

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA: ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



NIVEL LICENCIATURA
EXAMEN DE GRADO
TRABAJO DE APLICACIÓN
**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE TEMPERATURA Y DRENADO PARA EL GENERADOR DE
VAPOR DEL AUTOCLAVE DEL HOSPITAL OBRERO NRO. 1 DE LA
CIUDAD DE LA PAZ”**

POSTULANTE: JHONNY CHOQUEHUANCA LIZARRAGA

La Paz - Bolivia

2016

AGRADECIMIENTOS

Primeramente mis agradecimientos a la Universidad Mayor de San Andrés y a la Facultad de Tecnología por acogerme en estos años de estudio. A todos los docentes de la facultad por la enseñanza brindada, que fueron bases fundamentales para la realización de este proyecto. También agradezco a mi familia por la paciencia, motivación y comprensión que me brindó durante esta etapa de mi vida y sobre todo a mi querida madre por su apoyo que me ayudó a alcanzar todas las metas que me he propuesto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre por haberme brindado la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa Carrera y Universidad, y mis hermanos por brindarme siempre su apoyo incondicional, a los docentes de la Facultad y de la Carrera por brindarme sólidos conocimientos y competencias, a mis compañeros de estudio que siempre me aconsejaron, me brindaron su apoyo y me motivaron para alcanzar las metas ya planteadas.

INDICE GENERAL

Pg.	
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	1
CAPITULO I	
1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	3
1.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	4
1.2.3. JUSTIFICACIÓN SOCIO / AMBIENTAL	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. DELIMITACIÓN	5
1.4.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
1.4.2. DELIMITACIÓN CIRCUNSTANCIAL	5
1.5. METODOLOGÍA	5
CAPITULO II	
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	6
2.1. ESTERILIZACIÓN	6

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN.....	6
2.1.2. MÉTODOS FÍSICOS DE ESTERILIZACIÓN CON ALTA TEMPERATURA.....	7
2.1.3. TEMPERATURA.....	7
2.1.4. TIEMPO	7
2.2. TIPOS DE ESTERILIZADORES A VAPOR	7
2.2.1. ESTERILIZACIÓN POR PRE-VACÍO AUTOCLAVE.....	8
2.2.2. AUTOCLAVE TUTTNAER	8
2.2.3. ESTÁNDARES	9
2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE VAPOR POR MATERIAL DE DISEÑO	10
2.2.5. GENERADOR DE VAPOR.....	10
2.2.6. VÁLVULAS DE SEGURIDAD.....	12
2.2.7. VÁLVULA DE ALIVIO DE BRONCE TIPO OEN	12
2.2.8. CONTROL DE NIVEL DE AGUA Y ALARMAS.....	13
2.2.9. SENSORES DE AGUA POR CONDUCTIVIDAD	15
2.2.10. SENSORES DE AGUA POR CAPACITANCIA	16
2.3. PURGAS O DRENADO DE CALDERAS	17
2.3.1. PROCEDIMIENTO DE PURGA.....	18
2.4. PROBLEMAS Y TRATAMIENTO DE AGUA DE CALDERAS.....	19
2.4.1. INCRUSTACIÓN Y EFECTOS DE LA MISMA	19
2.5. MICROCONTROLADORES	21
2.5.1. MICROCONTROLADOR PIC 18F4550.....	22
2.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR PIC 18F4550	22
2.6. SENSOR DE TEMPERATURA LM35	23
2.7. PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO LCD	24
2.7.1. PIN DE SALIDA DEL LCD 16X2 HD44780.....	25

CAPITULO III

3. INGENIERIA DE PROYECTO	26
---------------------------------	----

3.1. CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL SISTEMA.....	26
3.1.1. CALCULO DE DISEÑO	27
3.2. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE DRENADO	29
3.2.1. BLOQUE DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL	29
3.2.2. BLOQUE DE VISUALIZACIÓN.....	31
3.3. DISEÑO DE SOFTWARE	34
3.3.1. CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR	35
3.3.2. CÓDIGO FUENTE Y PLANTILLA DEL BLOQUE DE VISUALIZACIÓN ..	36
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	36
3.4.1. ETAPA DE MONITORIZACIÓN.....	37
3.4.2. ETAPA DE CONFIGURACIÓN DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE DRENADO.....	37
3.4.3. ETAPA DE DRENADO	38
3.4.4. ETAPA DE FINALIZACIÓN DE DRENADO	39

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE COSTOS	40
4.1. COSTOS FIJOS	40
4.2. COSTOS VARIABLES	41

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. CONCLUSIONES	42
5.2. APORTE ACADÉMICO	43
5.3. RECOMENDACIONES	43
6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	44
7. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pg.
Figura Nro. 1. Funcionamiento del esterilizador de desplazamiento por pre-vacío. .	9
Figura Nro. 2. Generador de vapor	11
Figura Nro. 3. Válvula de alivio	12
Figura Nro. 4. Estructura Interna de una válvula de alivio.	13
Figura Nro. 5. Control on / off	14
Figura Nro. 6. Control modulante	14
Figura Nro. 7. Sensores de agua por conductividad	15
Figura Nro. 8. Sensores de agua por capacitancia.....	16
Figura Nro. 9. Incrustaciones y roturas de tubos	20
Figura Nro. 10. Microcontrolador PIC 18F4550.....	22
Figura Nro. 11 Sensor de temperatura	23
Figura Nro. 12. Pantalla de cristal líquido LCD 16x2	24
Figura Nro. 13 PIN DE SALIDA DEL LCD HD44780.....	25
Figura Nro. 14. Diagrama de bloques del funcionamiento general del proyecto ...	29
Figura Nro. 15. Bloque básico de monitorización y control.....	30
Figura Nro. 16. Esquema completo de monitorización y control	31
Figura Nro. 17. Bloque de visualización	32
Figura Nro. 18. Modulo USB microcontrolador PIC 18F4550	32
Figura Nro. 19. Plantilla en Visual Basic de temperatura y drenado	33
Figura Nro. 20. Circuito electrónico de la etapa de Monitorización y Control	34
Figura Nro. 21. Simulación del circuito electrónico de la etapa de monitorización y control	35
Figura Nro. 22. Etapa de monitorización	37
Figura Nro. 23. Etapa de configuración de temperatura y tiempo de drenado.....	38
Figura Nro. 24. Etapa de drenado	38
Figura Nro. 25. Etapa de finalización de drenado	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Pg.
Tabla Nro.1. Características físicas niveles de contaminantes aceptables	28
Tabla Nro. 2. Datos técnicos del generador de vapor	28
Tabla Nro. 3. Datos eléctricos del generador de vapor	28
Tabla Nro. 4. Tabla de costos fijos.....	40
Tabla Nro. 5. Tabla de costos variables materiales	41
Tabla Nro. 6. Tabla de costos variables mano de obra	41

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pg.
ANEXO I: FOTOGRAFÍAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DRENANDO AUTOCLAVE TUTTNAUER HOSPITAL LUIS URÍA DE LA OLIVA	45
ANEXO II: CÓDIGO FUENTE REALIZADO EN mikroC PRO for PIC	47
ANEXO III: CÓDIGO FUENTE REALIZADO EN VISUAL STUDIO	50
ANEXO IV: REALIZACIÓN DEL CIRCUITO EN ISIS PROTEUS Y ARES	52
ANEXO V: PLANTILLA REALIZADA EN: VISUAL ESTUDIO	53
ANEXO VI: FOTOGRAFÍAS DEL CIRCUITO FÍSICO	54

RESUMEN

El desarrollo de seguridad es una necesidad para cualquier de área de trabajo y más aún en áreas donde exista implementación sistemas electrónicos. Una de estas áreas importantes, que hoy en día toma papel fundamental en la sociedad, es la salud y la tecnología. Para ello el estado se ve obligado invertir en el equipamiento hospitalario de alto coste, que brinden estándares de seguridad, fabricación y calidad. Sin embargo a pesar que tales equipos cumplen una serie de normativas y estándares, es necesario la implementación de sistemas electrónicos adicionales que permitan mejorar y adecuar la seguridad, rendimiento y funcionalidad del equipo de acuerdo a la región entorno del hospital.

Una de estas áreas que requieren una implementación adicional de seguridad y monitorización es el área de esterilización, área donde se realiza la esterilización de materiales, campos e instrumental que posteriormente son utilizados en cirugías y exámenes. La esterilización se realiza principalmente a través de equipos autoclaves, que trabajan con vapor a alta temperatura, para ello requieren de generadores de vapor, que a su vez trabajan con agua desmineralizada por osmosis inversa para producir dicho vapor. Durante esta etapa de producción de vapor, las cámaras de los generadores suelen acumular cal, que a la larga afecta principalmente el funcionamiento de: resistencias, sensores de presión, sensores de nivel de agua y válvulas de seguridad. Dando como resultado un mal funcionamiento del equipo y por ultimo un riesgo inminente para el usuario.

El presente proyecto da a conocer una solución que reduce la acumulación de cal en el generador, mediante la implementación de un sistema de drenado automático y monitorización de temperatura de la cámara del generador, a través de un sistema electrónico constituido por: un microcontrolador PIC, una pantalla LCD y una interface para ordenador, que permitirá desplegar y analizar datos importantes para el proceso como principalmente la temperatura y tiempo de drenado.

Las medidas de seguridad que se tomaron en cuenta para la realización del presente proyecto abarcan aspectos importantes que van desde el material de construcción del generador, fallas de alimentación eléctrica, temperatura de esterilización y medidas de seguridad para el personal de la unidad de esterilización y de electro medicina.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

8. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

8.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

8.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

La seguridad en los hospitales es importante tanto para el usuario como para los pacientes, más aún si se involucran equipos que trabajan a alta temperatura y presión. Para tal efecto se hace referencia específicamente a equipos médicos autoclaves, que por su principio de funcionamiento se ve afectado por la acumulación de cal en la cámara del generador, lo cual a su vez deteriora la funcionalidad de los elementos involucrados en la seguridad que el equipo autoclave requiere para su funcionamiento, por lo que se ve la necesidad de implementar un sistema de monitorización y control adicional, que ayuden al usuario en su operatividad, seguridad y su funcionalidad. Como antecedente al mismo, se realizó la implementación de este sistema de drenado básico en un equipo autoclave del Hospital Luis Uría, el cual a la fecha está funcionando correctamente. Donde parámetros de tiempo de drenado y temperatura de drenado, son invariables además de no existir monitorización de los mismos.

8.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo evitar la acumulación de cal en el generador de vapor mediante la implementación de un sistema de automatización y monitorización de drenado y en el equipo autoclave del Hospital Obrero Nro. 1 de la ciudad de La Paz?

8.2. JUSTIFICACIÓN

8.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.

Si bien estos equipos cumplen con estándares internacionales de seguridad y calidad, se ve necesario implementar sistemas adicionales de automatización que

permitan mejorar la seguridad del usuario y que permitan adecuar tales equipos al entorno de nuestra región.

8.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La implementación de este sistema proporciona mejoras en el nivel de seguridad principalmente en el funcionamiento y rendimiento del equipo, alargando la vida útil de los diferentes sensores de presión, sensores de nivel de agua, válvulas de alivio y elementos de calefacción. En resumen brindara una mayor performance del equipo.

8.2.3. JUSTIFICACIÓN SOCIO / AMBIENTAL

Con este proyecto se pretende brindar seguridad y rendimiento en el equipo autoclave horizontal del Hospital Obrero Nro. 1, por medio de un sistema de control y monitorización, que realizara un drenado automático semanalmente de la cámara del generador. El cual brindara un nivel de seguridad extra a todo el personal que trabaja en la unidad de esterilización, licenciadas, enfermeras, manuales, personal de mantenimiento y electro medicina. Otro aspecto a tomar en cuenta es la esterilización de cargas (instrumental, textiles, gomas, líquidos, otros) la cual se realizara de manera más efectiva, las cuales posteriormente se utilizara en quirófanos, terapia intensiva, rehabilitación física y consulta externa.

8.3. OBJETIVOS

8.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de control de temperatura y drenado para el generador del autoclave horizontal del Hospital Obrero Nro. 1 de La Ciudad de La Paz.

8.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio previo sobre las dimensiones, material de construcción, así como las variables físicas temperaturas y presión de trabajo, de las tuberías y la cámara del generador de vapor del equipo autoclave.

- Diseñar e implementar sistema de drenado automático tomando a la temperatura de la cámara del generador como variable del sistema.
- Diseñar un circuito que permita monitorear el proceso de drenado mediante una pantalla LCD y en una interfaz para ordenador de la temperatura actual, cámara del generador y tiempo de drenado.

8.4. DELIMITACIÓN

8.4.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA

El presente proyecto está enfocado para la implementación en el equipo autoclave horizontal, marca Tuttnauer de la Unidad de Esterilización del Hospital Obrero Nro.1

8.4.2. DELIMITACIÓN CIRCUNSTANCIAL

Las características principales que se tomaran en cuenta para la implementación del presente proyecto son: el drenado de la cámara del generador se realizara mientras el generador este apagado, el drenado se realizara durante 15 minutos una vez alcanzado una temperatura de 50°C .

8.5. METODOLOGÍA

El presente proyecto es de tipo aplicada experimental ya que se implementara un sistema electrónico de control y monitorización de drenado de la cámara del generador del autoclave, para disminuir los efectos de los residuos de cal en los diferentes elementos que componen (sensores, válvulas, etc.) al mismo.

CAPITULO II

9. FUNDAMENTO TEÓRICO

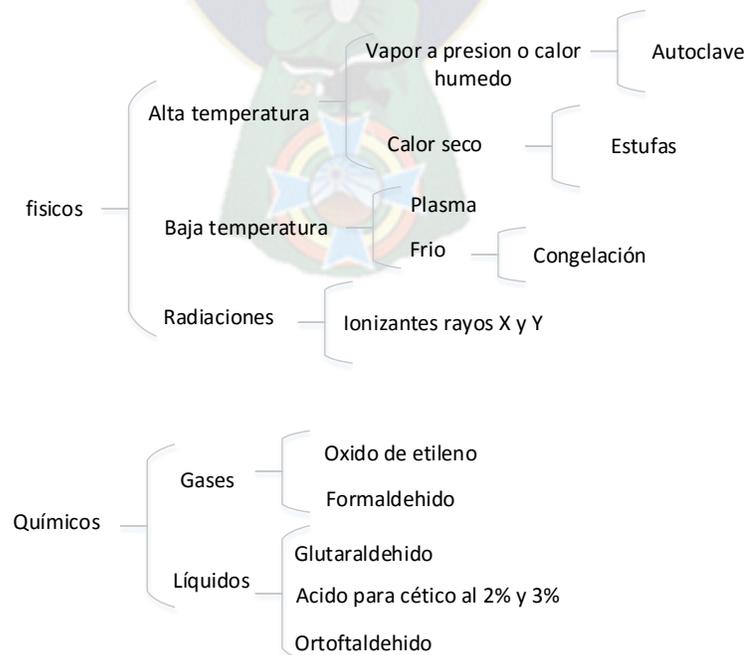
9.1. ESTERILIZACIÓN

La esterilización es proceso por el cual se destruye todo microorganismo patógeno y no patógeno incluyendo esporas y bacterias. Se aplica a instrumentos clasificados como críticos, es decir instrumental quirúrgico, catéteres, prótesis, instrumentos de terapia respiratoria, accesorios de máquinas de anestesia; este proceso tiene como objetivo evitar riesgos de infección cuando los artículos se utilizan en pacientes o usuarios.

9.1.1. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE ESTERILIZACIÓN:

La esterilización se puede realizar a través de diferentes métodos, los cuales que garantizan la eliminación de todo microorganismo viviente estos pueden ser métodos físicos o químicos, como se presenta en el siguiente esquema.

Clasificación de los métodos de esterilización



9.1.2. MÉTODOS FÍSICOS DE ESTERILIZACIÓN CON ALTA TEMPERATURA

En este método el calor es el agente físico que elimina los microorganismos que produce desnaturalización y posteriormente destrucción de las proteínas, por lo que en este caso tenemos el autoclave que es un equipo que funciona con vapor a presión o calor húmedo.

Es un método que requiere temperaturas y tiempo de exposición menores que en la esterilización a vapor seco, el vapor es un estado físico del agua que por si solo no esteriliza pero cuando se eleva la presión en un compartimiento cerrado se eleva también la temperatura, y esta condición se mantiene durante un tiempo, el vapor húmedo destruye las bacterias por coagulación y desnaturalización de las proteínas dentro de las células.

9.1.3. TEMPERATURA

Las dos temperaturas más utilizadas en la esterilización son:

- 121°C para esterilizadores de mesa y desplazamiento por gravedad
- 134°C para esterilizadores por pre-vacío.

9.1.4. TIEMPO

Entre mayor sea la temperatura de esterilización menor será el tiempo requerido, un microorganismo relativamente no dañino, pero resistente es el Bacillus stearothermophilus, el cual se utiliza para probar los ciclos de esterilización, a través de indicadores biológicos. Este microorganismo requiere casi dos minutos a 121°C y 20 segundos a 134°C siendo ese un indicador fiable para verificar si el proceso de esterilización.

9.2. TIPOS DE ESTERILIZADORES A VAPOR

Existen básicamente tres tipos de esterilizadores a vapor, en los hospitales: esterilizadores por desplazamiento de gravedad, esterilizadores por pre-vacío y

esterilizadores flash. Por lo que en el presente documento solo se hará énfasis a esterilizadores por pre-vacío ya que este es el tipo de equipo que cuenta con un generador de vapor.

9.2.1. ESTERILIZACIÓN POR PRE-VACÍO AUTOCLAVE

Este tipo de equipos incluye una bomba de vacío para remover el aire de la cámara antes que se inyecte el vapor, lo que reduce significativamente el tiempo total, la esterilización por sistema de vacío reduce el tiempo y la posibilidad de bolsas de aire en la cámara durante el ciclo.

El principio de funcionamiento se detalla a continuación:

- La puerta del esterilizador se cierra, quedando el aire frío atrapado dentro de cámara y se inicia el ciclo.
- La bomba de vacío se activa y remueve el aire atrapado de la cámara mecánicamente.
- El vapor, generado en el caldero, ingresa rápidamente a la cámara.
- El vapor se inyecta hasta alcanzar una temperatura aproximada de 132°C a una presión de 27 PSI
- Una vez que alcanza la temperatura deseada, esta se mantiene durante 4 minutos.
- La etapa final es cuando se completa el tiempo de exposición del vapor, con la carga, el vapor se remueve mecánicamente por medio de la bomba de vacío, secando la carga ya esterilizada.

Una vez que se completa el tiempo de secado se inyecta aire filtrado a la cámara. El proceso se muestra en la Figura Nro. 1.

9.2.2. AUTOCLAVE TUTTNAER

La autoclave es un esterilizador, diseñado para una gran área de aplicaciones que van desde hospitales, farmacias e industrias biotecnológicas.

El equipo trabaja con vapor saturado como agente esterilizante, tiene de temperatura de trabajo de hasta 137°C y una presión de trabajo de hasta 2.3bars.

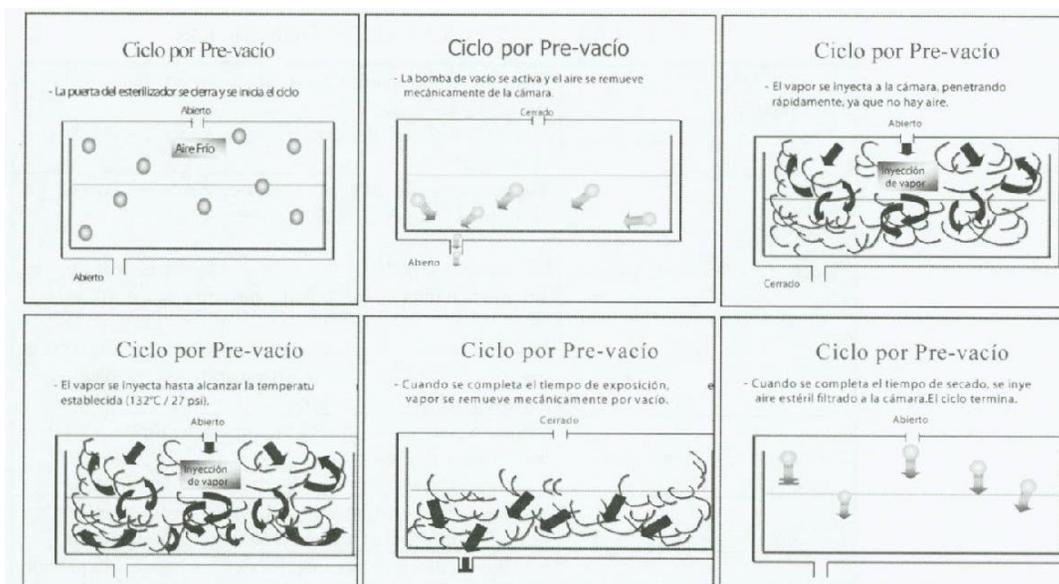


Figura Nro. 1. Funcionamiento del esterilizador de desplazamiento por pre-vacío.

Fuente: Manual funcional de central de esterilización

El sistema de control del esterilizador está basado en un microcontrolador asegurando una alta confiabilidad y seguridad. El microcontrolador permite una operación completamente automática durante un ciclo de esterilización, este modelo es equipado con dos puertas con bisagras, la apertura y el cerrado se lo realiza de manera manual todo controlado mecánicamente.

El control del equipo se realiza a través de un panel sensible al tacto, que están localizadas en la parte frontal al alcance del usuario.

9.2.3. ESTÁNDARES

El fabricante cumple con las siguientes directivas 93/42EEC y PED 97/23EEC además de los siguientes estándares:

- ASME Sociedad Americana de ingenieros mecánicos
- AAMI/ANSI-ST8 Esterilizadores Hospitalarios

- EN 285 Esterilizadores horizontales
- EN 554 Validación y control

9.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS GENERADORES DE VAPOR POR MATERIAL DE DISEÑO

Calderas de fundición: la transmisión de calor tiene lugar en la cámara, área de intercambio pequeña y rendimiento bajo; tienen poca pérdida de carga existen perdida de carga en los humos.

Calderas de acero: combustibles líquidos o gaseosos, por lo que tienen una mayor superficie de contacto y su rendimiento es mejor.

Calderas murales: el diseño compacto y reducido, instalado para uso familiar y hospitalares, y la calefacción, en la actualidad se está incrementado su eficiencia y su aplicabilidad abarca hasta una central térmica, el consumo por lo general es de hasta 60 kW

Calderas eléctricas: limpias, compactas, sin humo, pero altos costos de consumo de energía, emplean resistencias eléctricas para mayor calor

9.2.5. GENERADOR DE VAPOR

Es un recipiente donde se suministra agua, combustible, o aire calor residual, con el fin de producir vapor:

El ciclo simplificado de un vapor, el agua se acumula en la parte inferior de condensador, pasa a través de una bomba para presurizar. El agua presurizada pasa a través de uno o más elementos calefactores que elevan la temperatura, entonces el agua entra a la caldera donde el calor del combustible convierte en vapor.

El generador de vapor del equipo autoclave Tuttnauer, pertenece a la seria 350 GEN, con elementos de calefacción, con una potencia de 36kW, 45kW, 54kW y 63kW. El

generador está constituido por resistencias, conectadas a una fase 3x380 V 50/69 Hz. La cámara está construida en acero inoxidable 316L, la salida del vapor se regula mediante la un interruptor de presión electromagnético con una presión de trabajo de 1.5-4 bars, además de apagar la alimentación a los elementos calefactores, como se observa en la Figura 2.

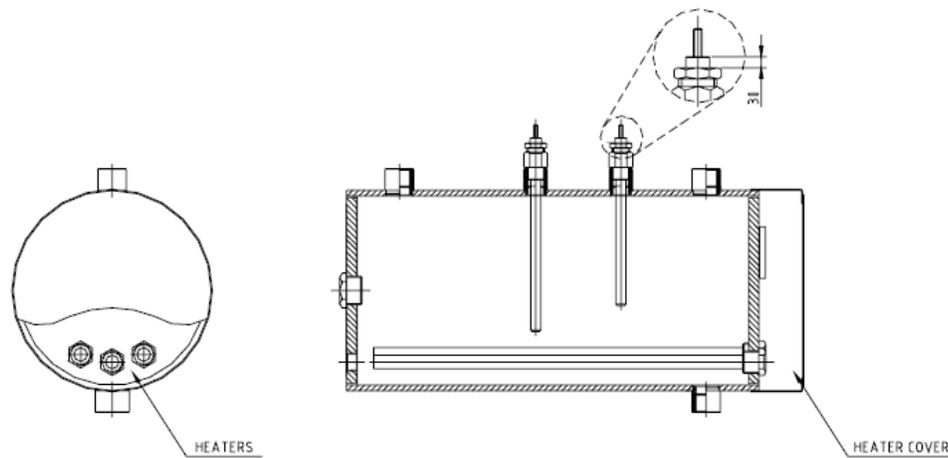


Figura Nro. 2. Generador de vapor,
Fuente: Manual técnico Tuttnauer

El suministro de agua mediante un reservorio de agua desmineralizada, a través de una bomba de agua y una válvula celenoide, el control de nivel de agua se lo realiza mediante electrodos de nivel de agua conectados a una tarjeta electrónica,

Para proteger al personal, el equipo está constituido por una válvula de alivio que se libera a una presión de 75PSI en caso de falla en el control. El equipo cuenta con una llave de paso manual el cual permite el drenaje del agua del generador, para realizar el mantenimiento y servicio correspondiente. Para evitar el contra flujo de la cámara, la bomba de agua está equipada con una válvula anti retorno y una válvula que opera con válvula con aire comprimido.

El generador de vapor se controla mediante un tablero de control que permite el funcionamiento autónomo del equipo, resistencias, bomba de agua, interruptor de

presión, control de nivel de agua y interruptor de comando electrónico A continuación se detalla algunas especificaciones del equipo.

- La cámara del generador es de acero inoxidable 316L
- La cubierta exterior es de acero inoxidable 316L
- La alimentación eléctrica 3Phx380V 50 /60
- Aire comprimido de 6 - 8 Bar

9.2.6. VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Cualquier equipo que trabaja a alta temperatura y que cumple con estándares ASME y PED debe contar con válvulas de seguridad de alivio, por lo general la construcción de la válvula es de bronce, acero de carbono o totalmente de acero inoxidable, generalmente para aplicaciones de vapor, aire, gas y líquidos. La descarga se realiza a través de un cuerpo estanco, de resonancia breve y emisiones fugitivas en caso de activación de la válvula. Como se observa en la figura 3



Figura Nro. 3. Válvula de alivio

Fuente: "Apollo" Valves

Cumple con los estándares ASME, sección VIII, las presiones de ajuste van por lo general desde 5 hasta 1200 PSI a un temperatura máxima de 800°F

9.2.7. VÁLVULA DE ALIVIO DE BRONCE TIPO OEN

Este tipo de válvulas de seguridad son la empleadas en equipos autoclaves, estas por lo general se encuentran instaladas en la cámara, chaqueta y generador de vapor. Al igual que cualquier elemento del equipo autoclave, estas cumplen con normativas ASME, presión de alivio de 30 a 200 PSI y una temperatura máxima de trabajo de 406°C

Aplicaciones, son variadas van desde calderas pequeñas a medianas de vapor para generadores de energía, autoclaves y destiladoras, compresores de aire receptores, recipientes y tuberías de presión. En la siguiente imagen se aprecia la estructura interna y las partes que lo componen

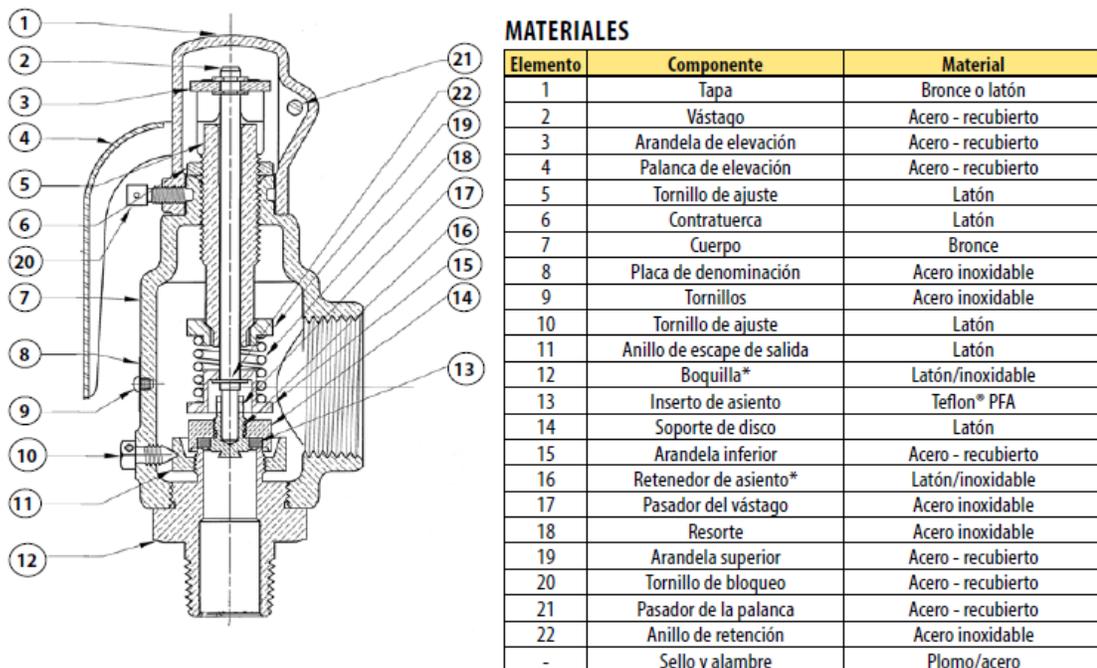


Figura Nro. 4. Estructura Interna de una válvula de alivio

Fuente: "Apollo" Valves

9.2.8. CONTROL DE NIVEL DE AGUA Y ALARMAS

El nivel de agua de la caldera se controla poniendo en marcha o parando la bomba de alimentación de agua de la caldera a unos niveles de agua determinados por una sonda y controlador (control on/off), o abriendo o cerrando progresivamente una válvula de alimentación según la demanda de vapor hace que cambie el nivel de agua con casos con intervalos entre pruebas extendidos.

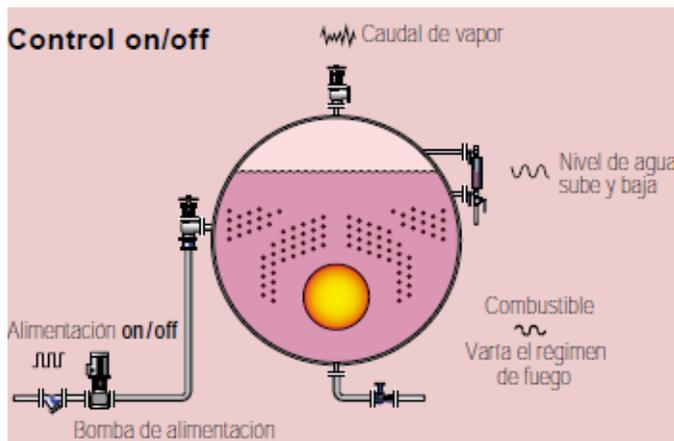


Figura Nro. 5. Control on / off

Fuente: Spirax Sarco

Control on/off, Los sistemas de control on/off son más adecuados en instalaciones dónde se puede tolerar una cierta variación en la presión de la caldera y el caudal de vapor. Por ejemplo podrían ser las calderas pequeñas con condiciones de carga estables, como se parecía en la Figura Nro. 5

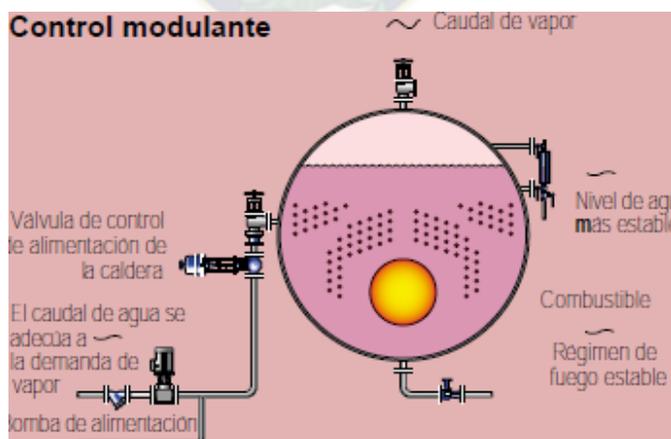


Figura Nro. 6. Control modulante

Fuente: Spirax Sarco

Control modulante, El control modulante proporciona una presión y un caudal de vapor constante en las calderas de vapor. El caudal del agua de alimentación varia, por ejemplo a través de una válvula modulante, en respuesta a los cambios en el nivel de agua. Con un control modulante, la bomba de alimentación de agua de la caldera está en marcha todo el tiempo, y se usa una línea de retorno para volver el agua sin usar el tanque.

9.2.9. SENSORES DE AGUA POR CONDUCTIVIDAD

Se puede usar una sonda conductiva (LP10-4) y un controlador en una caldera o tanque para un control on/off sobre la bomba de alimentación y/o alarmas. Tiene un electrodo para cada función, cortada a la longitud requerida en la instalación. Cada electrodo actúa como un interruptor sencillo, indicando una baja resistencia a tierra si está en agua, o una alta resistencia fuera del agua. Por ejemplo, con una alarma nivel bajo, el controlador detecta un cambio en la resistencia de baja a alta según baja el nivel en la sonda.

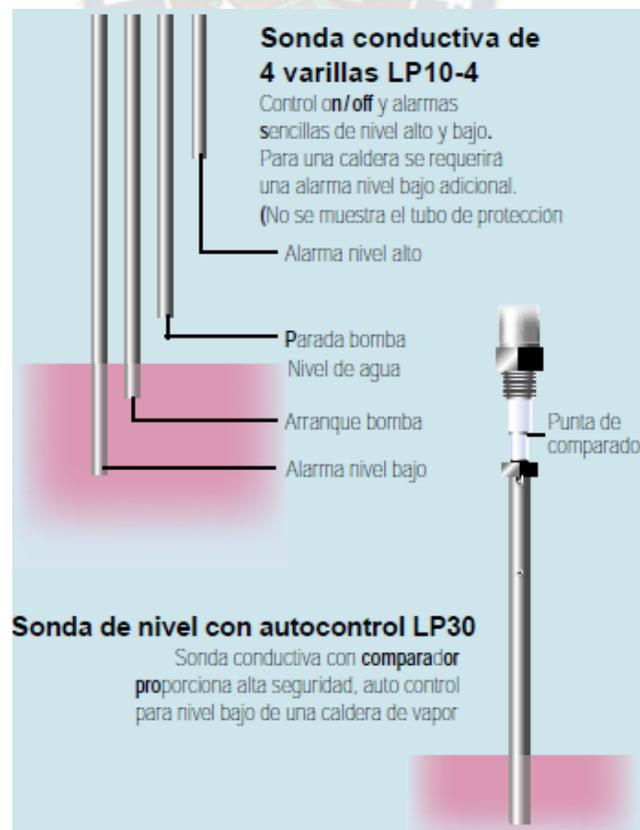


Figura Nro. 7. Sensores de agua por conductividad

Fuente: Spirax Sarco

Este cambio de resistencia hace que el controlador desconecte un relé para accionar una alarma acústica, visual o ambas y normalmente también corta la corriente al quemador. Las sondas de conductividad sencillas funcionan según este principio y no tienen auto comprobación. Las alarmas de nivel de alta seguridad y autocontrol (sondas de la alarma LP30 nivel bajo y LP31 nivel alto) operan con este principio de conductividad. Las sondas están diseñadas para detectar numerosos tipos de fallos y, por ejemplo, activan una alarma si se daña la instalación eléctrica. El controlador realiza una auto comprobación cíclica que hace que se dispare una alarma si no reacciona a la simulación de un fallo. Las calderas que montan este tipo de alarmas de este tipo pueden trabajar con intervalos de pruebas extendidos en la mayoría de los países, en muchos casos permiten que la sala de calderas esté desatendida.

9.2.10. SENSORES DE AGUA POR CAPACITANCIA

Se puede usar una sonda capacitiva (LP20 con preamplificador PA20) en una caldera o tanque para un control modulante o on/off ajustable. La sonda consiste en un núcleo conductivo completamente revestido de un material aislante. Por esta razón, no se pueden cortar a tamaño las sondas capacitivas, por esta razón están disponibles en diferentes longitudes.

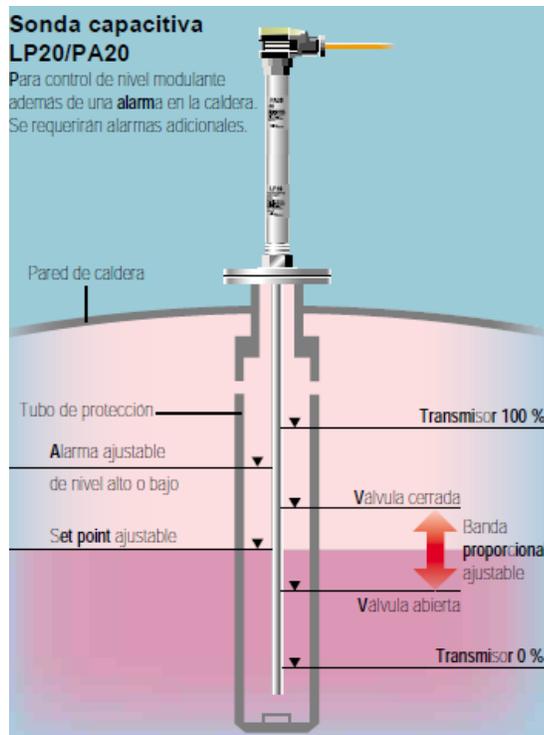


Figura Nro. 8. Sensores de agua por capacitancia

Fuente: Spirax Sarco

Según aumenta o disminuye el nivel agua, cambia el efecto capacitivo. También se puede seleccionar un punto de consigna de nivel alto o bajo. Disponemos de controladores para válvulas con actuadores neumáticos o eléctricos o bombas de velocidad variable. Usado como un control de nivel on/off ajustable, evita tener que cortar a la longitud las varillas de la sonda, y permite que se realicen ajustes de nivel en el controlador sin tener que retirar la sonda de la caldera.

9.3. PURGAS O DRENADO DE CALDERAS

Vapor limpio y seco, El agua de alimentación de caldera contiene sólidos disueltos, procedentes de la propia agua y de los productos químicos para su tratamiento. Durante la evaporación, la concentración de total de sólidos disueltos (TDS) en la caldera aumenta. Si no se controlan, se producirá espuma en el espacio vapor. Que causan arrastres y la contaminación del vapor transportado por el sistema. Estos productos se depositan en las superficies de calentamiento y en equipo auxiliar

afectando la eficiencia y productividad de la planta. Se puede solucionar el problema manteniendo el nivel de TDS cercano al recomendado por el fabricante de la caldera, (normalmente entre 2 500 y 3 000 ppm para una caldera mediana), esto se puede conseguir con un control constante de TDS a través de un equipo automático.

Seguridad, Los sólidos en suspensión también pueden causar problemas ya que se depositan en el fondo de la caldera. Si no se controlan, eventualmente se acumularían hasta un nivel peligroso. Todas las calderas de vapor incorporan una salida en el punto más bajo para eliminar periódicamente los sólidos precipitados, conocida como purga de fondo. Se requiere una descarga breve y subita para una eliminación eficiente, que se consigue abriendo una válvula de gran paso que elimina grandes cantidades de agua de caldera. Esta es una solución ideal para la purga de fondo y no se debe confundir con la necesidad de control de TDS.

La necesidad de purga de fondo, Existe una clara necesidad para la purga de fondo y el control de TDS, y existen diferentes soluciones para conseguir los mejores resultados para cada uno de ellos. Se pueden malgastar grandes cantidades de energía si la purga de fondo es utilizada para controlar los niveles TDS sin el control adecuado.

Control óptimo, Un control automático de TDS proporciona un control constante, reduciendo la purga de fondo, y asegurando unos costes mínimos de funcionamiento, mientras mantiene las condiciones óptimas en la caldera y en el sistema de vapor

9.3.1. PROCEDIMIENTO DE PURGA

El mejor sistema de control de TDS será un sistema que se vaya adaptando al cambio gradual del nivel de TDS en la caldera. El control automático se puede conseguir por varios métodos para satisfacer los requerimientos de la caldera y siempre dará mejor servicio que la operación sobre una válvula manual. Se dispone de sistemas para

calderas en las que la sonda puede estar montada directamente en la caldera, o en los que la sonda se monta en la línea de purga. Se considera que el punto óptimo para la colocación del control TDS esta en el lateral de la caldera por debajo del nivel mínimo de agua y lo más alejado de la entrada de agua de alimentación. Alternativamente, es posible tomar agua de una conexión en 'T' desde el fondo de la línea de purga.

Sistemas de control, ha desarrollado sistemas adaptados a todas las aplicaciones de purga de fondo y control de TDS. Los sistemas pueden trabajar independientemente o enlazados a sistemas de gestión central.

Recuperación de calor La acción del control de TDS es apropiada para la recuperación de energía de la purga. Se dispone de sistemas para optimizar el ahorro de energía en cada aplicación.

9.4. PROBLEMAS Y TRATAMIENTO DE AGUA DE CALDERAS

Las especificaciones y tratamiento, así como las pruebas del agua, están siendo llevados a cabo por compañías especializadas en tratamiento que trabajan con los operadores de las plantas de calderas. Hay un papel complementario para ambos con el fin de resolver los problemas que afectan al agua de calderas, de forma que las calderas puedan operarse con seguridad, eficiencia y de forma continua cuando se precise. Los problemas del agua de calderas pueden producir incrustaciones, corrosión, natas y espumas, arrastres, corrosión por tensiones y fragilidad en la caldera o en la maquinaria conectada que use vapor, como los turbogeneradores. Muchos alabes de turbinas de vapor que fallan pueden investigarse por las condiciones de vapor. Como resultado hay un aumento continuo de las concentraciones permisibles de impurezas en el vapor que va a una turbina, y esto produce un aumento de productos químicos aplicados al agua de calderas. Existen también cambios y mejoras tecnológicas nuevas así como mejores productos

químicos para eliminar las concentraciones de impurezas en el agua de calderas. Esto significa que los operarios deben estar al tanto con respecto a los diversos métodos y situaciones que ahora y en el futuro estén disponibles para resolver los problemas del agua de calderas.

9.4.1. INCRUSTACIÓN Y EFECTOS DE LA MISMA

Los especialistas en el tratamiento de agua clasifican las impurezas por el efecto que producen sobre el lado de agua de las calderas. La incrustación se define como un depósito adherente sobre la superficie de transferencia térmica en el lado de agua de las calderas producida por las siguientes impurezas sedimentadas cocidas sobre la superficie de calefacción. Incrustación y efectos de La misma, Químicamente, antes de que alguna impureza pueda incrustarse, debe abandonar la solución y solidificarse de las siguientes maneras:

- Por reducción de solubilidad con incremento de temperatura del agua, en aquellas impurezas clasificadas como de solubilidad negativa.
- Por exceder el punto de saturación de modo que el agua no pueda disolver más impurezas en ese estado y precipite fuera de la solución.
- Por cambios químicos por el calor para formar sustancias insolubles, como los bicarbonatos de calcio y magnesio.

Así, la incrustación puede implicar varios cambios químicos que pueden ocurrir en el agua de caldera. Hay dos objeciones a la incrustación sobre las superficies calefactoras de calderas:

- La incrustación es un aislante muy eficiente del calor, variando el grado de aislamiento con su densidad. Su presencia en grosores apreciables significa menor absorción de calor por el agua de caldera, con la consiguiente pérdida de eficiencia o rendimiento de caldera.
- Debido a que la incrustación es un mal conductor del calor, las superficies de calefacción de caldera aisladas del agua caliente por un lado y expuestas a los gases calientes por el otro, pueden alcanzar pronto temperaturas

peligrosamente altas. De hecho, han tenido lugar serios daños: rotura de tubos (Figura Nro. 9) e incluso de virola de caldera.

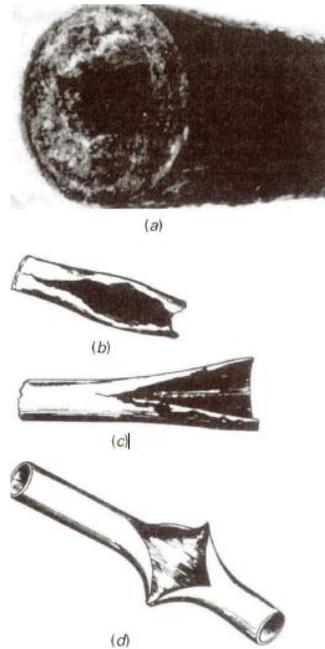


Figura Nro. 9. Incrustaciones y roturas de tubos.

Fuente: Problema y tratamiento de agua de las calderas

La formación de incrustación a menudo aumenta con la tasa de evaporación. Así, los depósitos de incrustación a menudo serán mayores donde la temperatura de los gases sea más elevada. Como ejemplo, a menudo un fallo en un tubo de una caldera de tubos de agua de alta presión.

- Excesivos depósitos de fosfatos.
- Depósitos y tubo rota por ataque químico.
- Daño a largo plazo por sobrecalentamiento.
- Daño por sobrecalentamiento a corto plazo mostrando rayas de la superficie fracturada.

La incrustación en las calderas de tubos de humos también puede afectar a los tubos, pero generalmente estos ceden por sobrecalentamiento. La formación de incrustación puede también bloquear la acción adecuada de los controles e incluso válvulas de seguridad, por cegado de conexiones o por bloqueo de la válvula o de los controles.

Una causa principal de los fallos de válvulas de seguridad es la acumulación de depósitos alrededor del asiento, lo que lleva a la válvula a bloquearse en su posición cerrada. Un programa regular de pruebas de válvula evita este tipo de fallo a medida que mejora la pureza del agua y del vapor. Los grandes depósitos de incrustación son generalmente un indicativo de negligencia en la incrustación, que puede ser evitada en la mayoría de los casos por un tratamiento adecuado del agua. Donde las incrustaciones han formado un grosor apreciable, deberá ser eliminada y, una vez que se ha conseguido limpiar la caldera, deben tomarse las medidas adecuadas para evitar su recurrencia.

9.5. MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador difiere de un microprocesador en muchas maneras. La primera y más importante es su funcionalidad, para hacer uso de un microprocesador, otros componentes como la memoria, componentes para recibir o enviar datos deben ser añadidos. Es así que un microcontrolador es diseñado para realizar todo aquello ya mencionando, los componentes como los periféricos ya están integrados.

9.5.1. MICROCONTROLADOR PIC 18F4550

El **PIC18F4550** es uno de los más populares microcontroladores cuando de conectividad **USB** se trata, además es un buen paso para dejar a la familia **PIC16F**, y pasar al siguiente nivel porque no solo incluye conectividad USB, sino que además tiene más memoria RAM EEPROM, y FLASH que el común de la familia **PIC16F**.

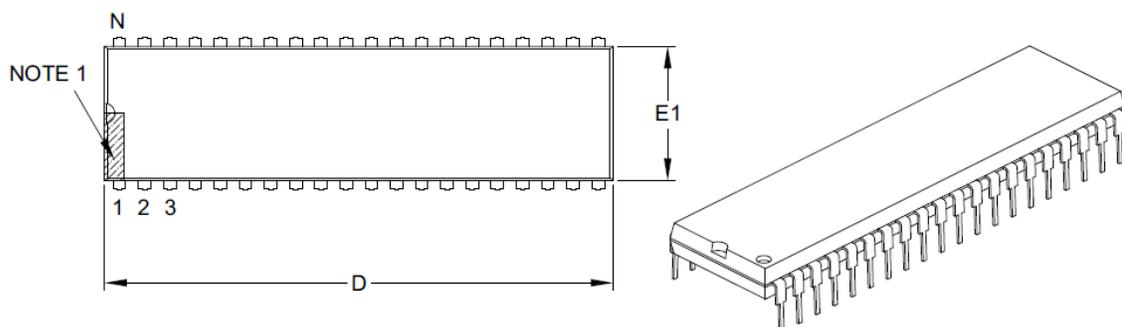


Figura Nro. 10. Microcontrolador PIC 18F4550

Fuente: MICROCHIP

Ideal para pequeñas potencias (nanovatio) y aplicaciones de conectividad que benefician de la disponibilidad de los tres puertos seriales: **FS-USB** (12 Mbit / s), **I²C**™ y **SPI**™ (hasta 10 Mbit / s). Su gran capacidad de memoria RAM para almacenamiento temporal y su memoria FLASH de programa mejoradas hacen que sea ideal para el control integrado y aplicaciones de monitoreo que requieren conexión periódica con un ordenador personal a través de USB para la carga / descarga de datos y / o actualizaciones de firmware.

9.5.2. CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR PIC 18F4550

El microcontrolador internamente presenta las siguientes características:

- Flash **32 K**
- RAM **2048 bytes**
- EEPROM **256 bytes**
- Timers **1 X 8 bits, 3 X16 bits**
- Encapsulado **40 DIP**
- Voltaje de operación **2 – 5.5 V**
- Puerto USB V2.0 que puede trabajar en modo low speed (1.5 Mb/s) y Full speed(12 Mb/s).
- RAM 1-Kbyte accesible por USB.
- Reloj externos hasta 48 MHz.
- Oscilador interno de 31 KHz – 8 MHz configurable por software.
- Pines con salida de alta corriente de hasta 25 mA.
- 4 timers de los cuales: hasta 2 pueden ser utilizados como módulos de captura/comparación/PWM.
- Puerto USART con soporte para comunicaciones MSSP, SPI e I²C.
- Hasta 13 canales ADC de 10 bits.
- Memoria FLASH con 100,000 ciclos de lecturas escritura típicos.

- Memoria EEPROM con 1,000,000 ciclos de lectura escritura típicos y retención de datos de hasta 40 años.
- Programación con código de protección.
- Programación ICSP via dos pines

9.6. SENSOR DE TEMPERATURA LM35

El 35 LM es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. La salida es lineal y cada grado Celsius equivale a 10 mV, por lo tanto: 150 °C = 1500 mV, -55 °C = -550 mV

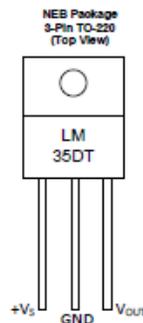


Figura Nro. 11 Sensor de temperatura

Fuente: Texas Instrument

Sus características más relevantes son:

- Está calibrado directamente en grados Celsius.
- La tensión de salida es proporcional a la temperatura.
- Tiene una precisión garantizada de 0.5 °C a 25 °C.
- Baja impedancia de salida.
- Baja corriente de alimentación (60 µA).
- Bajo coste.

El LM35 no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente. La baja impedancia de salida, su salida lineal y su precisa calibración hace posible que este

integrado sea instalado fácilmente en un circuito de control. Debido a su baja corriente de alimentación se produce un efecto de auto calentamiento muy reducido. Se encuentra en diferentes tipos de encapsulado, el más común es el TO-92, utilizada por transistores de baja potencia.

9.7. PANTALLA DE CRISTAL LIQUIDO LCD

Las pantallas de cristal líquido (LCD) se han popularizado mucho en los últimos años, debido a su gran versatilidad para presentar mensajes de texto (fijos y en movimiento), valores numéricos y símbolos especiales, su precio reducido, su bajo consumo de potencia, el requerimiento de solo 6 pines del PIC para su conexión y su facilidad de programación en lenguajes de alto nivel (por ejemplo, lenguaje C).



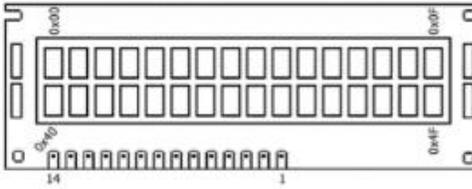
Figura Nro. 12. Pantalla de cristal líquido LCD 16x2

Fuente: Ingeniería de Sistema y Automática Wikipedia

Desde todo punto de vista el empleo del display LCD 16x2 (LCD 2x16) debería considerarse como la primera opción a la hora de decidir por un dispositivo de presentación alfanumérica, excepto cuando las condiciones de iluminación ambiental no sean las más favorables.

9.7.1. SALIDA DEL LCD 16X2 HD44780

Pinout (patillaje) del LCD 16x2 (LCD 2X16) con HD44780 El LCD 16x2 tiene en total 16 pines (tome en cuenta que la posición correcta del display es con los pines en la parte superior, aunque existen modelos en los que la posición correcta es con los pines en la parte inferior). Se muestra 14 pines, los dos pines adicionales son el ánodo (15) y el cátodo (16) del LED de fondo.



Pin No	Name	Function	Description
1	Vss	Power	GND
2	Vdd	Power	+ 5 V
3	Vee	Contrast Adj.	(-2) 0 - 5 V
4	RS	Command	Register Select
5	R/W	Command	Read / Write
6	E	Command	Enable (Strobe)
7	D0	I/O	Data LSB
8	D1	I/O	Data
9	D2	I/O	Data
10	D3	I/O	Data
11	D4	I/O	Data
12	D5	I/O	Data
13	D6	I/O	Data
14	D7	I/O	Data MSB

Figura Nro. 13 PIN DE SALIDA DEL LCD HD44780

Fuente: Ingeniería de Sistema y Automática Wikipedia

Debe notarse que el controlador Hitachi HD44780 se encuentra incorporado al circuito impreso del módulo LCD y sirve de interfaz entre la propia pantalla LCD (donde se muestran los caracteres) y el microcontrolador PIC. Por lo tanto, de todos los pines del HD44780 únicamente se tiene acceso a aquellos necesarios para la conexión al PIC y para el control de contraste.

CAPITULO III

10. INGENIERÍA DE PROYECTO

10.1. CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO DEL SISTEMA

El proyecto se enfoca al diseño de un sistema de control de drenado automático, monitorización de temperatura y tiempo de drenado en base a un sensor de temperatura, microcontrolador PIC, pantalla LCD y una interfaz de ordenador. Para el diseño e implementación de este sistema se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

- Revisión y recolección de información técnica que permita establecer y dimensionar la condiciones necesarias y adecuadas para el diseño y

funcionamiento del presente proyecto. Para ello se acudirá a la consulta de hojas técnicas de los dispositivos implementados y manuales técnicos del equipo de esterilización.

- El diseño del sistema electrónico esta en base a los parámetros físicos principales del principio de funcionamiento del generador de vapor como ser: temperatura de trabajo y presión de trabajo, también toma en cuenta materiales de construcción y tiempo de drenado lo cual a su vez permitirá el funcionamiento eficiente del sistema.
- El área de implementación está diseñado para el equipo autoclave Marca Tuttnauer de la unidad de esterilización del Hospital Obrero Nro. 1 perteneciente a la Caja Nacional de Salud regional La Paz. La Población beneficiada está constituida por el personal de esterilización, médicos y pacientes del hospital.
- Diseño del software, el sistema proporciona datos principales del medio físico a controlar como temperatura y tiempo de drenado que se visualizan en una pantalla LCD también existirá una monitorización adicional de la temperatura del generador a través de un ordenador.

El proyecto también se enfoca en mejorar el grado de seguridad y confiabilidad del generador de vapor. Es decir que la implantación del sistema automatizado de drenado permite la protección de los principales elementos contra los efectos de cal residual.

La etapa inicial del proyecto se enfoca en la determinación de los materiales de fabricación, temperatura y presión de trabajo del generador. Esta etapa toma aspectos importantes como ser: falla de alimentación eléctrica, el drenado solo se da cuando el equipo autoclave está apagado y una vez que se alcanza una temperatura determinada, por el personal técnico, se efectuara vaciado de la cámara.

10.1.1. CALCULO DE DISEÑO

Lo primero que se debe conocer es el material de construcción de las tuberías del generador, temperatura y presión de trabajo.

El equipo autoclave es de fabricación Israelita, las especificaciones técnicas del generador de vapor se detalla a continuación:

- Potencia del generador 64KW
- Alimentación eléctrica 3x380V 50Hz
- La construcción de la cámara y de los paneles exteriores del generador es acero inoxidable 316L.
- La presión de salida de vapor generado es de 1,5-4 Bars, el cual es controlado por un interruptor de presión electro-mecánico, que procede a encender o apagar las resistencias calefactoras.
- El suministro de agua desmineralizada a la cámara del generador, se realiza por medio de una bomba volumétrica.
- El diseño del mismo cuenta con una válvula anti retorno que impide que el agua desmineralizada regrese al reservorio.
- El generador de vapor cuenta con sensores de nivel de agua, que protegen las resistencias contra falta de agua.
- El generador cuenta con una válvula de alivio que se activa a una presión de 75PSI=5 bar.
- Suministro de aire comprimido 6 - 8 bar (90-110 PSI)
- Dimensiones de la cámara: diámetro 35 cm, largo 73 cm y volumen 70 litros.
- El tubo de drenado es de acero inoxidable 304L, con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ".

Datos técnicos de la calidad de agua: el agua debe ser agua desmineralizada o agua destilada. Debe cumplir con los siguientes parámetros.

Evaporate residue	≤ 15 mg/l
Silica	≤ 2 mg/l
Iron	≤ 0.2mg/l
Cadmium	≤ 0.005 mg/l
Lead	≤ 0.05 mg/l
Rest of heavy metals	≤ 0.1 mg/l
Chloride	≤ 3 mg/l
Phosphate	≤ 0.5 mg/l
Conductivity	≤ 50 µs/cm
pH	6.5 to 8
Appearance	Colourless, clean, without sediment
Hardness	≤ 0.1 mmol/l

Tabla Nro. 1 Características físicas niveles de contaminantes máximos aceptables en el agua para el generador (cumple con los estándares ISO 11134 e ISO13683)

Datos técnicos del vapor generado

Máxima presión de trabajo	Presion de testeo	Valvula de alivio	Salida de vapor
4 Bar (60PSI)	15.5 Bar (228PSI)	5 Bar (75PSI)	64 kg/h

Tabla Nro. 2. Datos técnicos del generador de vapor

Datos eléctricos del generador de vapor

Generador	Corriente		Elementos calefactores	Diámetro de los cables
	Consumo	Utilidad		
63 kW	95 ^a	100A	9x6000W/400V 3x3000W/400V	5x16 sq.mm

Tabla Nro. 3. Datos eléctricos del generador de vapor

10.2. DIAGRAMA EN BLOQUES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE DRENADO

A continuación se presenta un diagrama en bloques general del funcionamiento básico del sistema de drenado y monitorización. Además se podrá apreciar todos los sistemas que lo componen como ser: generador de vapor, sistema de tuberías,

elementos de seguridad, dispositivos de control y sistemas de monitorización, para luego describirlo detalladamente.

La tubería de drenado manual del generador de vapor de la autoclave, será conectada a una válvula solenoide, que está controlada por medio de un relay y microcontrolador pic. Para una monitorización y control del sistema se implementa dos sistemas. El primer sistema es por medio de una pantalla LCD, donde se podrá visualizar y controlar la temperatura actual del medio, temperatura de drenado y tiempo de drenado. El segundo sistema es a través de un ordenador donde se visualiza la temperatura de la cámara y el estado del sistema.

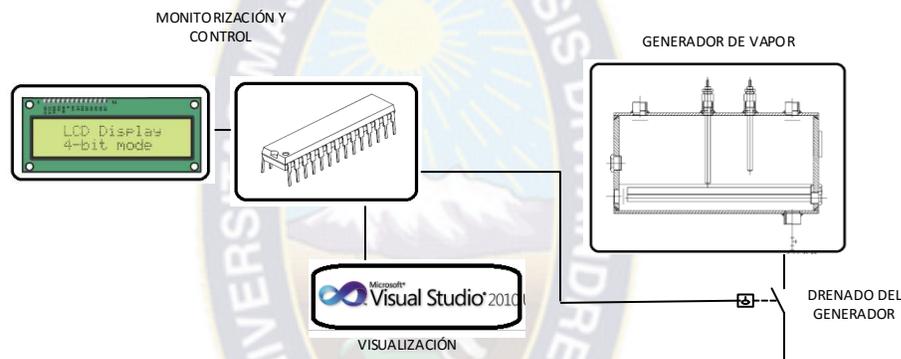


Figura Nro. 14. Diagrama de bloques del funcionamiento general del proyecto

Fuente: Diseño propio

10.2.1. BLOQUE DE MONITORIZACIÓN Y CONTROL

Este bloque está diseñado con el objetivo básico de drenar la cámara del generador de vapor a una determinada temperatura en un lapso de tiempo, a través de la activación de una válvula solenoide que estará instalado en el circuito de tuberías del generador.

La temperatura de drenado es ajustable por el usuario, el cual estará en función de la temperatura del medio (generador de vapor) que va desde la temperatura ambiente hasta 140°C, la medición de este fenómeno físico se realizara por medio de un sensor LM35.

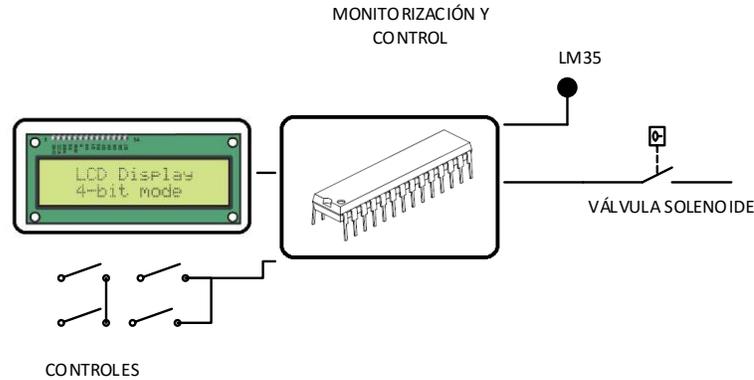


Figura Nro. 15. Bloque básico de monitorización y control

Fuente: Diseño propio

El sensor de temperatura tiene la función de convertir la variable física de la temperatura a una variable electrónica de corriente. En este caso el acondicionamiento de la señal del sensor de temperatura es simplemente lograr una medición de temperatura en un rango de 0 hasta 150 °C, los cuales serán manejados por el microcontrolador para cumplir la función de drenado.

El procesamiento de las variables, tiene como función tomar medidas finales adquiridas a través de la variable física (temperatura) y así poder realizar de cálculos matemáticos que permiten obtener una magnitud acertada a la variable física a medir. En el presente proyecto el procesador de variables será el microcontrolador el cual calcula mediante ecuaciones previamente programadas el valor real de temperatura, además tendrá las funciones necesarias de: visualización de la temperatura actual en una pantalla LCD y fijar temperatura y tiempo de drenado. El circuito se alimenta en su totalidad por 5 VDC, los elementos básicos que los componen son un microcontrolador PIC 18f4550, un sensor de temperatura LM35, una pantalla LCD, cuatro pulsadores y un relay.

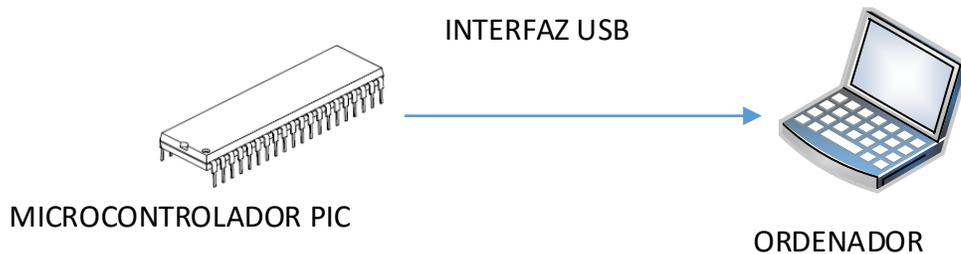


Figura Nro. 17. Bloque de visualización

Fuente: Diseño propio

Para la implementación del presente bloque se utilizaron las siguientes herramientas: microcontrolador de gama alta PIC 16f4550, USB-HID Y VISUAL BASIC

La integración de los elementos mediante una multiplataforma USB entre un PIC (18f4550) y un ordenador se realizó mediante las librerías HID (human interface device), la aplicación permite el envío de datos de temperatura hacia el ordenador así como el estado del mismo. Para lo cual se utilizó lo cual la implementación de las siguientes librerías:

Librería USB, este tipo de librería del microcontrolador permite un estándar de conexión de diferentes dispositivos entre ellas un ordenador, esta librería contiene rutinas HID que mediante determinados controladores se podrá realizar el interfaz entre un microcontrolador PIC y un Ordenador.

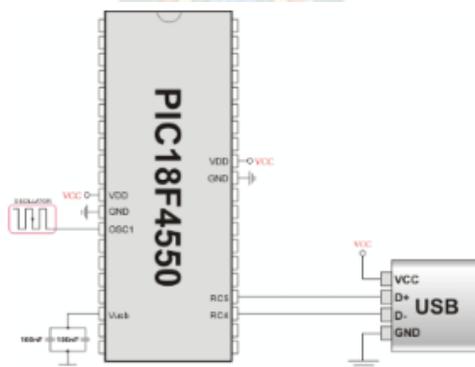


Figura Nro. 18. Modulo USB microcontrolador PIC 18F4550

Fuente: mikroElektronika

Clase USB HID, es una herramienta del microcontrolador que está orientado específicamente al usuario, el dispositivo no necesariamente requiere la intervención o control del usuario para este proyecto ya que solo se enfoca en la visualización de temperatura. Para lo cual solo se realizó el uso de determinadas librerías que se detallan a continuación.

Librería **hid_enable**, esta librería tiene con función principal, inicializar o habilitar la comunicación del modulo USB del microcontrolador PIC mediante la sentencia **hid_enable(&lectura,&escritura)** donde tenemos variables de lectura y escritura de la variable física temperatura. Esta función debe ser utilizada antes de usar la librería HID.

Librería **hid_write**, esta librería tiene con función principal enviar el dato (temperatura) desde el Buffer al host, usando la sentencia **Hid_write(&escritura,64)**. Si el dato de transferencia falla la función de retorno es cero, si no existe ningún tipo de falla se enviara el byte de transmisión. Antes de usar esta función se necesita usar la librería **hid_enable**.



Figura Nro. 19. Plantilla en Visual Basic de temperatura y drenado

Figura Nro. 20. Circuito electrónico de la etapa de Monitorización y Control
 Fuente: Diseño realizado en Proteus 8.1.

De esta manera utilizando los tres programas se procedió primeramente a la simulación antes del montaje físico del circuito. A continuación en la Figura Nro. Se puede apreciar el esquema electrónico de todos los componentes a ser usados y posteriormente en la Figura Nro. Se puede apreciar la simulación del circuito a con el programa compilado en mikroC PRO for PIC en el programa Proteus.

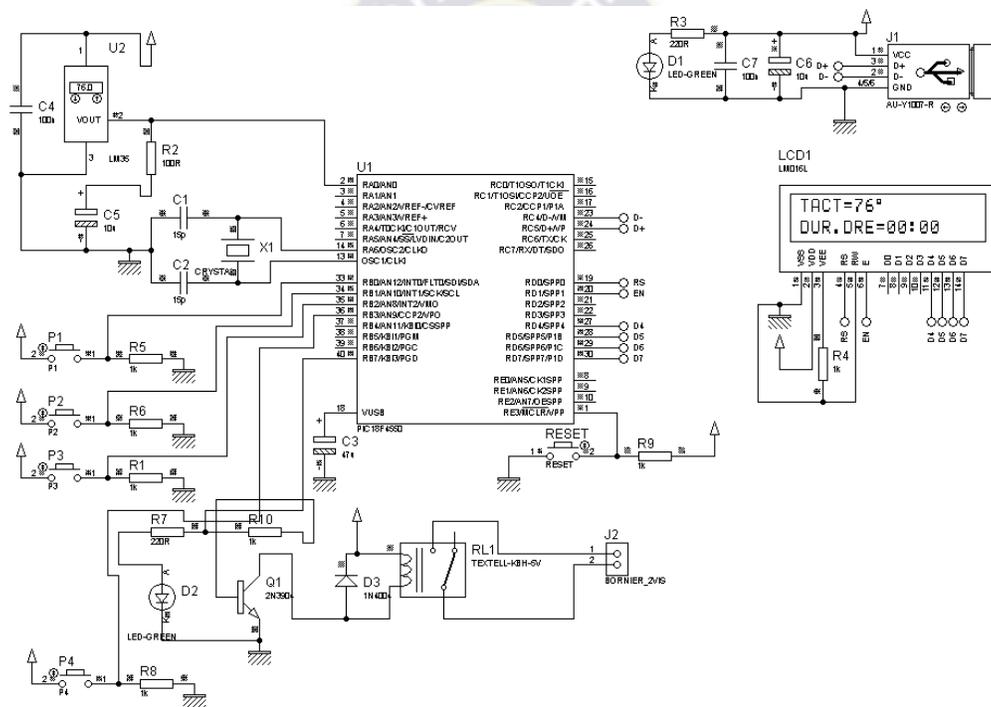


Figura Nro. 21. Simulación del circuito electrónico de la etapa de monitorización y control

Fuente: Diseño realizado en Proteus 8.1.

10.3.1. CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR

Inicialmente se configura el módulo de conexiones y se asignan los pines para la pantalla LCD, para lo cual se recurre a la librería LCD del compilador, luego se declaran

las variables de lectura, escritura, contadores, temporizadores además del tipo de tipo de variables luego se configuran la, variables de control, y se habilita la librería HID del microcontrolador.

Posteriormente se realiza la conversión y visualización de la temperatura en la pantalla LCD y en el ordenador, durante este proceso se realiza configuración de la temperatura de drenado y el tiempo de drenado, que se visualizan en la pantalla LCD, luego se configura un temporizador para el momento del drenado el cual está en función de la tiempo y la temperatura configurada previamente y por último se configura la librería HID para que en el programa realizado en Visual Estudio cambie el mensaje durante el drenado. El código fuente se observa en anexos.

10.3.2. CÓDIGO FUENTE Y PLANTILLA DEL BLOQUE DE VISUALIZACIÓN

En este bloque se toma la temperatura ya procesada en el microcontrolador y se la visualiza en una plantilla generada en Visual Estudio, con la ayuda de Easy USB HID, como se mencionó con anterioridad, esta plantilla consta visualización gráfica y alfanumérica, constituido por una barra de progreso de temperatura, botón de conexión y desconexión, temperatura en grados centígrados y una señal piloto. El código fuente y la plantilla se observa en anexos.

10.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez implementado todo el circuito se dispuso a realizar pruebas para evaluar el funcionamiento del sistema ya planteado, ya que es un sistema donde se trabaja con alta temperatura y alta presión, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

- El usuario solo podrá visualizar el estado de drenado y temperatura del generador.
- Personal técnico del área de electro medicina tendrá acceso al control de tiempo y temperatura de drenado.
- El drenado solo ocurrirá si el equipo autoclave está apagado.

Cabe hacer notar que el sensor de temperatura realiza una medición del fenómeno físico por transferencia de calor de la cámara de acero inoxidable 304L, en un rango de 45 – 60 °C. La fuente de alimentación de voltaje será de 5VCD, intendente del voltaje que proporciona el puerto USB.

A continuación se ve el funcionamiento del sistema de drenado en cuatro etapas, etapa de monitorización, etapa de configuración de temperatura y tiempo de drenado, etapa de drenado y etapa de finalización del finalización.

10.4.1. ETAPA DE MONITORIZACIÓN

En esta etapa se monitoriza la temperatura del generador en grados centígrados, en la pantalla LCD y en el monitor del ordenador. A continuación se detalla la cual la función de cada uno de los parámetros

- TACT, parámetro que indica la temperatura actual del generador con un rango de (0-150°C).
- TDRE, parámetro donde se puede configurar la temperatura de generador en un rango (1-80°C).
- DUR. DRE, parámetro donde se puede configurar el tiempo de drenado en un rango (1-50 minutos).



Figura Nro. 22. Etapa de monitorización

Fuente: Diseño propio

10.4.2. ETAPA DE CONFIGURACIÓN DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE DRENADO

En esta etapa se puede observar la configuración de temperatura de drenado y duración de drenado, como se ve en la figura la temperatura de drenado es de 19°C y el tiempo de drenado es de 7 minutos.

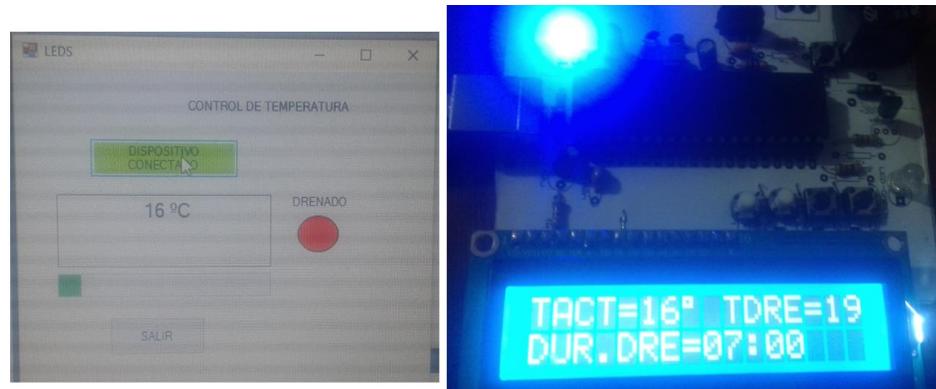


Figura Nro. 23. Etapa de configuración de temperatura y tiempo de drenado.

Fuente: Diseño propio

10.4.3. ETAPA DE DRENADO

En esta etapa se puede observar el momento de drenado, como se ve en la figura tanto en la pantalla LCD y en la pantalla del ordenador se puede ver que hay señales piloto que indican el estado del mismo.

En el programa en Visual Estudio, se observa una señal piloto que cambia a verde y una sentencia que indica que el generador esta drenando, en la pantalla LCD se puede observar una sentencia que indica que el generador esta drenando, al mismo tiempo se inicia un temporizador que va en decremento indicando la duración del drenado ya pre configurado y por último se observa que se enciende una señal piloto durante la duración del mismo.



Figura Nro. 24. Etapa de drenado

Fuente: Diseño propio

10.4.4. ETAPA DE FINALIZACIÓN DE DRENADO

Una vez finalizado el drenado el sistema vuelve a monitorizar la temperatura del generador en la pantalla LCD y en el programa en Visual Studio, como se puede observar los valores prefijados, de temperatura de drenado y duración de drenado, se mantienen.



Figura Nro. 25. Etapa de finalización de drenado.

Fuente: Diseño propio

CAPITULO IV

11. ANÁLISIS DE COSTOS

11.1. COSTOS FIJOS

A continuación se presenta Tabla Nro. 4. donde se detalla de los componentes utilizados para la ejecución e implementación del presente proyecto, tomando en cuenta el costo unitario y el costo total.

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	Válvula solenoide ¾"	1	350.00	350.00
2	Microcontrolador PIC 18F4550	1	60.00	60.00
3	Pantalla LCD 16x2	1	65.00	65.00
4	Sensor de temperatura LM35	1	15.00	15.00
5	Leds	2	1.00	2.00
6	Resistencias ¼ Watts	10	0.30	3.00
7	Pulsadores	5	2.50	12.50

8	Cristal 20Mhz	1	8.00	8.00
9	Transistor 2N3904	1	1.00	1.00
10	Diodo 1N4004	1	1.00	1.00
11	Capacitores cerámicos	4	1.00	4.00
12	Capacitores electrolíticos	3	1.00	3.00
13	Relay 5VCD	1	15.00	15.00
14	Conector USB hembra	1	8.00	8.00
15	Sócalo de 20 pines para PIC	1	6.00	6.00
16	Socalo de 16 pines para LCD	1	8.00	8.00
17	Placa para soldar	1	17.00	17.00
18	Cable USB	1	15.00	15.00
Total: Quinientos noventa y tres 50/100 Bolivianos				593.50

Tabla Nro. 4. Tabla de costos fijos

4.2 COSTOS VARIABLES

Los costos variables para implementación de este proyecto, está en función de la mano de obra de torneros y metalmecánicos no previstos que podrían ayudar en la implementación del sistema de drenado automático, además de materiales que se usen en la instalación del sistema drenado, los cuales se detallan en la Tabla Nro. 5 y Nro. 6 respectivamente.

La consideración de los mismos hace referencia a que los materiales deben cumplir los requerimientos los requerimientos mínimos de los generadores de vapor.

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	Tres metros de tubo de alta temperatura ¾"	1	90.00	90.00
2	Codo de acero inoxidable ¾"	3	20.00	60.00
Total: Ciento cincuenta 00/100 Bolivianos				150.50

Tabla Nro. 5. Tabla de costos variables materiales

	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	Mano de obra de tornero	1	50.00	50.00
2	Mano de obra de metalmecánico	1	70.00	70.00
Total: Ciento veinte 00/100 Bolivianos				120.50

Tabla Nro. 6. Tabla de costos variables mano de obra

CAPITULO V

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. CONCLUSIONES

Según el estudio realizado se llegó a la conclusión, que la solución más efectiva a los efectos que tiene la cal residual en los generadores de vapor y sus elementos de seguridad, es la implementación de un sistema de drenado automatizado, además de la monitorización y control del mismo.

La implementación de este sistema en el equipo autoclave Tuttnauer del Hospital Obrero, también podría abarcar autoclaves de diferentes marcas y centros hospitalarios, las mismas que se detallaran más adelante, ya que tienen el mismo principio de funcionamiento, mediante la producción de vapor a través de un generador, las mismas presiones y temperaturas de esterilización y cumplen los mismos estándares internacionales de fabricación. Además de mejorar el rendimiento del equipo autoclave por medio de la implementación de este sistema, también se podría mejorar la esterilización de las cargas y / o materiales y así brindar una mejor calidad de servicio del hospital a los pacientes.

Económicamente la implementación de este sistema en los equipos autoclaves tendría un gran efecto minimizador en el mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, ya que los repuestos de estos son importados directamente desde fábrica que por lo general se encuentran operando en Europa, Asia y Estados Unidos. De esta manera se alcanzaron los objetivos planteados inicialmente en el presente proyecto satisfactoriamente, ya que a través de este sistema automatizado de drenado y monitorización para el generador del equipo autoclave Tuttnauer del Hospital Obrero, se podrá evitar la acumulación de cal residual en la cámara del generador. El sistema propuesto puede funcionar con varias marcas y modelos de autoclaves horizontal como ser: CISA, MATACHANA, BAUMER y SERCON que cumplan las normativas ASME y / o PED. El prototipo de este sistema cuenta con controles de temperatura y tiempo de drenado que son configurables de acuerdo a

la necesidad del equipo autoclave, temperatura de monitorización 0-150°C, temperatura de drenado 1-80°C y tiempo de drenado de 1-50 minutos.

12.2. **APORTE ACADÉMICO**

El presente proyecto brinda una alternativa al problema de la cal residual mediante la implementación sistemas de drenado en el área de esterilización. El aporte académico que brinda el presente documento, en el área de la electro medicina, es importante ya hoy en día esta es un área descuidada por centros de educación superior, universidades y centros de investigación. Sin embargo cabe aclarar que aún se requiere de más investigación para poder realizar mejoras al sistema.

12.3. **RECOMENDACIONES**

Durante la realización del proyecto y la fundamentación teórica, se pudo notar que el uso sensor de temperatura LM35 no es muy frecuente en equipos de esterilización por su material de fabricación y área de uso, por lo que se recomienda usar un sensor el de temperatura PT100 ya que tiene mayor margen de medición, mayor precisión y mayor durabilidad al entorno de funcionamiento. Con respecto al programa realizado en Visual Studio se recomienda integrar el mismo a una base de datos, el cual guarde un registro del historial de temperaturas y estados del generador para una mejor monitorización del equipo.

13. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Spirax Sarco S.A. (2004) "Control de Nivel de Agua y Alarmas para Calderas de Vapor". Control de nivel de agua para calderas de vapor.
- Spirax Sarco S.A. (2003) "Purgas de Calderas". Purgas y Procedimientos en calderas de Vapor.
- Revista Medica. (2009) "Problemas y Tratamiento de Aguas en Calderas". Prevención y formación de incrustaciones. Quito Ecuador.
- Apollo Valves. (2013) "Válvulas de Seguridad y de Alivio". Válvulas de alivio de seguridad para calderas de agua caliente. Nueva York USA
- Tuttnauer Ltd. (2013) "Manual de Operación y Mantenimiento para Generadores de Vapor". Especificaciones técnicas. Har Tuv Industrial Zone Israel. Rev. T.
- Tuttnauer Ltd. (2013) "Manual de Operación y Mantenimiento para Generadores de Vapor". Instalación. Har Tuv Industrial Zone Israel. Rev. T.
- Tuttnauer Ltd. (2011) "Manual de Operación y Mantenimiento para Autoclave con Pre-Vacio". Descripción funcional. Har Tuv Industrial Zone Israel. Rev. A.
- Tuttnauer Ltd. (2011) "Manual de Operación y Mantenimiento para Autoclave con Pre-Vacio". Circuito Neumático de Control. Har Tuv Industrial Zone Israel. Rev. A.
- 3M Ltd. (2003) "Manual Organizativo y de Funciones de la Central de Esterilización Hospitalaria" Madrid España
- Instituto Nacional de Gestion Sanitaria (2013) "Guia para el Manejo del Autoclave en la Central de Esterelizacion del Hospital Universitario de CUETA" Madrid España.
- Clavijo Mendoza, Juan Ricardo (2011.mayo) "Diseño y Simulacion de Sistemas Microcontrolador Lenguaje C" 1ra Ed. Bogotá Colombia.
- Nebojs Matic (2008) "The PIC Microcontrollers" Edicion obtenida en linea de: www.mikroe.com
- Microchip. (2009) "PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet" Edicion obtenida en: ww1.microchip.com

14. ANEXOS

ANEXO I

FOTOGRAFÍAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE DRENANDO AUTOCLAVE TUTTNAUER HOSPITAL LUIS URÍA DE LA OLIVA

Sistema electrónico control de drenado.



Implementación del sistema de drenado mediante una válvula neumática controlada por el sistema electrónico



Sistema completo generador de vapor y sistema electrónico de control de drenado



Cargas esterilizadas en el autoclave



ANEXO II

CÓDIGO FUENTE REALIZADO EN: mikroC PRO for PIC 6.6.1

```
#include "USBdsc.c"
// modulo LCD Conecciones
sbit LCD_RS at RD0_bit;
sbit LCD_EN at RD1_bit;
sbit LCD_D4 at RD4_bit;
sbit LCD_D5 at RD5_bit;
sbit LCD_D6 at RD6_bit;
sbit LCD_D7 at RD7_bit;

//Direccion Pin
sbit LCD_RS_Direction at TRISD0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;
unsigned char lectura[64] absolute 0x500;
unsigned char escritura[64] absolute 0x540;
signed int conv,grados,seg=0,min=5,aux=0,temporizador=0;
char txt[6],txt2[6],sw=0,control=0,txt3[6],txt4[6],time=0;
signed short cont=80,cont2=0;
void main()
{
    adcon1=0b00001110;
    trisa.ra0=1;
    TRISB.RB0=1;
    TRISB.RB1=1;
    TRISB.RB2=1;
    TRISB.RB3=1;
    TRISB.RB7=0;
    LATB.RB7=0;
    lcd_init();
    lcd_cmd(_lcd_cursor_off);
    adc_init();
    hid_enable(&lectura,&escritura);
    lcd_out(2,1,"DUR.DRE=00:00");
    init_interrupt(_en_int);
    while (1)
    {
        conv=adc_read(0);
        grados=conv*0.48875;
        inttostr(grados,txt);
        ltrim(txt);
        lcd_out(1,1,"TACT=");
        lcd_out_CP(txt);
        lcd_chr_cp(0b11011111);
        lcd_chr_cp(' ');
        escritura[0]=conv;
        while(!Hid_write(&escritura,64));
        if (portb.RB0==1 && cont<=150)
        {
            cont++;
        }
    }
}
```

```

    delay_ms(200);
}
if (portb.RB1==1 && cont>0)
{
    cont--;
    delay_ms(200);
}
lcd_out(1,10,"TDRE=");
inttostr(cont,txt2);
ltrim(txt2);
lcd_out_cp(txt2);
lcd_out_cp(" ");
inttostr(seg,txt3);
ltrim(txt3);
if (seg<10)
{
    lcd_out(2,13,txt3);
}
else
{
    lcd_out(2,12,txt3);
}
inttostr(min,txt4);
ltrim(txt4);
if (min<10)
{
    lcd_out(2,10,txt4);
}
else
{
    lcd_out(2,9,txt4);
}
if (portb.rb2==1)
{
    min++;
    aux=min;
    delay_ms(200);
}
if (portb.rb3==1 && min>0)
{
    min--;
    aux=min;
    delay_ms(200);
}
if (grados>cont && control==0)
{
    control =1;
    delay_ms(200);
}
if (grados<cont && control==1)
{
    latb.rb7=1;
    init_timer3(0x31,0x15,0xA0);
    start_timer(_timer3);
    LCD_CMD(_LCD_CLEAR);
    lcd_out(1,1,"DRENANDO");
    lcd_out(2,1,"DUR.DRE=00:00");
    escritura[0]='a';
}

```

```

while(!Hid_write(&escritura,64));
while (min>=0 )
{
    inttostr(seg,txt3);
    ltrim(txt3);
    if (seg<10)
    {
        lcd_out(2,12,"0");
        lcd_out(2,13,txt3);
    }
    else
    {
        lcd_out(2,12,txt3);
    }
    inttostr(min,txt4);
    ltrim(txt4);
    if (min<10)
    {
        lcd_out(2,10,txt4);
    }
    else
    {
        lcd_out(2,9,txt4);
    }
}
seg=0;
min=aux;
stop_timer(_timer3);
LCD_CMD(_LCD_CLEAR);
lcd_out(2,1,"DUR.DRE=00:00");
escritura[0]='b';
while(!Hid_write(&escritura,64));
latb.rb7=0;
control=0;
}
}
}
void interrupt()
{
    usb_interrupt_proc();
    if (act_flag(_int_t3))
    {
        temporizador++;
        if (temporizador==25)
        {
            if (seg==0)
            {
                seg=59;
                min--;
            }
            seg--;
            temporizador=0;
        }
        des_flag(_int_t3);
    }
}
}

```

ANEXO III

CÓDIGO FUENTE REALIZADO EN: MICROSOFT VISUAL STUDIO 2010

```
Imports System
Imports System.Threading
Imports System.Runtime.InteropServices
Imports System.Diagnostics
Public Class Form1
    Dim controlador As Integer
    Dim recepcion As String
    Dim temp As Integer
    Dim min As Integer
    Dim max As Integer
    Dim BufferOUT As Byte() = New Byte(BufferOutSize) {}
    Private Sub Form1_FormClosing(sender As Object, e As
System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
        DisconnectFromHID()
    End Sub
    Private Sub Form1_Load(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
 MyBase.Load
        OvalShape1.FillColor = Color.Red
        Deshabilita_controles()
        Button2.Enabled = True
    End Sub

    Private Sub Button5_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs)
Handles Button5.Click
        DisconnectFromHID()
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs)
Handles Button2.Click
        ConnectToHID(Me)
        If (hidIsAvailable(VendorID, ProductID) = True) Then
            Button2.Text = "DISPOSITIVO CONECTADO"
            Button2.ForeColor = Color.Black
            Button2.BackColor = Color.GreenYellow
            habilita_Controles()
            Button2.Enabled = True
        Else
            TextBox3.Text = "Dispositivo USB, no encontrado."
            Button2.Enabled = True
            DisconnectFromHID()
        End If
    End Sub
    Public Sub Dispositivo_Conectado(ByVal pHandle As Integer)
        If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) =
ProductID Then
            hidSetReadNotify(pHandle, True)
            controlador = pHandle
            TextBox3.Text = "Dispositivo USB, conectado."
        End If
    End Sub
    Public Sub Dispositivo_Desconectado(ByVal phandle As Integer)
```

```

        If hidGetVendorID(phandle) = VendorID And hidGetProductID(phandle) =
ProductID Then
            hidSetReadNotify(phandle, False)
            TextBox3.Text = "Dispositivo USB, desconectado"
            Button2.Text = "DISPOSITIVO DESCONECTADO"
            Button2.ForeColor = Color.White
            Button2.BackColor = Color.Red
            Deshabilita_controles()
            DisconnectFromHID()
            Button2.Enabled = True
            ProgressBar1.Value = 0
        End If
    End Sub
    Private Sub habilita_Controles()
        'Habilita salidas digitales.

        'Habilita casilla de mensajes USB.
        TextBox3.Enabled = True
    End Sub
    Private Sub Deshabilita_controles()

        'Habilita casilla de mensajes USB.
        TextBox3.Enabled = False
    End Sub

    Public Sub Lee_Dispositivo(ByVal phandle As Integer)

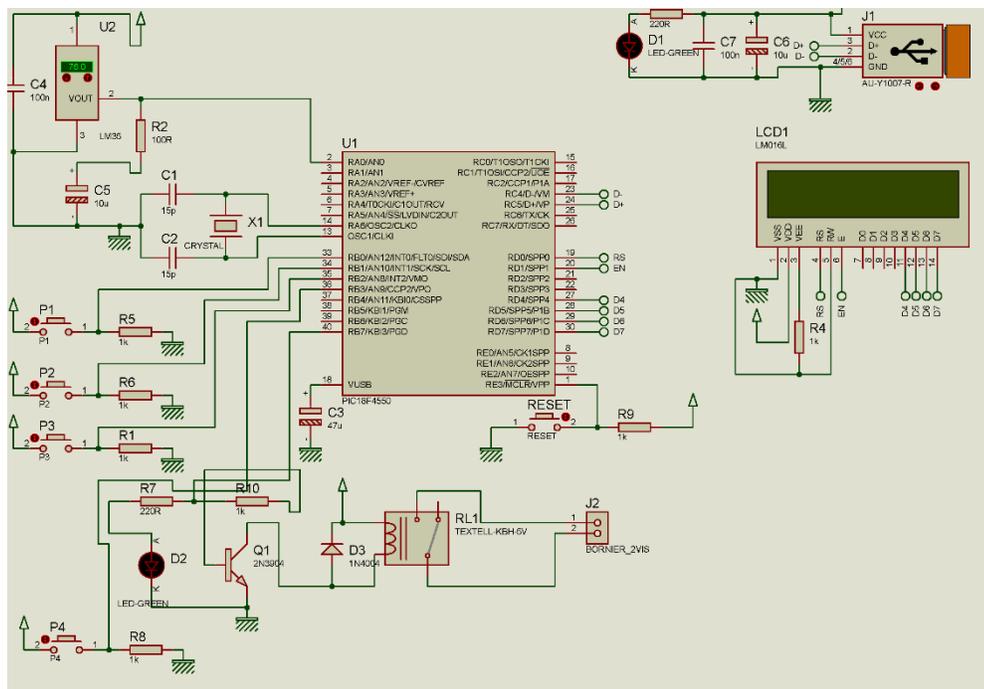
        Dim BufferIN As Byte() = New Byte(BufferInSize) {} ' Declaramos el buffer de
entrada.
        Try
            If (hidRead(phandle, BufferIN(0)) = True) Then ' Si hay datos, los
procesamos...
                ' Según se haya presionado un pulsador, indicará el evento de forma
gráfica.
                recepcion = hidReadEx(phandle, BufferIN(1), 64)

                temp = BufferIN(1) * 0.477601
                TextBox3.Text = Str(temp) + " °C"
                ProgressBar1.Value = temp
                If BufferIN(1) = Asc("a") Then
                    OvalShape1.FillColor = Color.LawnGreen
                    TextBox3.Text = "DRENANDO"
                    ProgressBar1.Value = 0
                End If
                If BufferIN(1) = Asc("b") Then
                    OvalShape1.FillColor = Color.Red
                    TextBox3.Text = "DRENADO TERMINADO"
                End If
            End If
        Catch ex As Exception
        End Try
    End Sub
End Class

```

ANEXO IV

REALIZACIÓN DEL CIRCUITO EN: ISIS PROTEUS Y ARES 8.1



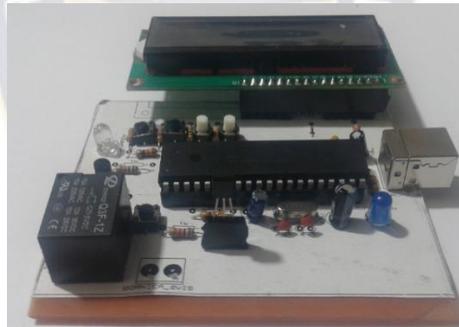
ANEXO VI

FOTOGRAFÍAS DEL CIRCUITO FÍSICO

Vista frontal:



Vista lateral:



Vista trasera:

