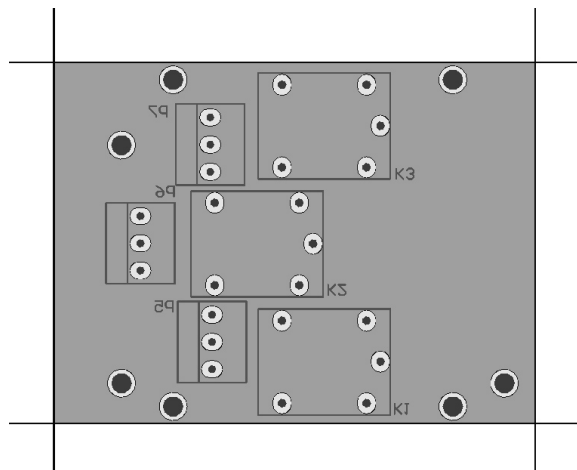
La *figura 2.18* muestra K1, K2 y K3, los relevadores dispuestos en la tarjeta junto con P5, P6 y P7 para realizar las conexiones. La *figura 2.19* muestra U2 y U3 Con los módulos de entrada AC con P10 para las conexiones.



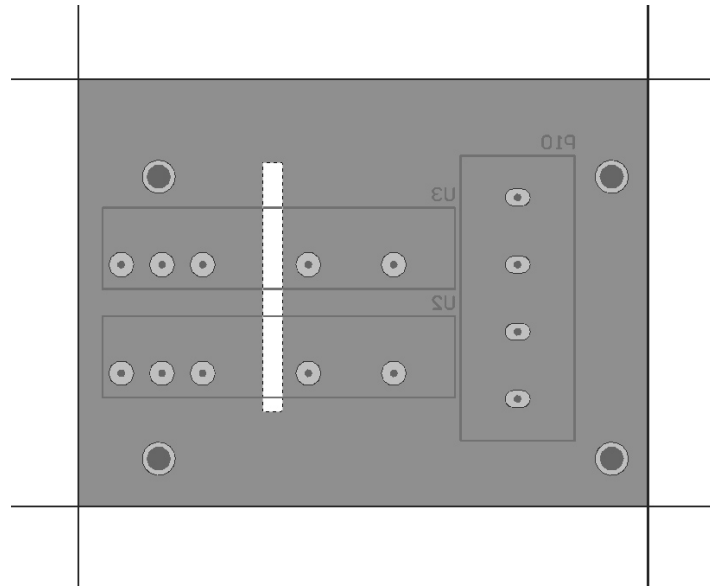
**Figura 2.16** Tarjeta intermedia



**Figura 2.17** Tarjeta posterior



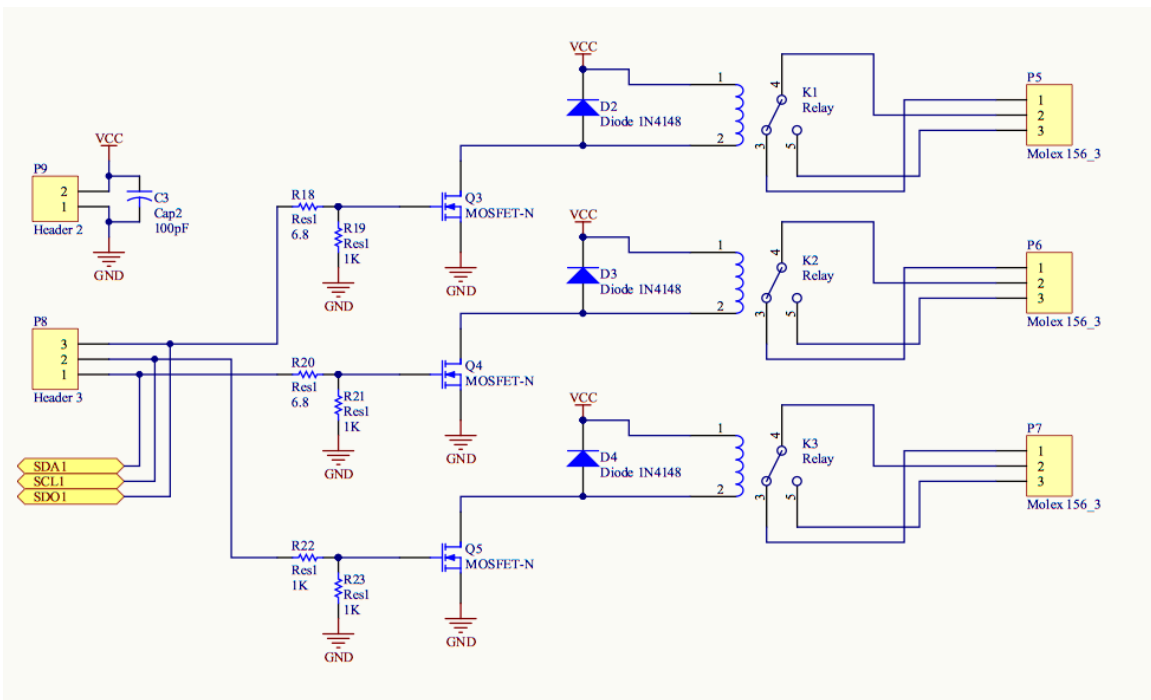
**Figura 2.18** Modelo preliminar de la etapa de actuadores



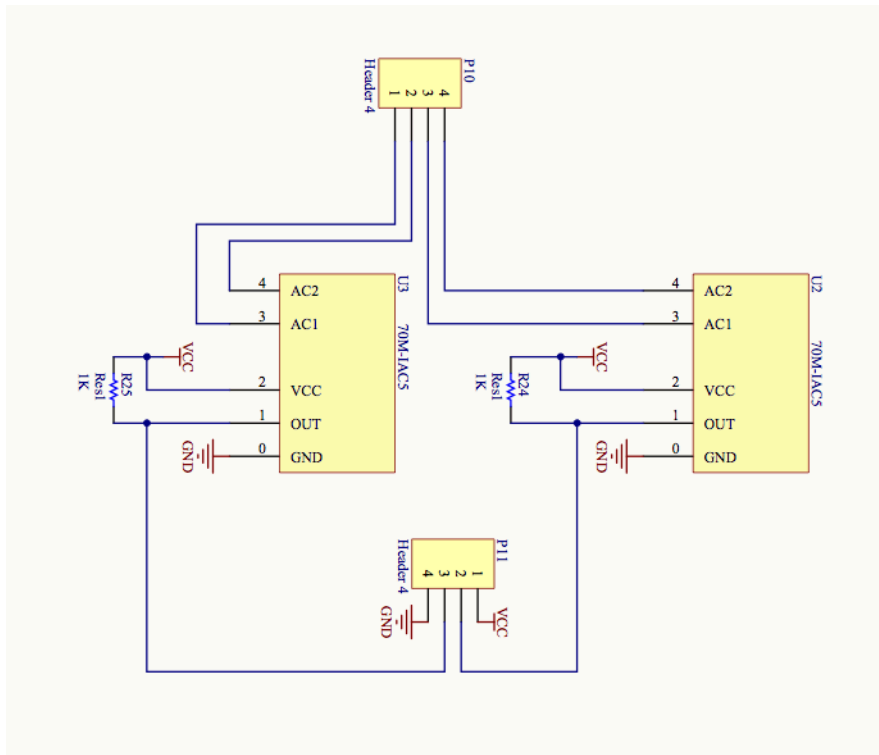
**Figura 2.19** Modelo preliminar de la tarjeta de módulos de entrada AC

La *figura 2.20* es el diagrama esquemático de la etapa de actuadores, cada relevador es acoplado mediante un mosfet BS170 las conexiones SDA1, SCL1 y SDO1 comunican con la etapa de control.

El diagrama de la etapa de módulos de entrada AC lo muestra la *figura 2.21*. Esta etapa sólo acopla el control con los 127 V AC.



**Figura 2.20** Diagrama esquemático de la etapa de actuadores



**Figura 2.21** Diagrama esquemático de la etapa de módulos de entrada AC

## Modelo del programa control

El diseño del programa se realizó mediante la previa descripción del comportamiento del sistema mediante un diagrama de estado tomando como entradas la información alto o bajo recibidas de los módulos de entrada AC, y como salidas el estado de encendido o apagado (1 y 0) de los relevadores como se muestra en las *tablas 2.6 y 2.7* respectivamente.

Salidas	
$K_1, K_2, K_3$	Relevadores, pueden estar en encendido o apagado

**Tabla 2.6** Salidas de la máquina de estados.

Entradas	
$U_2, U_3$	Señal que envían los respectivos integrados
$t_c$	Tiempo de conteo de esterilización

**Tabla 2.7** Entradas de la máquina de estados.

En la *figura 2.22* se muestra el diagrama de estados del sistema considerando las entradas y salidas en el orden que muestra la *tabla 2.8*, siendo los estados:

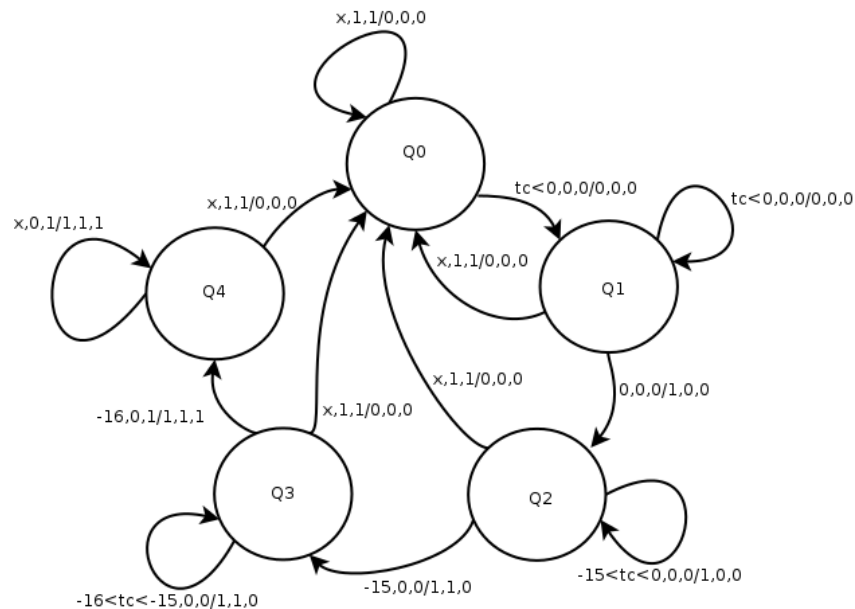
- **Q0** Es el estado de *establecer tiempo por parte del usuario*. En este estado no hay conteo de tiempo, todos los relevadores se encuentran apagados, la información desplegada es el tiempo de esterilización y se fija mediante el encoder rotativo.
- **Q1** La etapa de exposición al vapor o de *esterilización*. Todos los relevadores se encuentran apagados y se cuenta el tiempo en forma regresiva a partir de *tiempo de esterilización*, la información desplegada en este y en los siguientes estados es el *tiempo de conteo*, el encoder rotativo no proporciona información ni afecta al estado.
- **Q2** Es la etapa de expulsión de vapor, el primer relevador está encendido y el conteo de tiempo se encuentra en negativo.



- **Q3** Se encuentra en la etapa de secado y el segundo relevador está encendido.
- **Q4 Bloqueo**, los tres relevadores se encuentran encendidos, el conteo ya no continúa.

Entradas			Salidas		
$t_c$	$U_2$	$U_3$	$K_1$	$K_2$	$K_3$
$99 > t_c > -16$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

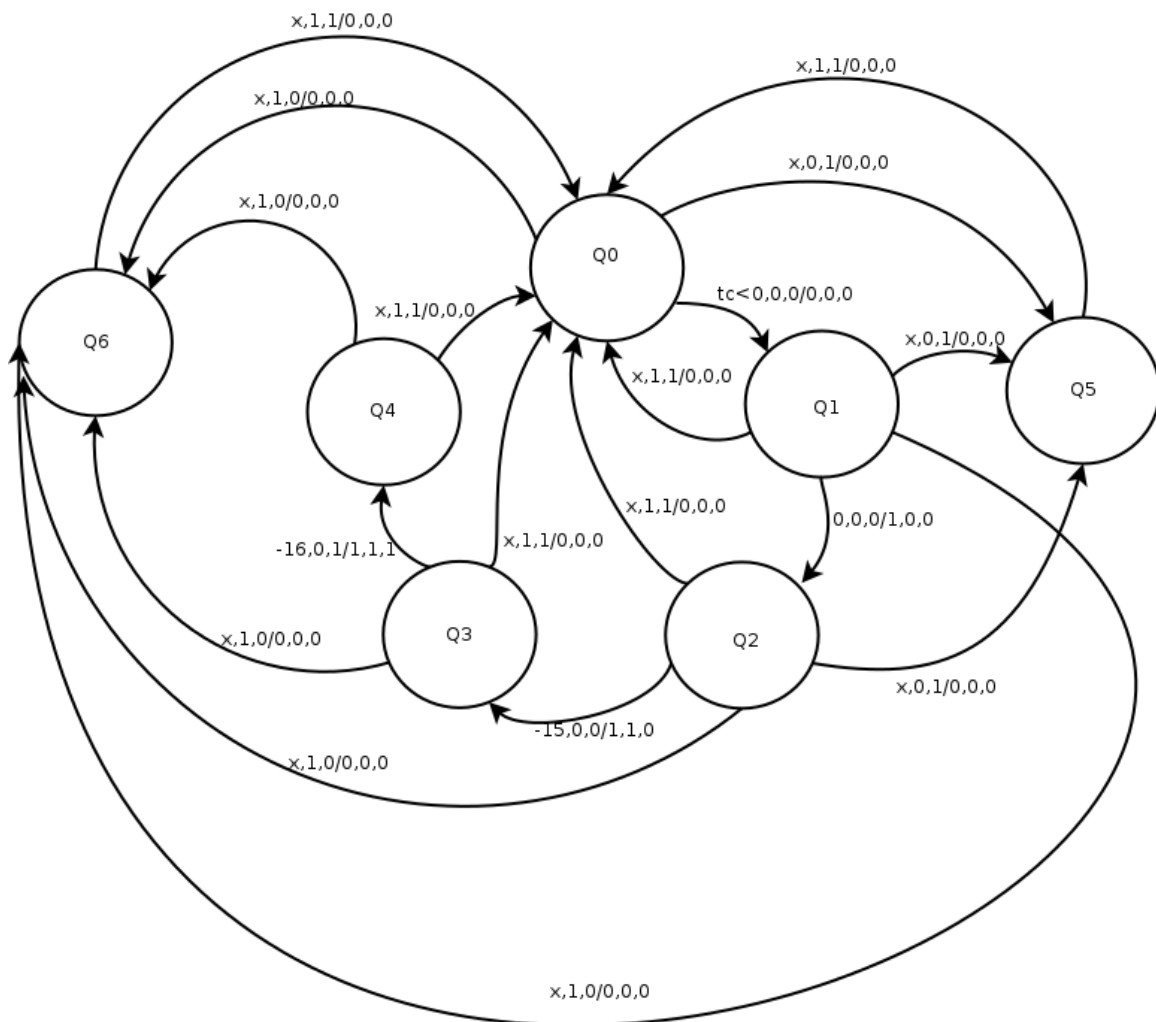
**Tabla 2.8** Entradas y salidas



**Figura 2.22** Diagrama de estados del temporizador electrónico

Las transiciones que van de un estado a él mismo pueden verse como las restricciones que evitan que la transición ocurra, los disparadores de la transición son las entradas definidas, y el estado actual, con esto se pueden determinar errores en la conexión o en algún componente. En la *figura 2.23* se observa el diagrama de estados con los estados Q5 y Q6 que indicarían un error

de conexión o con el componente U3 y U2 respectivamente, este diagrama no muestra las restricciones de transición.



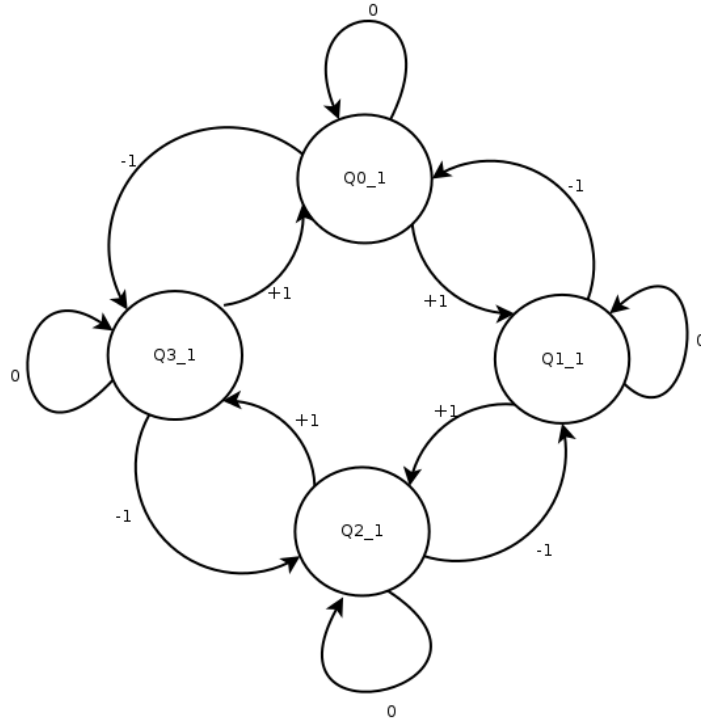
**Figura 2.23** Diagrama de estados con detección de errores en los módulos de entrada AC

Q0 es de especial interés puesto que envuelve el proceso de interacción con el usuario en donde éste establece un parámetro, a diferencia del resto de los estados en donde éste sólo recibe información.

El procedimiento de establecer tiempo de esterilización puede a su vez modelarse de la siguiente manera considerando:

- **Estados:** el estado del encoder mediante las terminales Ch0 y Ch1
- **Salida:** incremento unitario

En la *figura 2.24* se observa el comportamiento mostrando en cada transición. En la salida sin embargo no existe disparador explícito, se trata de una revisión constante del estado actual y del estado anterior lo que determina la salida.



**Figura 2.24** Diagrama de estados de establecer tiempo de esterilización

Mediante este procedimiento el usuario establece el tiempo de esterilización a partir del giro del encoder, finalmente esta información será desplegada en el display.

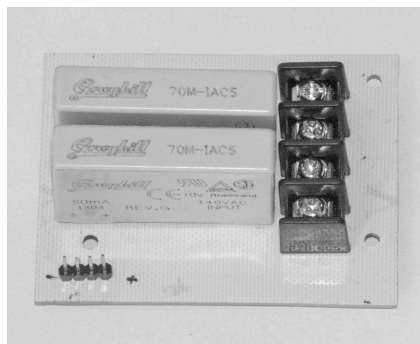
## Capítulo 3

### Pruebas y resultados

#### 3.1 Pruebas sobre las etapas electrónicas

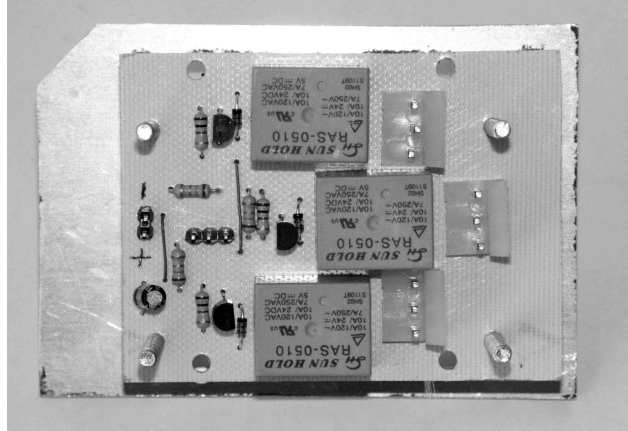
Cada una de las tarjetas electrónicas fue probada por separado simulando condiciones de trabajo.

A la tarjeta módulo de entrada AC mostrado en la *figura 3.1* le fue aplicado un voltaje de 127 V por cada módulo y se comprobó que en presencia del voltaje diera un 0 lógico como salida y en ausencia de este un 1 (5V DC el voltaje de alimentación).



**Figura 3.1** Tarjeta módulo de entrada AC prototipo

La tarjeta de actuadores (en la *figura 3.2*) fue alimentada con una señal de 5V DC a cada entrada para comprobar la conmutación de cada relevador, esta fue monitoreada mediante medición de continuidad por multímetro.



**Figura 3.2** Tarjeta de actuadores prototipo

En el caso de la tarjeta interfaz de usuario y control fue escrito un programa prueba cuya única diferencia con el programa final es que el tiempo de conteo regresivo se realiza cada dos segundos. Le fueron suministrados los voltajes enviados por los módulos de entrada AC y se comprobó la señal que éste debe enviar en cada estado.

Todas las pruebas fueron satisfactorias en las tres tarjetas, por lo que se procedió entonces al funcionamiento integrado, cambiando el programa de la interfaz con el conteo por minuto, y se montó en la mesa de prueba que muestra la *figura 3.3*, en donde fueron simuladas las siguientes condiciones y resultados:

1. Sin señal de AC en los módulos
  - a. Las salidas de los módulos de entrada AC se encuentran en alto como lo muestra la *figura 3.4*.
  - b. El sistema inicia con 30 minutos preestablecidos si es encendido por primera vez como muestra la *figura 3.5*
  - c. El usuario puede fijar el tiempo de esterilización mediante el giro del encoder, giro a la derecha incrementa un minuto, giro a la izquierda resta un minuto
  - d. Los relevadores se encuentran apagados
  - e. D1 se encuentra apagado

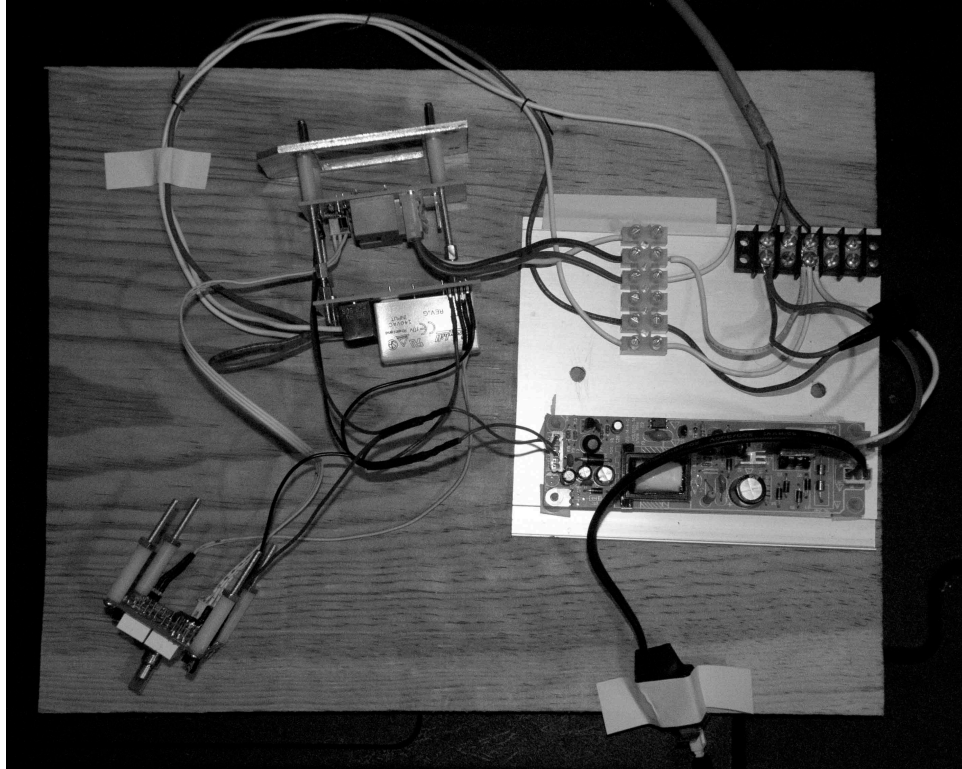
- f. Las señales de los transistores driver de los displays derecho e izquierdo se muestran en las *figuras 3.6 y 3.7* respectivamente, observe como la señal para el display derecho tiene una mayor duración que la del izquierdo, esta diferencia de duraciones está relacionada al tiempo que tarda la rutina de este estado en ejecutarse.

## 2. Se aplica señal de 127 V AC

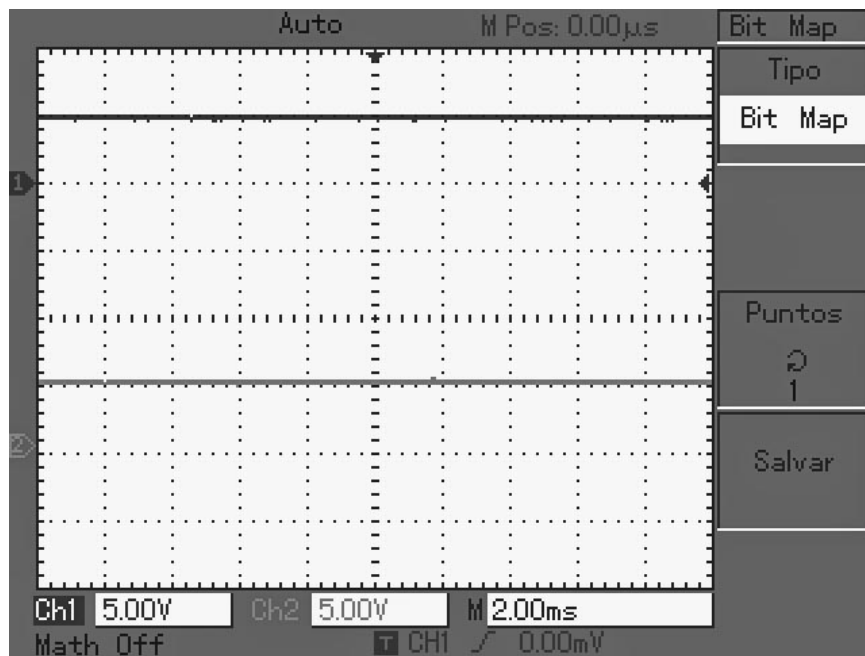
- a. Las salidas de los módulos de entrada AC están en bajo como muestra la *figura 3.8*.
- b. No se puede establecer tiempo de esterilización, este queda bloqueado y en el display aparece sólo el tiempo de conteo.
- c. D1 permanece encendido.
- d. La señal en el gate del transistor driver sólo del display izquierdo se muestra en la *figura 3.9*, el tiempo que permanece en bajo es lo que tardan en realizarse las demás rutinas, aquella que principalmente agota tiempo es el encendido del otro display.
- e. Al llegar a cero el conteo se activa K1 y así permanece.
- f. Cuando el conteo llega a 15 después de cero se activa K2, un minuto después se activa K3, y permanece en ese estado hasta que se retira la señal de AC.
- g. Una vez retirada el display muestra el tiempo de esterilización previamente establecido y se vuelve al estado de establecer tiempo.

## 3. Durante el conteo se retira la señal de AC

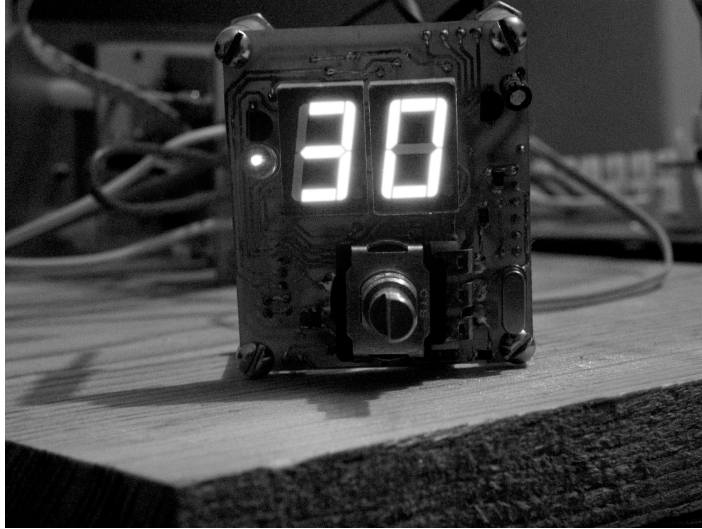
- a. Si se retira antes de llegar a cero el conteo se detiene y se vuelve al estado de establecer tiempo con el preestablecido por el usuario.
- b. Si es retirada pasando tiempo cero sucede lo mismo que el anterior y se apagan los relevadores.



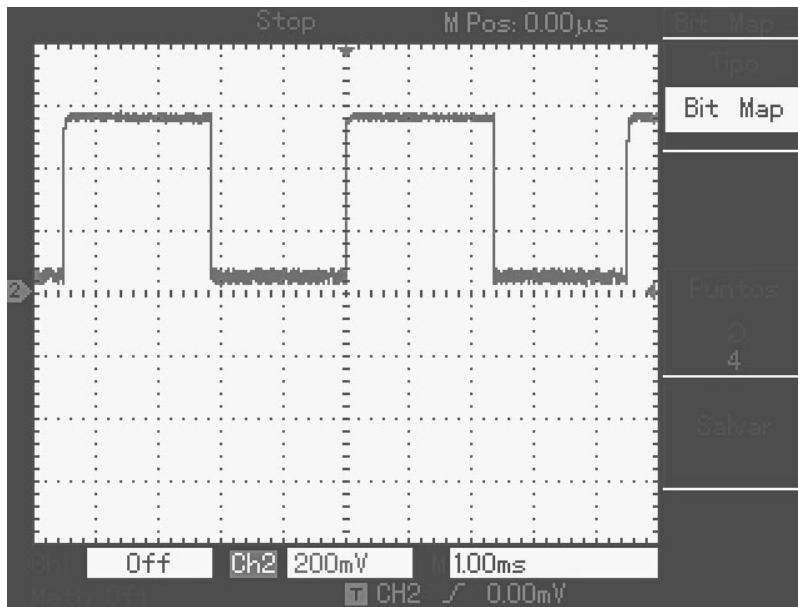
**Figura 3.3** Mesa de prueba para el sistema acoplado eléctricamente



**Figura 3.4** Salida de los módulos de entrada AC en ausencia de señal

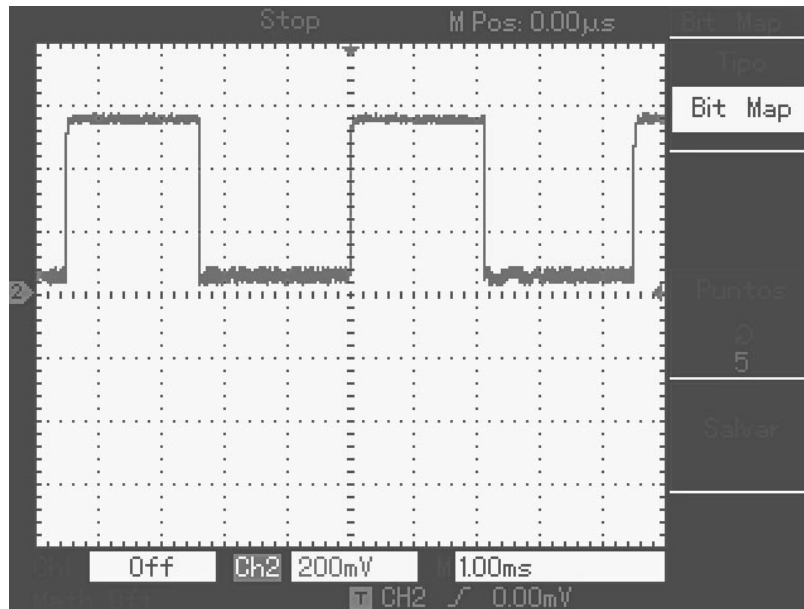


**Figura 3.5** Inicio del sistema

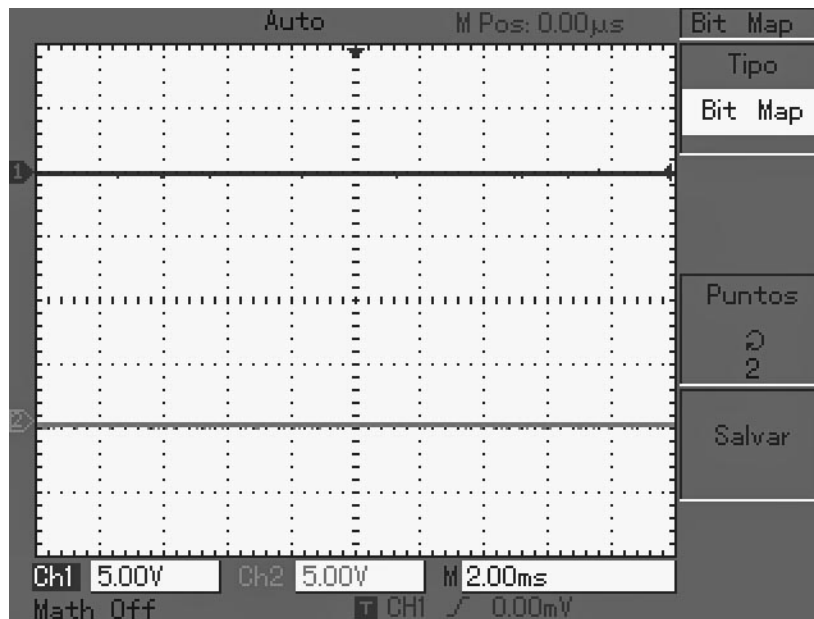


**Figura 3.6** Señal en el gate del transistor driver del display derecho

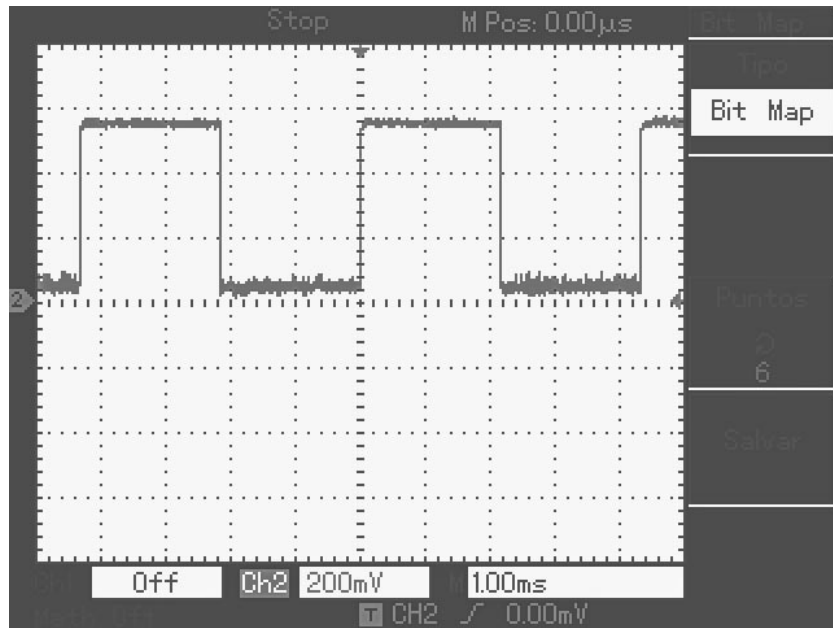




**Figura 3.7** Señal en el gate del transistor driver del display izquierdo



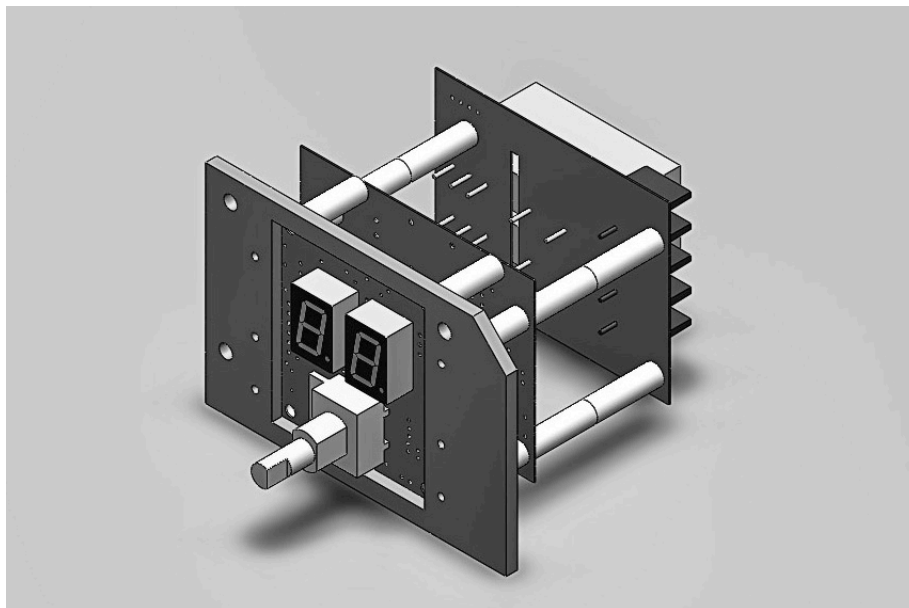
**Figura 3.8** Salidas de los módulos de entrada AC durante el conteo



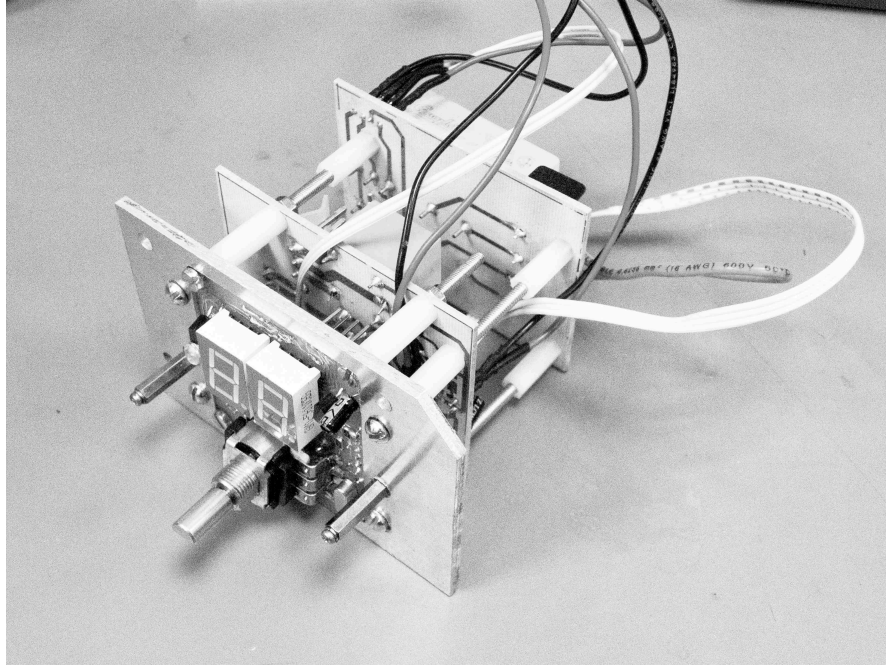
**Figura 3.9** Señal en el gate del transistor driver del display izquierdo durante el conteo.

### 3.2 Integración del sistema

El sistema se integró mecánicamente según el modelo que muestra la *figura 3.10*, y realizando las conexiones, el resultado se muestra en la *figura 3.11*.



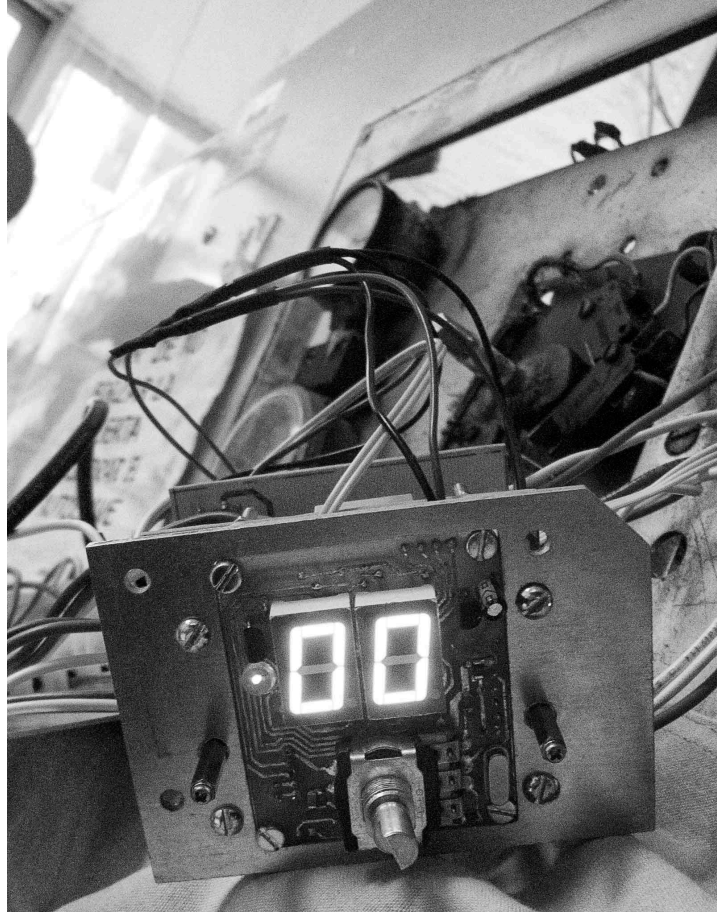
**Figura 3.10** Integración de las tarjetas electrónicas



**Figura 3.11** Control electrónico

Una vez hecho esto se realizó una prueba en la autoclave. En esta prueba no se acopló mecánicamente a la autoclave debido a la disponibilidad de tiempo. La *figura 3.12* muestra el temporizador y al fondo se observa la válvula de distribución sin perilla, la autoclave se encuentra sin el panel. Una vez realizadas las conexiones se inició el funcionamiento con el selector en secado teniendo como resultados:

1. Al llegar a la presión preestablecida se inicia el conteo con una duración de 15 minutos.
2. En tiempo cero la válvula de distribución giró como se esperaba hacia la expulsión.
3. En tiempo -15 terminado el secado se activó la alarma.
4. En tiempo -16 se bloqueó el sistema.
5. Al girar la válvula de distribución a parar se reinició el contador.



*Figura 3.12 Prueba en autoclave*

## Conclusiones

El producto obtenido de este trabajo sustituye funcionalmente al temporizador mecánico de la autoclave KARBF-2038-VE, pudiendo este proyecto ser una forma de alargar la vida útil de este equipo en específico.

En este proyecto quedan sin uso los pines 4,5 6 y 7 del microcontrolador, y un botón del encoder, realizando otras modificaciones también tienen los pines RX y TX pudiéndolo así comunicar con otros dispositivos necesitando sólo algún pequeño agregado, pueden estas características adicionales agregar valor al diseño capaz de utilizarse en otras aplicaciones de complementación tecnológica y conteo de tiempo como lo son autoclaves de vapor, centrífugas, o incluso de control de temperatura en equipos en donde sólo sea necesario visualizar los dos primeros dígitos.

De especial utilidad es también en la complementación tecnológica de autoclaves de vapor de mesa o en aquellas que no funcionan girando una válvula sino encendiendo y apagando electroválvulas, en estos casos se puede incluso utilizar sin realizar cambios, ni en el programa, ni sobre el temporizador.

El modelado en computadora permitió que el desarrollo de este proyecto se desarrollara en menor tiempo, puesto que reduce la cantidad de pruebas físicas, calcular la cantidad de materiales para adquirir, por lo que la simulación en computadora juega un papel de suma importancia en el curso de los proyectos, durante este ejercicio se hizo también evidente la necesidad de la intervención de varios ámbitos del saber, y que la producción depende de un equipo multidisciplinario especializado en los ámbitos de las partes que forman todo un sistema, pero también sin ser completamente ajeno a todos los demás conocimientos a los que un producto afecta.

## Bibliografía

Louis C. Gapensky (2007) "Understanding healthcare financial management"  
Quinta edición E.E.U.U

John Vail Farr (2011) "Systems Life Cycle Costing: Economic Analysis,  
Estimation, and Management" Primera edición E.E.U.U.

Herbert B. Callen (1985) "Thermodynamics and introduction to thermostatistics"  
Segunda edición E.E.U.U.

Walter Greiner, Ludwig Neise, Horst stöcker (1997) "Thermodynamics and  
statistical mechanics" Segunda edición Alemania

Ryogo Kubo (1968) "Thermodynamics and advance course with problems and  
solutions" Segunda edición Holanda

Yunus a. Çengel, Michael A. Boles (2009) "Termodinámica" Sexta edición  
México

Donald T. Haynie (2008) "Biological Thermodynamics" Segunda edición  
E.E.U.U.

Anil W. Date (2011) "Analytic combustion with thermodynamics, chemical kinetics  
and mass transfer" Primera edición E.E.U.U.

Robert T. Balmer (2011) "Modern engineering thermodynamics" Primera edición  
E.E.U.U.

Jhon H. Lienhard IV (2003) "A heat transfer textbook" Tercera edición E.E.U.U.

CENETC Salud (2006) "Guía tecnológica No. 35" México

Bruce V. Hofkin (2011) "Living in a microbial world" Primera edición E.E.U.U.

Martin Dworkin (2006) "The prokariotes a handbook on the biology of bacteria,  
Volume 2" Tercera edición Singapur

Knaysi G. (1930) "Disinfection do bacteria die logarithmically?"

Ghasem D. Najafpour (2007) "Biochemical engineering and biotechnology  
Primera edición Holanda

Marimargaret Reichert, Jack H. Young (1997) "Sterilization technology for the  
health care facility" Segunda edición E.E.U.U.

G. Jack Lipovski (2000) "Embedded microcontroller interfacing for m core  
systems" Primera edición E.E.U.U.

Myke Predko (2008) "Programing and customizing the PIC microcontroller"  
Tercera edición E.E.U.U.

Mazidi, Muhamad Ali (2009) "HCS12 microcontroller and embedded systems"  
Primera edición E.E.U.U.

Jari Nurmi (2007) "Processor design" Primera edición Finlandia

Dogan Ibrahim, Ahmet Ibrahim (2010) "Microcontroller based GSM/GPRS  
projects" Primera edición Inglaterra

Kin-Huat Low (2007) "Industrial Robotics: Programming, Simulation and  
Applications " Primera edición Alemania