

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

" DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO  
PROGRAMABLE PARA UN AUTOCLAVE MEDIANTE EL USO DE  
AUTÓMATAS, PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE ESTERILIZADO  
EN EL HOSPITAL BÁSICO GUAYAQUIL "

**EXAMEN COMPLEXIVO - COMPONENTE PRÁCTICO**

**INFORME PROFESIONAL**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA BIOMÉDICA**

JOSE LUIS MUÑOZ CAMACHO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2024



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las personas que han sido un pilar fundamental en mi vida y en este proyecto. A Roxana, mi querida esposa, gracias por tu amor incondicional, tu paciencia infinita y por estar siempre a mi lado en cada paso del camino. A Efrain y David, mis maravillosos hijos, gracias por llenar mi vida de alegría y por ser mi fuente de inspiración y motivación. Y a mi gran amigo, el Dr. Carlos Benites, gracias por tu sabiduría, tus consejos y por ser una presencia inquebrantable en los momentos más difíciles. A todos ustedes, gracias por creer en mi y por hacer posible este logro con su apoyo.

## COMITÉ DE EVALUACIÓN

.....  
MSc. Geovanny Argüello  
Andrade

.....  
MSc. Miguel Yapur Auad







Quevedo ,15 de Julio del 2024.

Hospital básico Guayaquil

Ing. José Luis Muñoz Camacho

De mis consideraciones:

Por medio de la presente, el Hospital Básico Guayaquil autoriza formalmente el uso de su nombre en el título del proyecto "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PROGRAMABLE PARA UN AUTOCLAVE MEDIANTE EL USO DE AUTÓMATAS, PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE ESTERILIZADO EN EL HOSPITAL BÁSICO GUYAQUIL

Reconocemos que este proyecto tiene un valor académico significativo y es de gran importancia para su formación profesional. Apreciamos que nuestro nombre sea asociado con una iniciativa tan positiva y beneficiosa. Confiamos en que el uso de nuestro nombre será tratado con el máximo respeto y profesionalismo, y que cualquier mención se hará en un contexto que refleje favorablemente nuestra imagen.

Le deseamos mucho éxito en su proyecto y quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente:



Dr. Carlos Benites Abad

DR BENITES CARLOS ABAD

Reg. SENESCYT # 1006-08-1279

CI. 0904895729

Libro VI Folio 1905 N°554r

DIRECTOR DE CLINICA GUYAQUIL DE QUEVEDO

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Jose Luis Muñoz Camacho y doy mi consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Firmado electrónicamente por:  
JOSE LUIS MUÑOZ  
CAMACHO

.....  
Jose Luis Muñoz Camacho

## RESUMEN

En los procesos de esterilizado hospitalario se garantiza que el instrumental utilizado en los procesos quirúrgicos, cumpla con la desinfección apropiada puesto que este instrumental está en contacto con el paciente, para el esterilizado se emplean métodos tales como calor vapor o gas, la técnica de esterilizado empleado en el hospital básico Guayaquil es vapor, entonces se emplean una autoclave por desplazamiento por gravedad.

El presente trabajo se describe el proceso de automatizado de una autoclave por desplazamiento por gravedad, puesto que este equipo de esterilizado los procesos de operación son en gran parte de forma manual esto conlleva a retraso y disminución de tiempo de vida de los componentes de potencia (resistencias eléctricas).

En la ejecución de este proyecto se evaluará como primera etapa el funcionamiento del equipo, tomado en consideración la temperatura de operación y presión empleado en el proceso de esterilizado, revisión de biografía médica.

En la segunda etapa reconsiderar los posibles fallos y riesgos en los procesos de esterilizado mitigando errores en los procesos de esterilizado.

En la tercera etapa se considera el diseño de diagramas de flujo y LADDER, con el fin, de analizar las etapas de sistema automático.

En las etapas posteriores se revisará el funcionamiento del equipo, capacitación del personal y posibles soluciones, antes posibles fallos al personal técnico encargado del área.

El resultado esperado de este proyecto es que el equipo de esterilización cumpla con su cometido ante la repotenciación realizada ampliando su tiempo de vida.

**Palabras Clave:** esterilizado, autoclave, automatizado, funcionamiento.

## ***ABSTRACT***

In hospital sterilization processes, it is guaranteed that the instruments used in surgical procedures meet the appropriate disinfection standards, as these instruments come into contact with patients. Sterilization methods such as heat, steam, or gas are used. The sterilization technique employed at the Guayaquil Basic Hospital is steam, using a gravity displacement autoclave.

This work describes the process of automating a gravity displacement autoclave, as the operational processes of this sterilization equipment are largely manual. This results in delays and a reduction in the lifespan of power components (electric resistances).

In the execution of this project, the first stage will evaluate the equipment's functioning, taking into consideration the operating temperature and pressure used in the sterilization process, and a review of medical literature.

In the second stage, possible failures and risks in the sterilization processes will be reconsidered to mitigate errors.

In the third stage, the design of flow and LADDER diagrams will be considered to analyze the stages of the automatic system.

In the subsequent stages, the equipment's functionality, personnel training, and possible solutions will be reviewed to address potential failures with the technical staff responsible for the area.

The expected result of this project is that the sterilization equipment meets its intended purpose after the upgrades, extending its lifespan.

*Keywords: sterilized, autoclaved, automated, operation.*

## ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	0
DECLARACIÓN EXPRESA .....	I
RESUMEN.....	II
<i>ABSTRACT</i> .....	IV
ABREVIATURAS .....	VIII
SIMBOLOGÍA .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1 Descripción del problema .....	9
1.2 Justificación del problema.....	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo General .....	11
1.3.2 Objetivos Específicos .....	11
CAPÍTULO 2.....	12
2 MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Esterilización.....	12
2.1.1 Clasificación de instrumentación médica según su riesgo de infección .....	12
2.2 Autoclave .....	14
2.2.1 Tipo de autoclaves .....	15
2.3 Factores que afectan proceso de esterilizado .....	18
2.3.1 Recipientes de alta presión .....	19
2.6 Parámetros de control autoclave .....	24
2.6.1 Control de esterilizado .....	24
2.7 Automatas programables .....	25

2.8	Circuito de control .....	28
2.9	Circuito de fuerza .....	29
CAPÍTULO 3.....		30
3.	METODOLOGÍA .....	30
3.1	Componentes del diseño de control automático .....	31
3.2	Requerimiento de esterilizado específico en el hospital básico Guayaquil	36
3.3	Especificaciones de diseño .....	38
3.4	Descripción de proceso en autoclave manual .....	39
3.5	Descripción de proceso en autoclave automático .....	40
3.6	Análisis de mitigación antes posibles fallos y riesgos en equipo de esterilizado.....	41
3.7	Diseño de diagrama de flujo y control en proceso de esterilizado .....	42
3.8	Programación de autómatas programables .....	47
3.9	Prueba de funcionamiento de diagrama de bloque .....	49
3.10	Prueba de funcionamiento de forma física .....	53
3.11	Prueba de funcionamiento arranque .....	54
3.12	Capacitación del personal .....	56
3.13	Mantenimiento de equipo de esterilizado .....	56
CAPÍTULO 4.....		58
4	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	58
4.1	Evaluación del criterio de diseño.....	58
4.2	Evaluación de proceso de esterilización anterior vs actual .....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		60

Conclusiones .....	61
Recomendaciones .....	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
APÉNDICES .....	67

## ABREVIATURAS

<b>ESPOL</b>	Escuela Superior Politécnica del Litoral
<b>DAN</b>	Desinfección de alto nivel
<b>I.V</b>	Intravenosa
<b>AAMI/96</b>	Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica
<b>PLC</b>	Controladores Lógicos Programables
<b>CPU</b>	Unidad Central De Procesamiento
<b>IEC</b>	Comisión Electrotécnica Internacional
<b>SFC</b>	Sequential function Chart
<b>NA</b>	Normalmente abierto
<b>NC</b>	Normalmente cerrado
<b>THHN</b>	Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated

## SIMBOLOGÍA

Cu	Cobre
Kp/cm <sup>2</sup>	Kilopondio (kp) sobre un centímetro cuadrado (cm <sup>2</sup> ).
In	Corriente Nominal
I	Corriente
V	Voltaje
PSI	Pound-force per Square Inch
W	Potencia
VA	Potencia aparente.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Dentro de los procesos que se realizan en las áreas hospitalarias, los procedimientos de esterilizado son de vital importancia, para garantizar la seguridad y el bienestar de los pacientes. Estos procesos aseguran que los instrumentos y equipos médicos estén libres de microorganismo patógenos, reduciendo el riesgo de infecciones nosocomiales. Los equipos de esterilización en hospitales pueden operar mediante diferentes métodos, como vapor, gas o calor y debiendo seguir protocolos para asegurar una desinfección efectiva.

El hospital básico Guayaquil cuenta con un equipo de esterilización que se maneja de forma manual, este equipo requiere una supervisión continua y precisa de presión de arranque, este procedimiento puede ser complejo y propenso a errores humanos, ya que, si el personal no está lo suficientemente atento, se puede exceder el tiempo de arranque necesario, lo que impide la ejecución inmediata del equipo de esterilización. Estos retrasos no solo afectan la eficiencia operativa del hospital, sino que también pueden comprometer la calidad de la desinfección del instrumental médico.

Para enfrentar estos desafíos, se ha propuesto un proyecto de mejora del equipo de esterilización existente, el objetivo principal es modificar el diseño actual del equipo para automatizar y optimizar el control del tiempo de arranque y otros parámetros críticos del proceso de esterilización. Mediante la implantación de esta mejora, se espera no solo reducir los tiempos de esterilización, sino también minimizar la intervención del personal minimizando posibles errores.

Este proyecto tiene como objetivo aumentar la eficiencia y efectividad del proceso de esterilización en el hospital básico Guayaquil, garantizando que los instrumentos médicos estén listos para su uso en el menor tiempo posible, sin comprometer la seguridad ni la calidad del procedimiento, con estas actualizaciones se espera mejorar significativamente la operatividad del equipo, en el hospital y proporcionar un entorno mas seguro tanto para los pacientes como para el personal médico.

## **1.2 Justificación del problema**

El hospital básico Guayaquil de Quevedo ubicado en la zona céntrica de la ciudad de Quevedo, la cual brinda servicio de hospitalización y cirugías, con servicios de emergencia las 24 horas, dentro de sus instalaciones la esterilización de la instrumentación médica es fundamental para garantizar un entorno seguro en el ambiente hospitalario, considerando los procesos de desinfección, el hospital cuenta con cuatro unidades de esterilizado tipo autoclave, que incluyen un equipo automático y tres semiautomáticos destinados a la desinfección de instrumentó quirúrgico.

Si bien sabemos que la intervención humana en estos procesos puede introducir errores y comprometer la eficacia del esterilizado. Es por ello que surge la necesidad de automatizar estos equipos, con el objetivo de la mejorar los procedimientos de esterilizado, reducir los posibles errores que puedan afectar la seguridad del personal médico y la integridad de los equipos médicos. La implementación de autómatas programables en este proceso no solo aumentaría la eficiencia y precisión, sino que también permitirá una mayor autonomía en los procedimientos de esterilizado.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseño de un sistema de control automático programable para un autoclave mediante el uso de autómatas, para mejorar los procesos de esterilizado en el hospital básico guayaquil.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Análisis de los requerimientos de esterilizados específicos del hospital básico Guayaquil, incluido los protocolos de presión, tiempo temperatura necesarios en los procesos de esterilizado de la instrumentación médica.
- Realizar un análisis de riesgo en la identificación de posibles fallos, en el sistema de control automático y desarrollar medidas para la mitigación de posibles fallos en los procesos de esterilizado.
- Diseñar diagrama de flujos y LADDER, para ejecutar el Análisis de los procesos empleados en esterilizado.
- Realizar pruebas del sistema de control automático para verificación su funcionamiento.
- Capacitación del personal del mantenimiento y esterilizado del nuevo sistema de control automático, sobre los procesos de esterilizado.
- Implementación de plan de mantenimiento del sistema de control, revisión de los procesos de control en vacío con carga y calibración de sensores.

# CAPITULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Esterilización

La esterilización de instrumentación quirúrgica es una parte fundamental de los procedimientos médicos, ya que este proceso es crucial para prevenir infecciones o la transmisión de enfermedades, las autoclave de vapor saturado son una alternativa confiable, para llevar a cabo este tipo de esterilizado cumpliendo con los estándares médicos requeridos, por lo tanto es de vital importancia garantizar las condiciones óptimas de temperatura y presión dentro de la cámara de esterilización del equipo de autoclave para lograr un proceso de esterilizado efectivo.

Sin embargo, el comportamiento dinámico de una autoclave suele ser compleja. Lo que hace necesario implementar estrategias de control adecuadas para llevar a cabo el proceso de esterilizado de manera eficiente.

#### 2.1.1 Clasificación de instrumentación médica según su riesgo de infección

En 1968 Earl Spaulding estableció el primer criterio para la desinfección con el objetivo de racionalizar las indicaciones del procesamiento de los materiales y del instrumental. Spaulding considero el grado de riesgo de infecciones que existe con el empleo de estos artículos y los clasificó de la siguiente manera: [1]

- **Artículos críticos:** son aquellos instrumentos que están en contacto con cavidades o tejidos estériles incluyendo el sistema vascular. Estos artículos representan un alto riesgo de infección si están contaminados con cualquier microorganismo por lo que deben ser siempre estériles. Por ejemplo, el instrumental quirúrgico, las sondas cardíacas los catéteres y las prótesis. [1]
- **Artículos semicríticos:** son aquellos instrumentos que entran en contacto con la mucosa de los tractos respiratorio, genital y urinario, con la piel que no se encuentra intacta. Aunque las mucosas son generalmente resistentes a las infecciones por esporas bacterias, puede presentar infecciones cuando se contamina con otras formas microbianas, por tal razón debe ser estériles, o bien

mínimamente, debe ser sometido a desinfección de alto nivel (DAN). Por ejemplo, los equipos de asistencias respiratoria, anestesia, así como los equipos endoscópicos. [1]

- **Artículos no críticos:** Son todos los instrumentos que solo toman contacto con la piel intacta. En este caso, la piel sana actúa como una barrera efectiva para evitar el ingreso de la mayoría de los microorganismos y por lo tanto el nivel de desinfección requiere ser menor. En general, solo exige limpieza adecuada, secado y en algunas ocasiones desinfecciones de nivel intermedio o de bajo nivel. Como ejemplo podemos citar los esfigmomanómetros, la ropa de cama, las incubadoras, los colchones y los muebles en general. [1]

**Tabla 1. Criterios de desinfección [1]**

**Clasificación de instrumentos médicos para su procesamiento y uso correctos en la atención de pacientes**

Clasificación de objetos	Ejemplos	Método	Procedimiento
Críticos Penetran en los tejidos estériles, en el sistema vascular y en cavidades normalmente estériles.	Instrumental quirúrgico y de curación. Prótesis vasculares, esqueléticas y otras. Catéteres I.V. y de angiografía. Catéteres urinarios, jeringas, agujas, fórceps, implantes.	Esterilización en autoclave, poupinel; óxido de etileno con equipo de esterilización y aireación. Usar antes del tiempo de expiración. Controles químicos y biológicos según normas. Mantenimiento y revisión permanente de los equipos.	<u>Técnica estéril</u> : Campo, guantes y paños estériles. Instrumentos y materiales estériles en paquetes individuales. Lavado de manos antes y después del procedimiento.
Semicríticos Entran en contacto con membranas mucosas y piel no intacta. Deben estar libres de bacterias vegetativas.	Equipos de asistencia respiratoria. Equipo anestesia. Endoscopios, laparoscopios, broncoscopios, cánulas endotraqueales, sondas, tubos de aspiración; bajalenguas; termómetros rectales.	Esterilizar (si es posible) o desinfección de alto nivel.	<u>Técnica aséptica</u> : Lavado de manos antes y después del procedimiento. Separación de área aséptica y área contaminada.
No críticos Solamente entran en contacto con la piel sana.	Fonendoscopios, esfigmomanómetros y manguitos, así como objetos de uso del paciente: vasos, loza, cubiertos, chatas, urinales y ropa de cama.	Desinfección de nivel intermedio y bajo nivel. Normas de limpieza y desinfección en conocimiento y a la vista del personal que las ejecuta.	<u>Desinfección concurrente</u> (diaria) y <u>terminal</u> (al alta del paciente). Separación de objetos y materiales limpios de los sucios.

## 2.2 Autoclave

El equipo de autoclave es un esterilizador a vapor, que emplea calor húmedo en forma de vapor saturado bajo presión para alcanzar una temperatura por encima del punto de ebullición entre los 135 C° y 137 C°, para destruir microorganismo como bacterias, virus, hongos y esporas.

Este tipo de esterilización no es toxica, es Económica. Este tipo de equipo cuenta con diversos tamaños y funcionalidad variable, el equipo de autoclave puede esterilizar líquidos, solidos, materiales quirúrgicos e instrumentos de laboratorio de diferentes formas y tamaño para diferentes aplicaciones y científicas.

La eficiencia del vapor como agente esterilizador depende de:

- La humedad.
- El calor.
- La penetración.

La mezcla de vapor y aire puro (y de otra impureza que pudieran contener.) [1]



Figura 1. Autoclave [31]

## 2.2.1 Tipos de autoclaves

### Autoclaves por desplazamiento de gravedad o gravitacional

En estos equipos el aire es removido por gravedad, ya que el aire frío es más denso y tiende a salir por un conducto colocado en la parte inferior de la cámara cuando el vapor es admitido. Este proceso es muy lento y favorece la permanencia de residuos del aire. Estos modelos varían en tamaño, los hay desde modelos pequeños que se colocan sobre la mesa y son utilizados en clínicas y consultorio, hasta grandes unidades capaces de manejar carritos de cargas de materiales. [1]

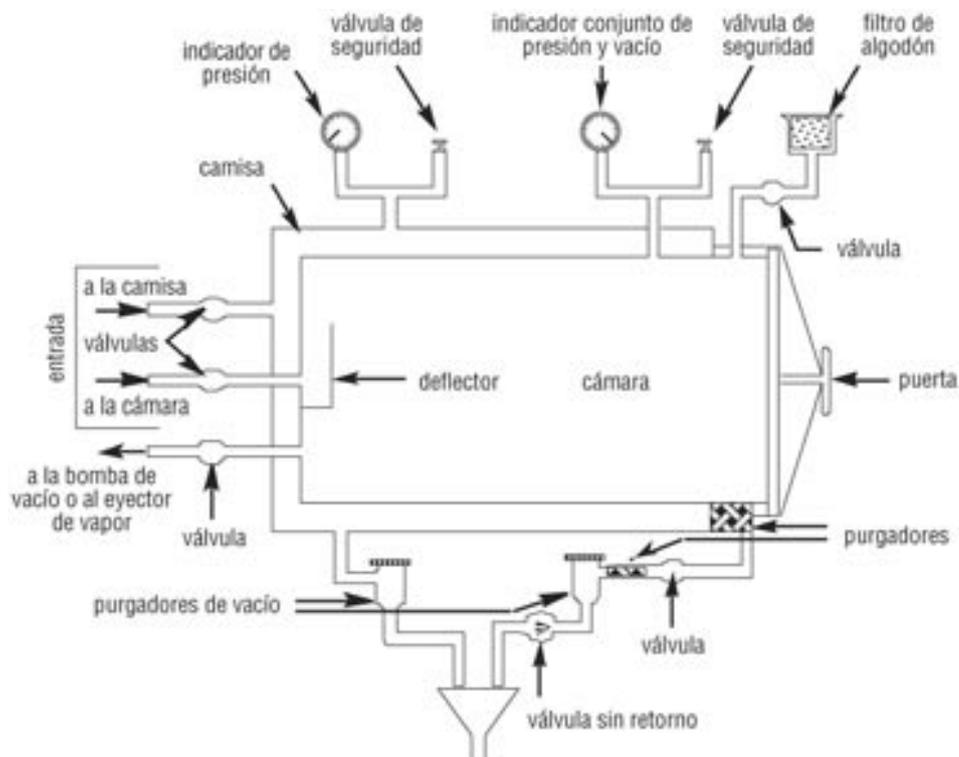
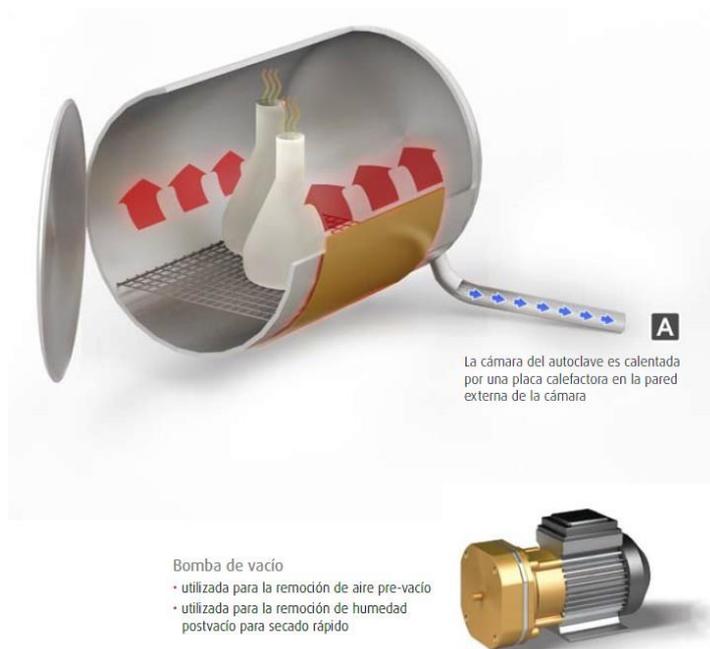


Figura 2. Autoclave de desplazamiento por gravedad [30]

### Autoclave de pre- vacíos

Estos equipos tienen bomba de vacío sistemas de Venturi para retirar el aire de la cámara rápidamente en forma de pulso, de modo que el vapor ingresa a la cámara a mayor velocidad, mejorando la eficiencia del equipo de autoclave al eliminar las bolsas de aire incrementar la velocidad del proceso, incluso cuando opera a la misma temperatura que los esterilizadores de desplazamiento de gravedad (121°C o 132°C) en periodos de 4 a 18 minutos.

La ventaja de este sistema radica en que la penetración de vapor es prácticamente instantánea aun en materiales porosos. Además, con este método los periodos de esterilización menores dividido a la rápida remoción del aire, tanto de la cámara como de la carga y la mayor temperatura a la que es posible exponer las materias. Las autoclaves con bomba de vacío funcionan a temperatura de 121C a 132C en periodo de 4 a 18 minutos. [1]



**Figura 3. Autoclave Pre- vacíos**

### **Autoclaves instantáneas (flash)**

Son esterilizadoras especiales de alta velocidad que generalmente los ubican entre los quirófanos para procesar los instrumentos desempaquetados para uso de extrema urgencia, estos esterilizadores operan a 134C durante 3 o 4 minutos.

Este método de esterilizadores debe ser evitado, ya que el material es esterilizado sin embalaje y el ciclo elimina el secado, por lo tanto, se puede volver a contaminar de forma repentina. [1]



**Figura 4. Autoclave instantánea (flash)**

### Parámetros de control de autoclave

Los parámetros de control son presión del vapor, tiempo y temperatura.

**Presión del vapor:** vapor saturado con un 95% de vapor y 5% de condensado y libre de impureza, utilizado agua blanda o tratada.

Por ejemplo, en las autoclaves gravitacionales y de Pre-vacío, donde el material es contenido en empaques simples utilizaremos:

**Tiempo y temperatura:** es una relación directa con el grosor o el tipo de empaque, definidos en los estándares establecidos por organismos internacionales. [1]

**Tabla 2. Rangos temperatura y tiempo [1]**

Tipo de esterilizador	Tipo de carga	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
Gravitacional	Superficie porosa	121	30
	o no porosa	134	25
	Líquido	134	30
Pre-vacío	Superficie porosa	121	15
	o no porosa	134	4
	Líquido	134	30

Adaptado de Rutala y Weber 2002; y MAC Manual July 2002

### Condiciones del proceso:

- Las condiciones a tener en cuenta son temperatura y tiempo de exposición que serán establecidos según la validación de los equipos y los procesos.

- Para el vapor de agua saturado existe una equivalencia entre temperatura y presión (según la AAMI/96), a modo orientativo se presenta el siguiente cuadro: [1]

**Tabla 3. Rangos temperatura y tiempo [1]**

Tipo de esterilizador	Temperatura (°C)	Tiempo de exposición
Gravitacional	121-123	15 a 30 minutos
	132-135	10 a 25 minutos
Con vacío previo	121-123	15 a 30 minutos
	132-135	3 a 4 minutos

### 2.3 Factores que afectan proceso de esterilizado

Las posibles causas que afecten la esterilización por autoclave son:

1. Eliminación incompleta del aire en el esterilizador: esto produce la disminución de la temperatura afectando la esterilización. Las burbujas de aire, atrapadas en los paquetes actúan impidiendo la difusión y exposición del vapor. Esto ocurre por falla en las bombas de vacío o en las autoclaves de desplazamiento por gravedad debido a la eliminación incompleta del aire. [1]
2. Vapor sobrecalentado: que puede afectar el poder microbicida debido a que pierde humedad y actúa en ese caso solo aire caliente. [1]
  - Esto puede ocurrir por que el vapor no está en contacto con el agua desde la cual se forma, es totalmente seco y no puede ser utilizado en el equipo de autoclave, su temperatura sube rápidamente. [1]
  - También el vapor saturado puede sobrecalentarse por una rápida reducción de la presión (más de 50% en forma abrupta) manteniéndose mayor presión y temperatura en la camisa que en la cámara. [1]
  - Otro motivo es por el resecamiento producido por su paso a través de material que tiene menos de 50% de humedad relativa. (como el caso de algunos textiles que se almacenan a lata temperatura.) [1]
  - **Componentes de autoclave**

Los equipos de autoclave cuentan con los siguientes componentes principales:

### 2.3.1 Recipientes De Alta Presión

Estos pueden estar contruidos con metales resistentes a corrosión, tales como el acero inoxidable o cobre, estos componentes de alta presión son los siguientes.

- **Generador de vapor:** La fuente de vapor de las autoclaves hospitalarias suele estar integras al mismo equipo, estos equipos usan elementos calefactores para calentar agua y generar vapor. El vapor cumple función en la esterilización, aumenta las propiedades de calor que destruye los agentes infecciosos. [2]



Figura 5. Generador de vapor [32]

- **Cámara o camisa:** La cámara es el componente principal de una autoclave de vapor, que consiste en una cámara interior y una camisa exterior. Las autoclaves de laboratorio y hospitales están contruidas con cámaras con camisa donde la chaqueta se llena de vapor lo que reduce el tiempo poque tarda en completar los ciclos de esterilizado y reduce la condensación dentro de la cámara. [2]



Figura 6. Cámara o camisa [33]

## 2.4 Sensores

Los sensores son herramientas que detectan y responden a algún tipo de información del entorno físico, existe una amplia gama de sensores utilizados en la vida diaria, que se clasifican según las cantidades y características. [3]

### Presostato

Un presostato es un dispositivo electromecánico utilizado para controlar y supervisar la presión de un fluido, generalmente en sistemas de tuberías o equipos industriales, funciona como un interruptor que se activa o desactiva en función de los cambios de presión. [4]



Figura 7. Presostato

### Tipos de presostato

Existen varios tipos de presostato que utilizan en diferentes aplicaciones y entornos, tales como:

- Presostato electrónico.
- Presostato diferencial.
- Presostato de membrana.
- Presostato electrónico.
- Presostato hidráulico.

### Control de nivel de agua

Los controladores de nivel son unidades automatizadas para medir el nivel de líquido en un área contenida. Se utilizan en sistemas que evitan que los niveles de líquido se pongan excesivamente altos o bajos. [5]



**Figura 8. Control de nivel de agua**

### **Control de temperatura**

Un controlador de temperatura es un instrumento usado para el control de la temperatura. El controlador de temperatura tiene una entrada procedente de un sensor de temperatura y tiene una salida que estar conectado a un elemento de control tal como un calentador o ventilador [6].



**Figura 9. Control de temperatura**

### **Micro switch**

Son componentes esenciales de muchos dispositivos electrónicos, desde electrodomésticos hasta maquinaria industrial, así mismo, ofrece una forma fiable y precisa de detectar cambios de posición, presión o temperatura, se suele utilizar como finales de carrera, interruptore de seguridad o interruptore de control [7].



**Figura 10. Micro switch**

## 2.5 Actuadores

Un actuador es un dispositivo que, al recibir una entrada de energía, es capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la actividad de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

### Contactor

El contactor eléctrico es un dispositivo eléctrico de maniobra que puede manejar altas cargas funciona mediante el flujo de corrientes provocando un campo magnético cerrando sus contactos y dejando pasar la corriente similar a un switch.



Figura 11. Contactor [8]

### Electroválvula

Una elección de define como una electroválvula empleada generalmente para controlar el caudal de un líquido o in gas, existen diferentes tipos de electroválvulas, si bien las variantes más importantes son las electroválvulas servoasistidas y las de acción directa. [9]



Figura 12. Electroválvula

## Relé

Un relé es un componente eléctrico que funciona como un interruptor, abriendo y cerrando el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente, permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán.



**Figura 13. Relé**

## Luz piloto

La luz piloto es utilizada comúnmente en aplicaciones industriales para indicar el estado de funcionamiento de un equipo o proceso, es resistente al impacto, al polvo, al agua y a las vibraciones a sus protecciones lo que lo hace ideal para su operación en entornos hostiles [10].



**Figura 14. Luz**

## Bomba de agua

Una bomba de agua es una maquinaria, que se utiliza para bombear agua de un lugar a otro, moviendo cualquier fluido, el más común es el agua, puede ser utilizado en muchos ámbitos y sectores diferentes, sus aplicaciones más comunes son en la agricultura y jardinería, el suministro de agua potable, el drenaje de piscina y pozos, eliminación de aguas residuales o en la alimentación de calderas. [11]



**Figura 15. bomba de agua**

## **2.6 Parámetros de control autoclave**

### **2.6.1 Control de esterilizado**

En los procesos de esterilizado son de vitales importancias existen varias formas de llevar a cabo un control de calidad satisfactorio en el proceso de esterilizado, estos controles pueden ser de muchas formas tales como indicadores químicos que cambiaran de color o estado dependiendo del medio de esterilización a ser sometidos.

#### **Clasificación de los indicadores de esterilizado:**

##### **Clase 1:** Indicadore de proceso

Permite distinguir entre un dispositivo médico procesado de uno no procesado, por el cambio de color de los elementos impregnados con tinta termoquímica.

##### **Clase 2:** Indicadores para pruebas específicas -test Bowie-Dick

Nos permite verificar la eficacia del sistema de vacío del equipo de autoclave, la prueba es correcta si el indicador cambiara a una tonalidad de manera homogénea en toda su extensión, de lo contrario se tendrá que repetir el proceso o evaluar el equipo de esterilizado. [12]

##### **Clase 3:** Monoparametro

Indicadores de un solo parámetro responde a una sola variable del proceso.

##### **Clase 4:** Indicadores multiparámetro

Este indicador valida y repode a dos o más variables críticas del proceso de esterilizado como son: tiempo y temperatura, es un dispositivo impregnado con tinta termocrónica que cambia su tonalidad cuando esa sometido a las variables de temperatura y tiempo [12].

## **Clase 5:** Indicadores integradores

Son tiras que cambian de color de acuerdo al tiempo de exposición la temperatura al cual es sometido el material (121C o 134C) y la calidad de vapor y humedad. Permite certificar y validar un ciclo de esterilizado. [12]

## **2.7 Autómatas programables**

Los autómatas programables son controladores programables que permiten que una maquina realicen proceso sin la necesidad de intervención humana, por tanto, los autómatas programables son controladores inteligentes. El uso de tales controladores se encuera sobre todo en industria, donde grande y complejas instalaciones trabajan con mucho proceso. [13]

Los autómatas programables reciben información de los sensores o dispositivos de entrada conectados, procesa los datos y activa las salidas según los parámetros programados.

Dependiendo de las entradas y salidas, un PLC puede monitorea y registrar datos de tiempo de ejecución como la productividad de la maquina o la temperatura de operación, iniciar y detener proceso automáticamente, generar alarmas si una maquina funciona mal y más, los controladores lógicos programables son una solución de control flexible y robusta, adaptable a casi cualquier aplicación [14].



**Figura 16. Autómatas programables**

**[34]**

## Lenguajes para autómatas

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, ordenes u símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación que le permite ejecutar una secuencia de control deseada.

Los lenguajes de programación de autómatas programables sirven como un canal de comunicación entre sistemas operativos que interpretan el lenguaje y el usuario que tiene acceso a la configuración del programa, con la finalidad de crear instrucciones secuenciales que el autómata entienda y lo traduzca en señales análogas o digitales. [15]

## Programas De Aplicación De Autómatas

Los programas de aplicación que crean los usuarios están a ejecutar, a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el entorno que lo rodea es importante destacar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguaje de programación.

Un elemento importante de este, es el sistema operativo, cuyo servicio incluye el manejo de los dispositivos de entrada y salida de PLC, el almacenamiento de la información durante largos periodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria, no volátil dentro de la CPU, por lo tanto, no se pierde ni altera en caso de pérdida de alimentación al equipo.

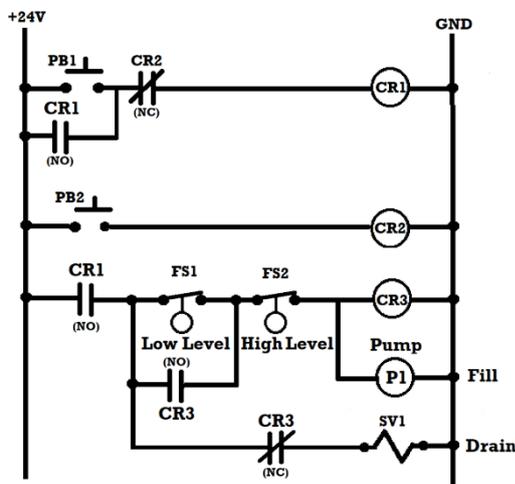


Figura 17. Lenguaje LADDER [35]

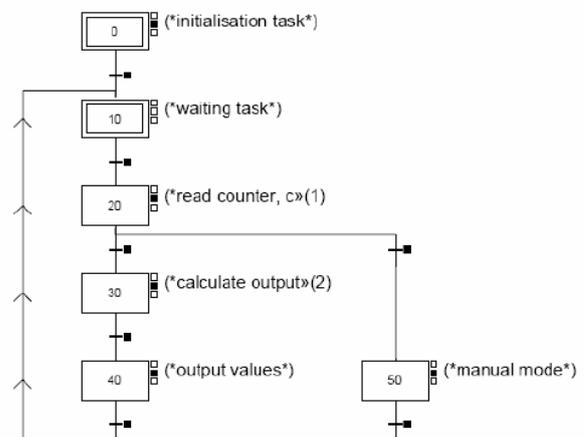


Figura 18. diagrama Grafcet [30]

## **Tipos de lenguaje de programación de PLCS**

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable, con la cantidad de PLC que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguaje de programación de PLC como los son:

- Lenguaje de LADDER o LADDER.
- Lenguaje booleano.
- Diagrama de funciones.

## **Normas IEC 1131-3**

La comisión electrotécnica internacional (IEC) desarrollo el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los controladores programables. Uno de los objetivos del comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podrían ser usado en todos los PLCS. Aunque el estándar 1131 alcanzo el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLCS y a los problemas de incompatibilidad de programas entre PLCS.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste de cinco partes, un de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para programación de PLCS. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto, usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.

### **Lenguajes gráficos**

- Diagrama LADDER KOF.
- Diagrama de bloque de funciones.

### **Lenguajes textuales**

- Lista de instrucciones.
- Texto estructura.

Adicionalmente, el estándar IEC 1131.3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC) es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero este es realmente una estructura organizacional que coordina

los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST) la estructura del sfc tuvo sus raíces en el primer estándar francés de Grafset (IEC 848).

## **Lenguaje LADDER**

El lenguaje LADDER es uno de los lenguajes de programación más utilizados en los autómatas programables. Está basado en los antiguos automatismos cableados por medio de contactores, gráficamente se representa por dos líneas verticales separadas que marca conexión polo positivo y polo negativo semejante a un circuito eléctrico de control, estos circuitos se pueden representar de modo lógico.

### **Componentes básicos de lenguaje LADDER**

Contactos normalmente abiertos (NA): representa un contacto abierto es decir que se representa con un switch abierto asociada a una variable cero lógicos.

Contacto normalmente cerrado (NC): representa un contacto cerrado es decir que indica que el switch se encuentra cerrado en un estado lógico representativo de variable 1.

Bobina: representa el punto de llegada de una señal a un actuador si este componente se encuentra energizado, es un indicativo de un 1 lógico de lo contrario unos cero lógicos.

## **2.8 Circuitos de control**

Los circuitos de control son elementos fundamentales en los sistemas automáticos, conformados un conjunto de componentes físicos interconectados o relacionados entre sí. Su función principal es regular o dirigir su actuación de forma autónoma, sin necesidad de intervención externa, corrigiendo posibles errores que puedan surgir durante su funcionamiento.

En la actualidad, en cualquier mecanismo, sistemas o plantas industriales, se distinguen una parte actuadora, que corresponde al sistema físico encargado de llevar a cabo la acción deseada, y otra parte de mando o control, encargado de generar las ordenes necesarias para ejecutar o detener dicha acción.

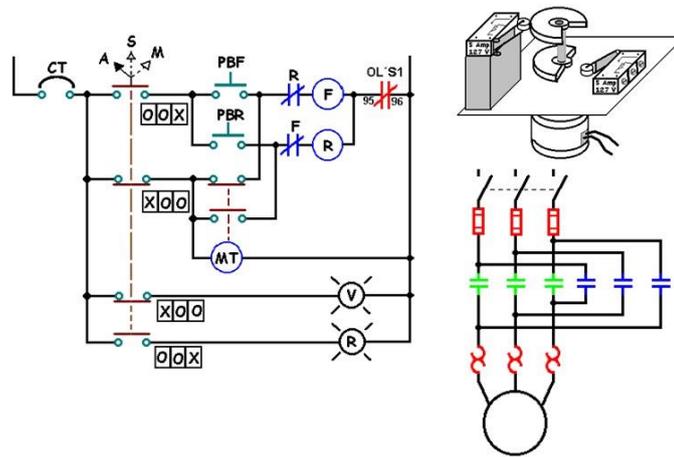


Figura 19. circuito de control

## 2.9 Circuitos de fuerza

Los circuitos de fuerza o potencia son los utilizados para suministrar electricidad a los receptores de la instalación como motores, baterías de condensadores, lámparas, etc. y cuya finalidad persigue convertirla en trabajo útil. Estos circuitos normalmente son alimentados con tensiones de monofásicos de 120V, 220V o trifásicos de 220V, 400v. [16]

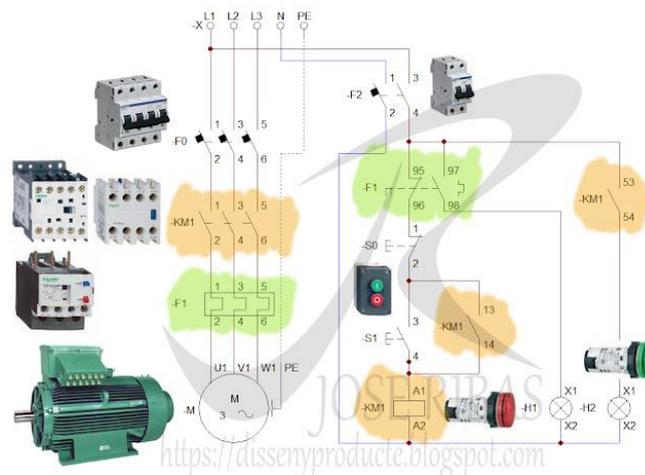


Figura 20. Circuito de control y fuerza

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

En el proceso de automatización de equipo de esterilizado se plantearon los siguientes objetivos específicos:

**En el primer objetivo:** Corresponde a. Análisis de los requerimientos de esterilizados específicos del hospital básico Guayaquil, incluido los protocolos de presión, tiempo temperatura necesarios en los procesos de esterilizado de la instrumentación médica.

El logro de este objetivo establece los lineamientos de diseño de control automático que cumplan con el diseño original del equipo de autoclave manual, puesto que este proyecto se centra en la automatización de un equipo manual, el diseño automático debe cumplir con cada proceso desde su inicio hasta la finalización de ciclo de esterilizado, estos procesos serán control de tiempo de esterilizado, control de temperatura, control de entrada y salida de vapor, control de secado.

En este primer objetivo también se establece el diseño eléctrico, selección de autómatas programables que sea robusto y cumpla con parámetros de seguridad.

**El segundo objetivo:** Corresponde a realizar un análisis de riesgo en la identificación de posibles fallos, en el sistema de control automático y desarrollar medidas para la mitigación de posibles fallos en los procesos de esterilizado. En este objetivo evaluaremos los distintos componentes de seguridad incorporados como:

- Válvulas de alivio.
- Control de nivel.
- Protecciones eléctricas.
- Sensores de apertura.
- Electroválvulas.
- Controles de presión.

Cada uno de los componentes anteriores podría ser un fallo, en los procesos de esterilizado esto implica que cada componente debe estar en buen estado y si cuenta con algún desgaste físico o defecto, deberá ser sustituido con el fin de mitigar cualquier error en el proceso.

**El tercer objetivo:** Corresponde a diseñar diagrama de flujos y LADDER, para ejecutar el. Análisis de los procesos emplea en esterilizado. En el diseño de control de esterilizado se deberá realizar diagramas de flujo que muestren cada etapa de proceso con el fin de mitigar errores en la programación del autómata programables.

**El cuarto objetivo:** Corresponde a Realizar pruebas del sistema de control automático para verificación su funcionamiento. Estas pruebas consistirán en forma virtual y de forma física que cumplan con cada etapa del programa en LADER.

**El quinto objetivo:** Consiste en la Capacitación del personal del mantenimiento y esterilizado del nuevo sistema de control automático, sobre los procesos de esterilizado. En este objetivo se realizar un manual de maniobras, del equipo y socialización del mismo, con el fin de maniobrar el equipo de forma segura.

**El sexto objetivo:** Es la Implementación de plan de mantenimiento del sistema de control, revisión de los procesos de control en vacío y calibración de sensores. En este objetivo se deberá entregar diagrama del quipo, para identificar los diagramas de conexión y los posibles puntos de fallo del equipo.

### **3.1 Componentes del diseño de control automático**

#### **Selección de autómata**

En la selección de un autómata programable se debe considerar varios puntos, los cuales asegure que el dispositivo seleccionado se adapte a las necesidades requeridas.

**Escalabilidad:** Asegurar que el autómata programable, tenga la capacidad de adaptarse a posibles expansiones o cambios futuros, en el sistema existente. Estos garantizaran que el sistema pueda crecer y evolucionar según las necesidades cambiantes.

**Capacidades de E/S:** Que tenga la capacidad de manejar un sinnúmero de puertos de entradas y salidas, esta flexibilidad es esencial para garantizar un funcionamiento optimo y una comunicación efectiva.

**Confiabilidad y durabilidad:** La robustes en un autómata programable, es la capacidad de funcionar de manera confiable en situaciones complejas, tales como temperatura,

vibraciones, humedad u otros factores ambientales que podrían afectar su funcionamiento. Su durabilidad es otro atributo fundamental.

**Entorno amigable:** Es fundamental que el autómata programable ofrezca una interfaz de programación intuitiva, esto facilitara del desarrollo del programa y permitirá una fácil resolución de problema .la capacidad de simulación facilitará la evolución del programa ante posibles fallos.

## Autómata

### SIMATIC S7-1200

El PLC S7-1200 es un controlador lógico programable fabricado por siemens AG, una empresa alemana líder en tecnología. Este PLC forma parte de la familia de productos SIMATIC S7 y se utiliza en aplicaciones de automatización industrial para controlar y supervisar procesos. [17]

### Características [18]

- SIMATIC s7-1200
- CPU 1214c
- CPU compacta
- AC/DC/RELES
- Puerto PROFINET
- E/S integradas :14 entradas digitales 24 V DC
- 10 salidas digitales tipo relé (2A)
- 2 entradas analógicas 0-10
- Suministró eléctrico :85-264V AC
- Memoria programable/datos:100KB



**Figura 21.** SIMATIC S7-1200 1 [18]

## Conductores eléctricos

El tipo de conductores empleados a lo largo del proyecto, serán de tipo normal THHN y los de alta temperatura como conductores de asbesto.

Conductor THHN: este es un tipo de conductor que se emplea en instalaciones residenciales comerciales e industriales su nombre proviene de las siglas en ingles Thermoplastic High Heat-Resistant Nylon-coated, que significa termoplástico resistente al calor con recubrimiento de nylon. [19]



**Figura 22. Conductor THHN 1 [19]**

### **Conductor de asbesto**

Conductor de asbesto con núcleo de filamentos de cobre (Cu) Niquelado, aislado dieléctricamente con cubierta hasta 700C para uso en instalaciones con voltajes de hasta 600V y alta temperatura. El conductor de cobre ofrece una velocidad de transmisión en sistemas de potencias tan alta y eficiente que es el metal más usado en la industria. Cuando el cobre se alea con Níquel, en porcentajes típicamente menores a 5%, incrementa su conductividad y su temperatura máxima de operación. [20]



**Figura 23. Conductor de asbesto 1 [20]**

### **Cálculo de conductores eléctrico**

Para el cálculo de conductor tomaremos en consideración, la carga a conectar más una reserva de un 25% y los diversos factores como la longitud y temperatura.

$$I = \frac{P}{V} A \quad I1 = \frac{P}{V} 1,25\%A$$

## Selección de contactores

En la selección de contactores debemos considerar el tipo de carga, para esto existe cuatro categorías específicas, basándose en la potencia que debe soportar, las características del circuito y las condiciones en las que debe trabajar.

- AC-1 esta categoría se aplica a todos los tipos de dispositivos de corriente alterna con un factor de potencia igual o superior a 0.95. [21]
- AC-2 esta categoría se aplica al arranqué, la conexión y el avance lento de motores de anillo rozantes. [21]
- AC-3 esta categoría se aplica a los motores de jaula de ardilla durante el funcionamiento normal de motor. [21]
- AC-4 esta categoría cubre las aplicaciones con frenos por inversión y el avance lento de motores de jaula de ardilla y de anillos rozantes. [21]

Vistos los conceptos anteriores para las cargas de resistencia electricas, se seleccionará el contactor de clase Ac-1 el cual es el más idóneo para cargas resistivas, mientras que para el control de bomba sería un contactor Ac-3.



Figura 24. Contactor 1 [25]

## Cálculo de protecciones eléctricas

Para el cálculo de protecciones eléctricas, tomaremos la potencia en voltamperios más un factor de seguridad de 1,25%.

- Monofásica

$$I = \frac{S}{V} \quad I1 = \frac{S}{V} 1,25\%$$

- Trifásica

$$I = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \quad I1 = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} 1,25\%$$

### Relé térmico

Es un dispositivo electromecánico, diseñado para proteger a los motores eléctricos. la misma procura dar durabilidad a los motores industriales, cuidándolos a estos últimos de sobrecargas o calentamientos.

$$IRel = In. 1.15\% \quad IRel = In. 1.25\%$$

### Sensor de presión

Este dispositivo se utiliza para cerrar o abrir un circuito eléctrico en función de la presión que ejerce un fluido sobre un pistón interno que se mueve hasta que se unen dos contactos. [22]



**Figura 25. Pressure switch and  
Thermostat KP-KPI 1**

## **Electroválvula**

La gama de electroválvulas de Parker incluye tipos y configuraciones para una amplia variedad de aplicaciones hidráulicas, neumáticas, de instrumentación, médicas, de refrigeración y aeroespaciales. Las soluciones de estas válvulas de Parker ofrecen fiabilidad, posibilidad de cambio de manera rápida y segura y diseños compactos adecuados para entornos exigentes. [23]



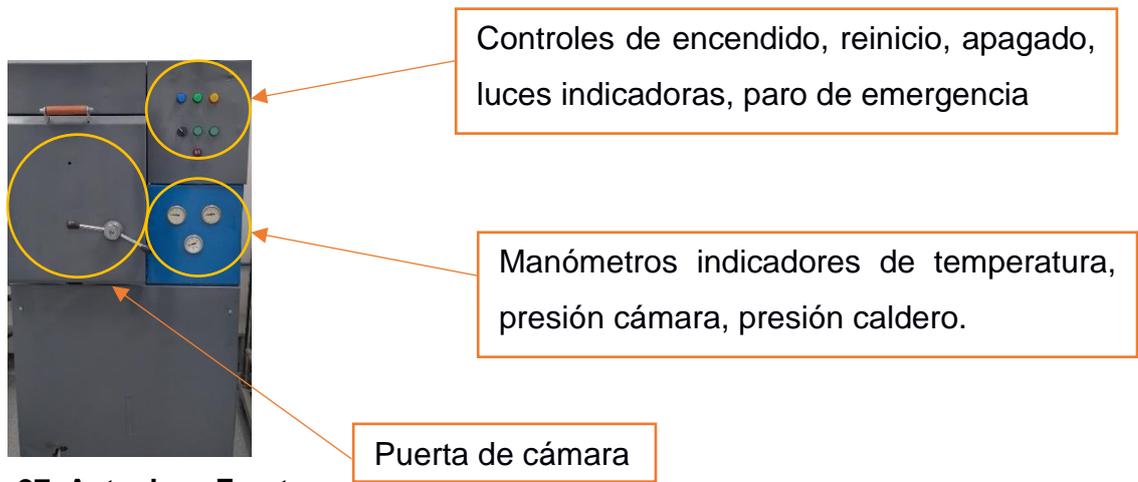
**Figura 26. Electroválvula  
parker 1 [28]**

### **3.2 Requerimiento de esterilizado específico en el hospital básico Guayaquil**

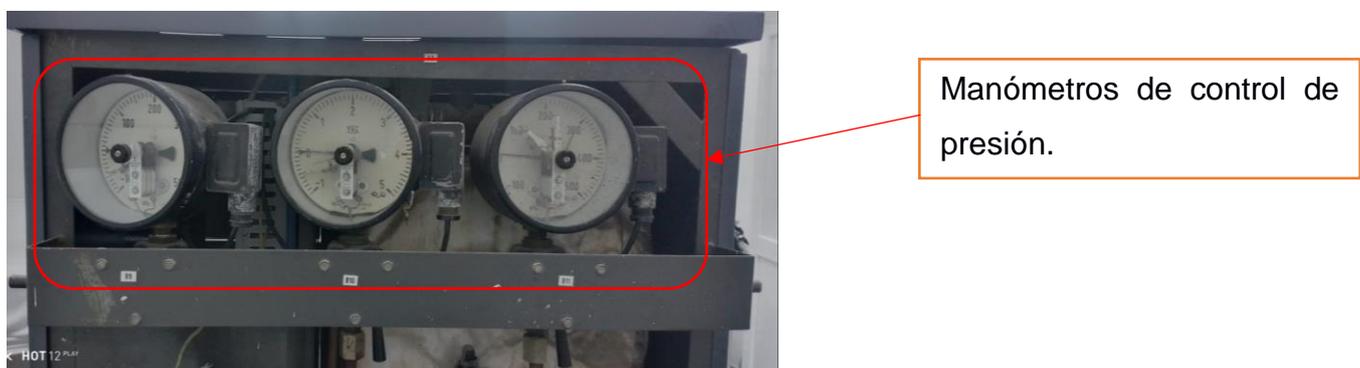
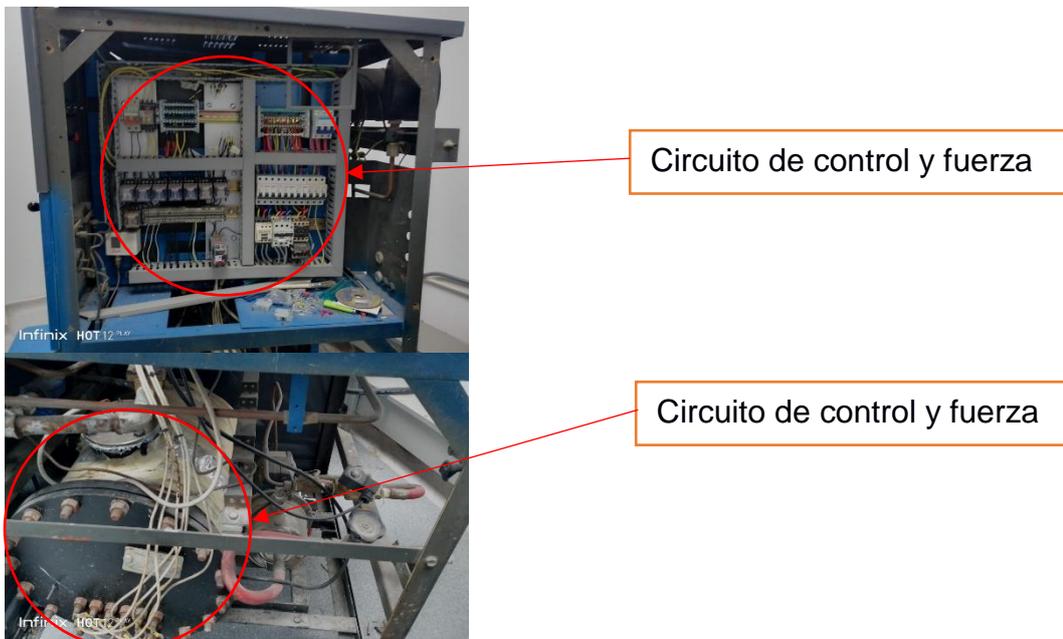
#### **Desarrollo del del sistema del control automática**

Las partes que conforman el equipo de esterilizado son las siguiente:

#### **Panel de control**



**Figura 27. Autoclave Frente**



**Figura 28. Autoclave Panel lateral**

### **Proceso de esterilizado**

El proceso de esterilización, podemos definir como la eliminación de todo tipo de agente patógeno, de manera segura que no ponga en riesgo la salud de algún individuo expuesto.

### **Requerimiento en esterilizado**

Las condiciones a tener en cuenta son temperatura y tiempo de exposición que serán establecidos según la validación de los equipos.

- Rango de temperatura optima: 121C y 134C (grados centígrados)
- Rango de presión: de 1.3 bar con temperaturas de 121C, de 2,2 Bar con temperatura de 134C.
- Tiempo de esterilizado: tiene que ser el tiempo de esterilizado suficiente, con el fin de garantizar la destrucción total o parcial de los agentes patógenos infeccioso.

### **3.3 Especificaciones de diseño**

Para el automatizado del equipo de autoclave de vapor por desplazamiento por gravedad, se debe considerar cada paso acorde al funcionamiento original, esta contara con los siguientes ciclos de proceso de esterilizado.

En el siguiente grafico se mostrará partes de las autoclaves:

- **Cámara camisa:** Es en donde se alojan los componentes a esterilizar esta cuenta con una bandeja, la cual protege los equipos de humedad.
- **Caldero:** Es en el cual se produce el vapor de agua mediante el calentamiento con resistencia estrictas de 2kW.
- **Resistencias eléctricas:** Estas permiten calentar el agua con el fin de generar vapor.
- **Bomba de agua:** Este equipo permite le llenado de la cadera de forma segura y rápida.
- **Válvula check:** Esta permite el transporte de agua en un solo sentido.
- **Electroválvula de llenado de agua:** Esta electroválvula permite el paso de agua a la caldera.
- **Electroválvula de entrada de vapor:** Esta permite el acceso del vapor del caldeo a la cámara de esterilizado.

- **Electroválvula de salida de vapor:** Permite la expulsión del vapor en cada ciclo que lo requiera.
- **Electroválvula de secado:** Esta se acciona una vez terminado el ciclo de vapor.
- **Válvula de alivio caldero:** Esta válvula es de protección permitiendo su activación por alguna presión anormal en el caldero.
- **Válvula de alivio cámara:** Esta válvula es de protección permitiendo su activación por alguna presión anormal en la cámara.
- **Purga de aire:** Este permite la expulsión del aire de la cámara y cerrándose de forma automática según se acumule el vapor de agua en la cámara.
- **Puerta de cámara:** Permite el sellado de la cámara.
- **Manómetro de PSI cámara:** Permite ver las presiones de trabajo de la cámara.
- **Manómetro de PSI caldero:** Permite ver las presiones de trabajo del caldero.
- **Control de PSI caldero:** Este permite el generado de vapor, acorde a la presión de trabajo del caldero.
- **Manómetro de temperatura:** Permite visualizar temperatura de la cámara.
- **Selector de encendido:** Permite encendido total del equipo.
- **Pulsador de arranque:** Permite el arranque del equipo de modo automático.
- **Pulsador de reset:** Permite reseteo de equipo desde cualquier punto de inicio.
- **Switch (NA) de puerta:** Indica si se encuentra cerrada de forma segura la entrada de la cámara.
- **Pulsador de paro de emergencia:** Este permite detener el proceso en caso de emergencia, parando todo el sistema de esterilizado.
- **Control de nivel de agua:** Indica el llenado de agua en el caldero.
- **Luces piloto:** Indicadores de proceso.
- **Alarma:** Este dispositivo sonoro indicara el fin del ciclo de esterilizado.

### 3.4 Descripción de proceso en autoclave manual

En los procesos de esterilizado del equipo de autoclave, se debe cargar la instrumentación, luego encender el equipo y esperar a que el manómetro de caldero pase a  $2\text{Kp/cm}^2$  aproximadamente, para luego pulsar el botón de arranque este último paso puede ser muy engorros, puesto que se puede pasar el momento de presionar el

botón y el personal encargado podría perder tiempo en este proceso pudiendo causar condición en el proceso de esterilizado.

Posibles errores:

- Equipo cree un falso arranque.
- Equipo este encendido y se descuide el apagado.
- Equipo falle por agentes externos corte de energía.

### **3.5 Descripción de proceso en autoclave automático**

El diseño propuesto se ejecutará de forma automática, evitando los posibles fallos anteriores, el proceso automático será de a la siguiente manera:

1. El equipo una vez cargado de material quirúrgico, se cerrará la puerta para luego ejecutar marcha al equipo, en caso de falla al cargar material quirúrgico, por cualquier índole, el equipo se lo podrá reiniciar interrumpiendo el proceso de forma segura, sin comprometer la integridad del equipo o personal.
2. Una vez el equipo está en marcha comenzara su proceso, si el equipo no cuenta con agua en caldero se llenara de forma automática ,para luego encender las resistencia eléctricas que calentaran el agua hasta su ebullición generando vapor que se acumulara en caldero una vez alcanzado la temperatura y presión (2Kp/cm<sup>2</sup>) adecuada ,una electroválvula expulsara vapor hasta la cámara, en donde se encuentra el material quirúrgico ,en este paso actuar una válvula de purga de aire ,expulsado el aire que se encuentra en cámara, para luego sellarse una vez que se alcanzó la presión adecuada.
3. Luego que termina el tiempo de expulsión de vapor en la cámara, donde se encuentra esterilizando el material quirúrgico, se pasara a el proceso de secado, cerrando el vapor de caldero, abriendo electroválvula de expulsión de vapor de cámara, manteniéndose abierta hasta que termine el proceso de secado, una vez trascurrido el tiempo de secado sonara un timbre indicando la finalización de esterilizado.

Este equipo manual maneja un solo tiempo de esterilizado 15minutos de esterilizado y 20 minutos de secado, en los procesos de automatización se conservará este tiempo.

### **3.6 Análisis de mitigación antes posibles fallos y riesgos en equipo de esterilizado**

En los procesos de esterilizado, no solo se deberá considerar el producto final, que es equipo quirúrgico, se deberá considerar la seguridad del operador del equipo, dentro de estos parámetros de seguridad son los siguientes:

- Capacitación del personal.
- Válvulas de seguridad en buen estado (válvulas de alivio).
- Bloqueos eléctricos-electrónicos de seguridad.
- Revisión entradas de agua.
- Revisión de corrientes eléctricas en equipo de fuerza.

**Capacitación del personal:** Capacitación del personal del uso de equipo en cada etapa de su proceso desde del cargado en cámara de equipos médicos, sellado de puerta, arranqué y producto final que es el esterilizado del equipo.

**Válvulas de seguridad en buen estado (válvulas de alivio):** Estos equipos son de vital importancia en sobrepresiones peligrosas, estos equipos deben de ser revisado y probados periódicamente, por personal capacitado con el fin de cuidar de la integridad del equipo y del personal que lo maniobra.

**Bloqueos eléctricos-electrónicos de seguridad:** Estos bloques estarán diseñados con el fin de la protección del equipo y del personal los mostraremos a breves rasgo puesto que estos estarán a mayor detalle en bloques de programación:

- El equipo no realizara ningún proceso si la puerta está abierta.
- Si el equipo está en funcionamiento y el operario intenta abrir la puerta el equipo se bloqueará y expulsará vapores peligrosos fuera de cámara(desagüe).
- Equipo no arrancara resistencias eléctricas por ausencia de agua.
- Sonara alarma al final de proceso de esterilizado.

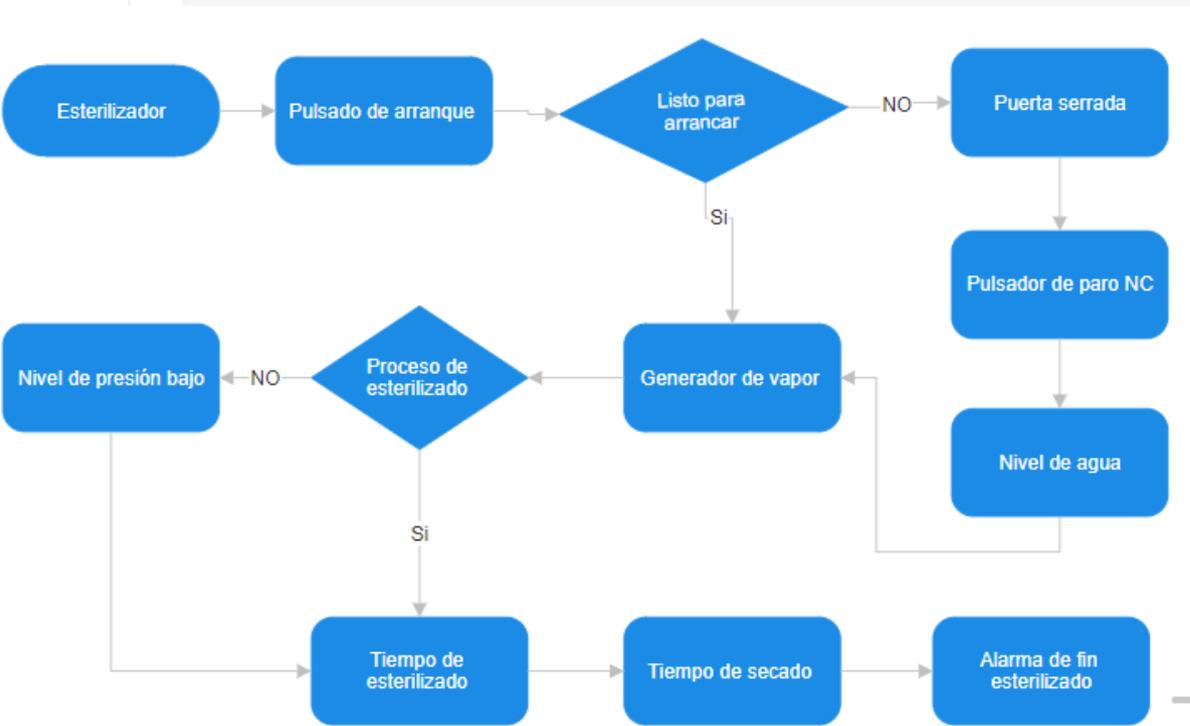
**Revisión entradas de agua:** Se deberá revisar la calidad del agua, con el fin de evitar que el caldero se llene de impurezas y se tenga que realizar mantenimientos periódicos, provocando deterioro de partes eléctricas. Una recomendación para el tratamiento, se recomienda instalación de equipo de filtrado disminuyendo cierto tipo de minerales que afecten la calidad del agua en el esterilizado.

**Revisión de corrientes eléctricas en equipo de fuerza:** Está revisión se llevará a cabo en equipos, que manejan corrientes altas tales como resistencias eléctricas, sistema de bombeo de agua.

- **Revisión de corriente en resistencias:** Se revisará con resistencias conectadas su valor de corriente deberá estar dentro del rango nominal, si es alto o nulo esta deberá ser revisadas.
- **Revisión de corriente en sistema de bombeo:** Esté se revisará con equipo encendido, al igual que en las resistencias eléctricas, si se encuentra corrientes anormales, se tendrá que revisar el equipo con el fin de disminuir desperfectos mayores en quipo de esterilizada.

**3.7 Diseño de diagrama de flujo y control en proceso de esterilizado**

Esta etapa es fundamental porque permite analizar el funcionamiento del programa y los datos de entradas evaluado, previo al cargado al autómeta revisando posibles errores en el programa.



**Figura 33. diagrama de flujo**

## Diagrama de entras y salidas

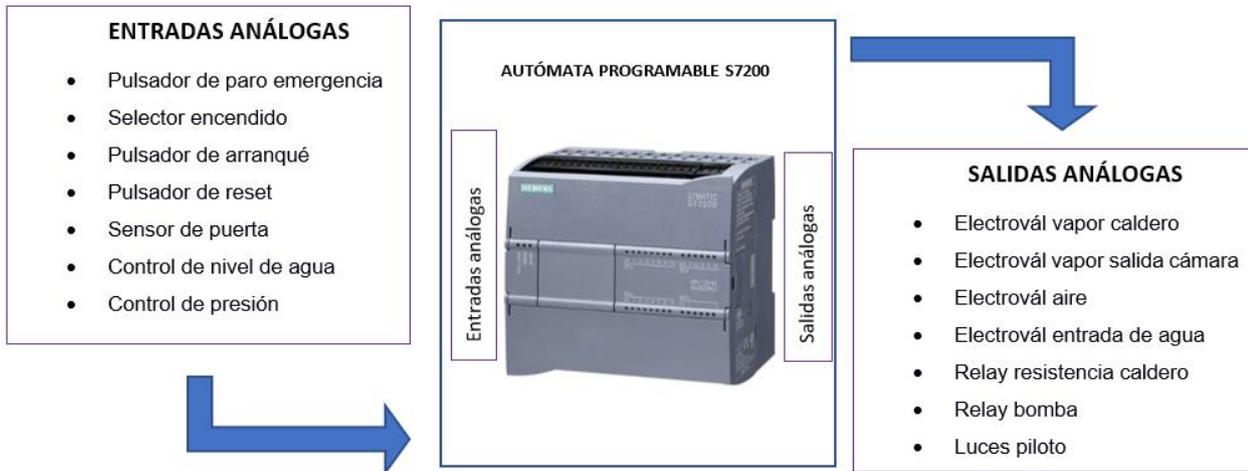


Figura 34. Entradas y salidas

## Variables entradas y salidas

Tabla 4: de variables entrada

VARIABLES ENTRADAS	
VARIABLES	Abreviatura
Switch (na) de puerta	Sw(P)
Pulsador de arranque	Pul.A
Pulsador de reset	PUL.R
Control de nivel de agua	Con.N.A
Control de PSI caldero:	Con.PSI.CAL
Pulsador de reset Pulsador de paro de emergencia	P.EMG

Tabla 5: de variables salida

VARIABLES SALIDA	
VARIABLES	Abreviatura
Bomba de agua	B.AG
Electroválvula de llenado de agua	Elec.AG
Electroválvula de entrada de vapor	Elec.IN.V
Electroválvula de salida de vapor	Elec.OUT.V
Resistencias eléctricas	RE
Alarma	AI
Luz de arranque	L.ARNQ

# Diagrama LADDER

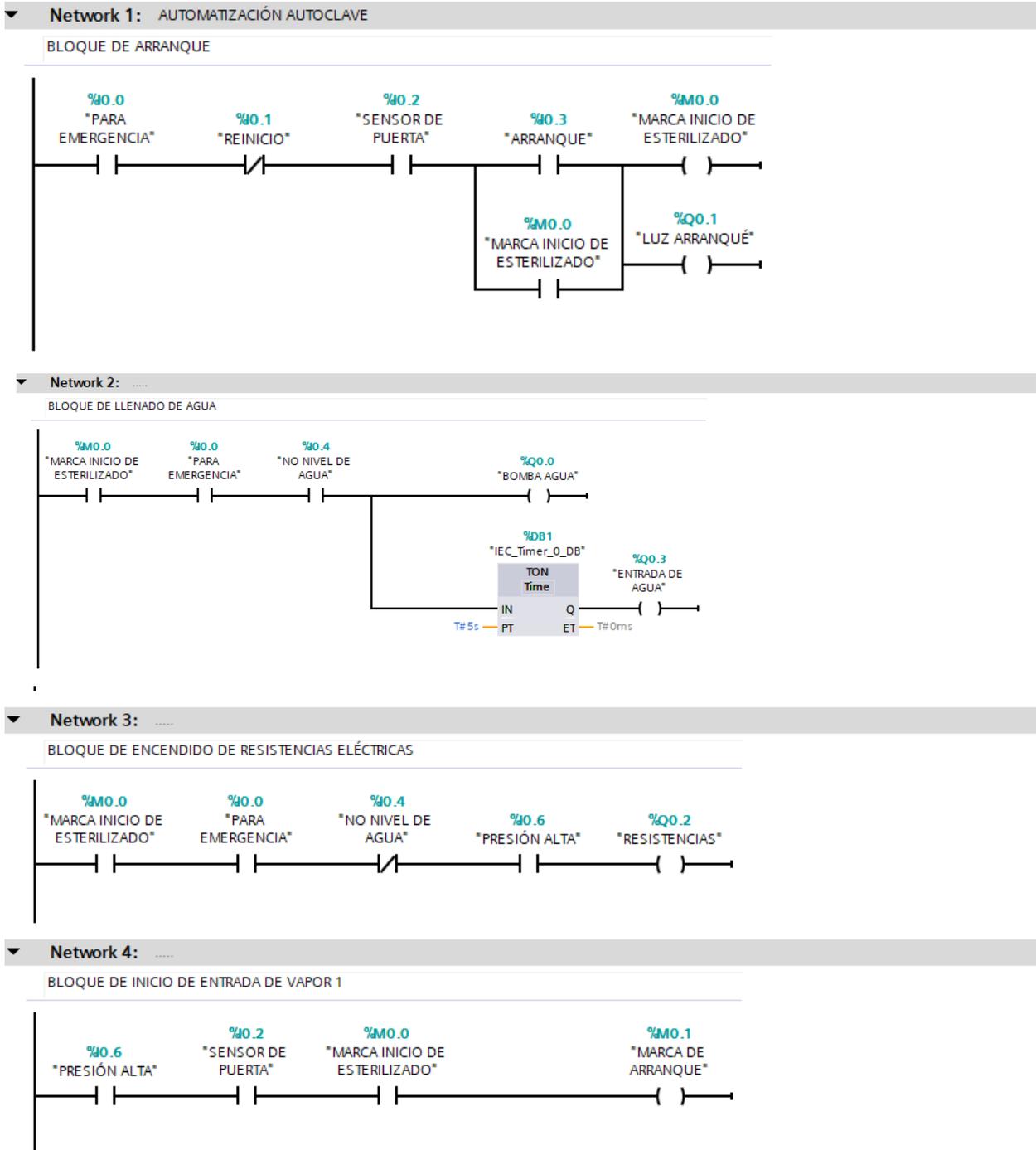
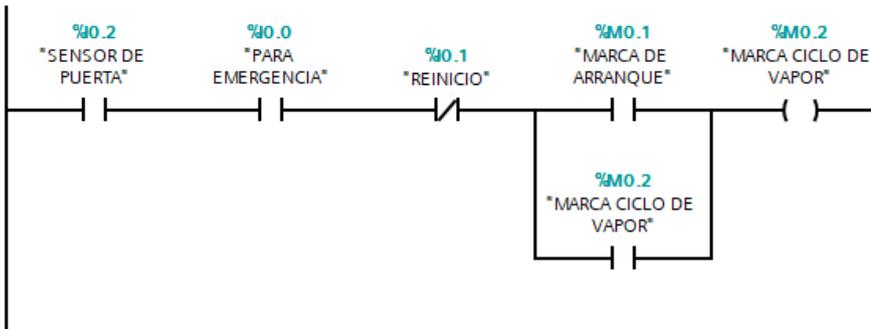


Figura 35. Diagrama de Bloque 1.

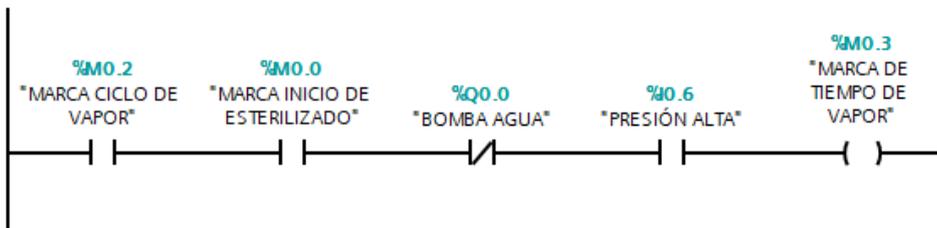
▼ **Network 5: .....**

BLOQUE DE INICIO DE ENTRADA DE VAPOR 2



▼ **Network 6: .....**

BLOQUE DE INICIO DE ENTRADA DE VAPOR 3



▼ **Network 8: .....**

CONTROL DE TIEMPO DE ESTERILIZADO

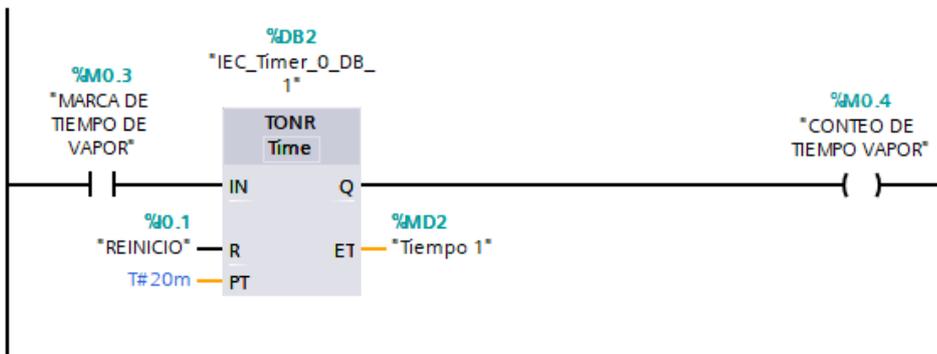
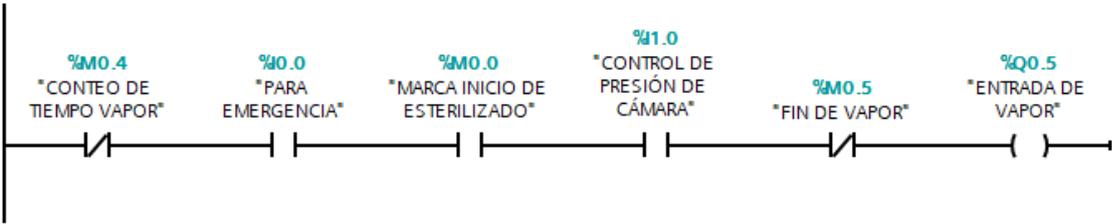


Figura 36. Diagrama de Bloque 2.

**Network 9: .....**

BLOQUE DE ENTRADA DE VAPOR CÁMARA



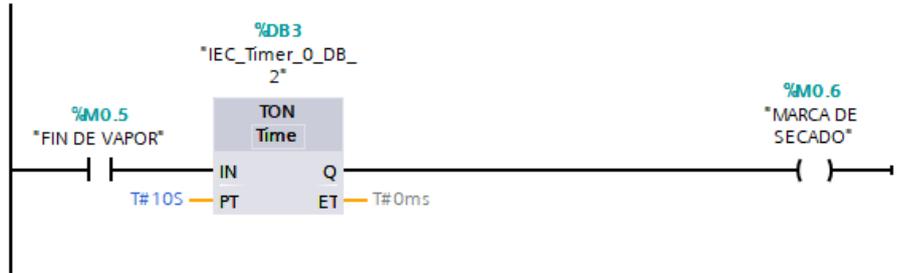
**Network 10: .....**

BLOQUE DE FIN DE VAPOR



**Network 11: .....**

BLOQUE DE TIEMPO DE SECADO 1



**Network 12: .....**

BLOQUE ARRANQUE DE TIEMPO DE SECADO

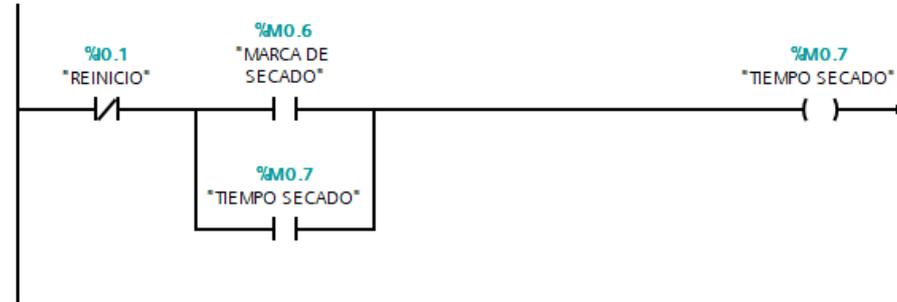
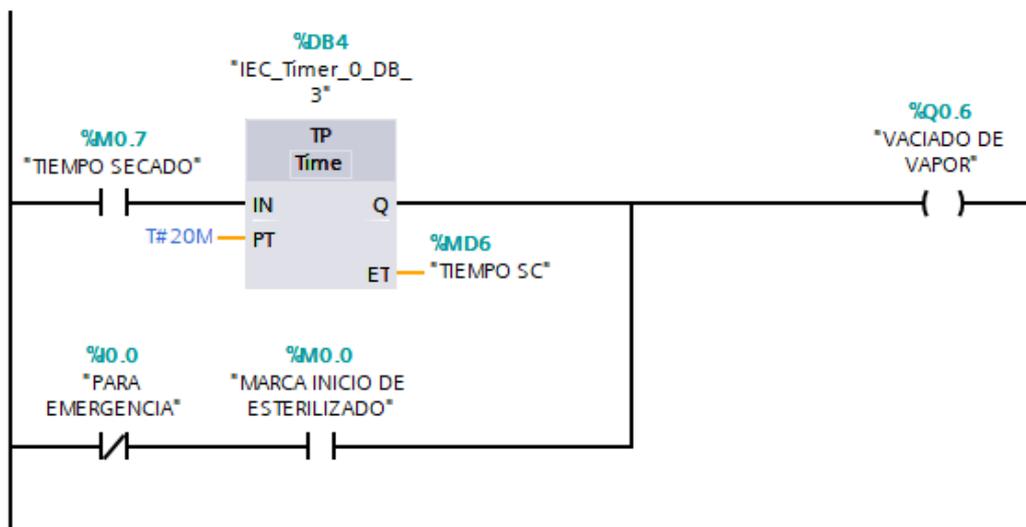


Figura 37. Diagrama de Bloque 3.

▼ Network 13: .....

BLOQUE ARRANQUE DE TIEMPO DE SECADO 2



▼ Network 14: .....

BLOQUE FIN DE SECADO ALARMA

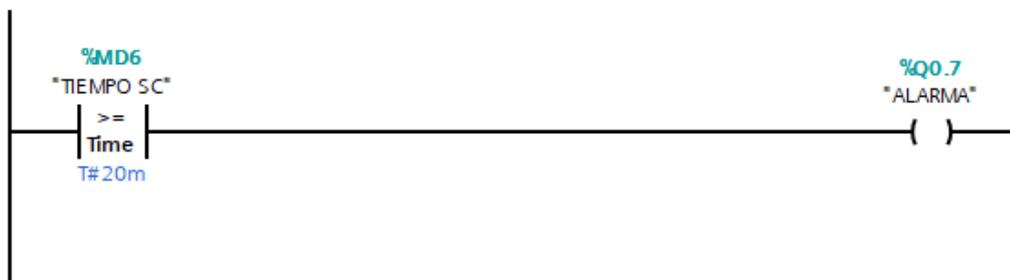


Figura 37. Diagrama de Bloque 3.

### 3.8 Programación de autómatas programables

La programación del autómata se realizará mediante el software TIA Portal, antes de iniciar la programación con este software debemos realizar cierto ajuste tal como la selección del autómata programable.

Una vez configurado el software iremos estructurando el programa acorde a las necesidades de nuestro equipo de esterilización, luego daremos nombre a las variables de entradas y salidas.

El programa estará basado en el proceso antiguo con el único cambio, el cual será que una vez cargado el equipo se cerrará la cámara y se dará marcha realizando todo el

proceso de esterilizado hasta el finalizado de proceso. Entonces partiremos de las siguientes rutinas del programa:

**La rutina de arranque:** marca el inicio de proceso de esterilizado el cual debe cumplir que las entradas cumplan con los siguientes:

- Paro emergencia tiene que estar cerrado (NC).
- Botón de reinicio tiene que estar cerrado (NC).
- Switch de puerta abierto (NO).
- Botón de arranque abierto (NO.)

Bajo estas condiciones el equipo de esterilización arrancara indicando con una luz piloto en salida Q 0.1.

**Rutina de llenado de agua:** Para el llenado de agua del caldero, este estará monitoreado por un sensor el cual indicará cuando activará este bloque el cual está regido de las siguientes entradas:

- Marca de arranque abierto (NO).
- Paro emergencia tiene que estar cerrado (NC).
- Nivel de agua abierto (NO).

Bajo estas condiciones arrancara la bomba para luego accionar la electroválvula de entrada de agua entonces se activarán las salidas:

- Bomba de agua Q 0.0.
- Entrada de agua Q 0.3.

**Rutina de resistencia eléctricas:** Esta rutina comprende el generando de vapor para la ejecución de esta rutina se deberán ejecutar las siguientes entradas:

- Marca de arranque abierto (NO).
- Paro emergencia tiene que estar cerrado (NC).
- Nivel de agua cerrado (NC).
- Nivel de presión caldero abierto (NO).

Bajo estas condiciones se encenderán o apagarán las resistencias eléctricas

- Resistencias Q 0.2.

**Rutina de entrada de vapor a cámara:** Para el ingreso de vapor a la cámara de esterilización se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Conteo de vapor marca cerrada (NC).
- Marca de inicio de esterilizado abierto (NO).
- Paro emergencia tiene que estar cerrado (NC).
- Control de presión cámara abierto (NO).
- Marca de fin de vapor cerrado (NC).

Bajo estas condiciones se encenderán o apagarán la electroválvula de inyección de vapor caldero.

Entrada de vapor Q 0.5.

**Rutina de secado:** Está rutina es especial la cual tiene una condición, la cual permite el vaciado de la cámara, en caso de suscitarse una emergencia, para la ejecución de esta rutina tiene que cumplirse lo siguiente:

Tiempo de secado abierto (NO)

- Paro emergencia tiene que estar cerrado (NC)
- Marca de arranqué abierto (NO)

La ejecución de este bloque dará como resultado la expulsión del vapor de la cámara para continuar con el secado.

- Vaciado de vapor Q 0.6.

**Rutina de fin de secado alarma:** Esta rutina indica el fin del ciclo de esterilizado el cual terminara con la activación de la salida Q O.7, la cual dispara una alarma.

### **3.9 Prueba de funcionamiento de diagrama de bloque**

Este se lo realizara simulado en Tía Portal, se probará cada parte del bloque con el fin de identificar posibles fallos los cuales puedan ocasionar paro del equipo a algún accidente al personal de maniobra el equipo.

# Simulación de programa software Tia Portal V18

## Inicio de software Tia Portal

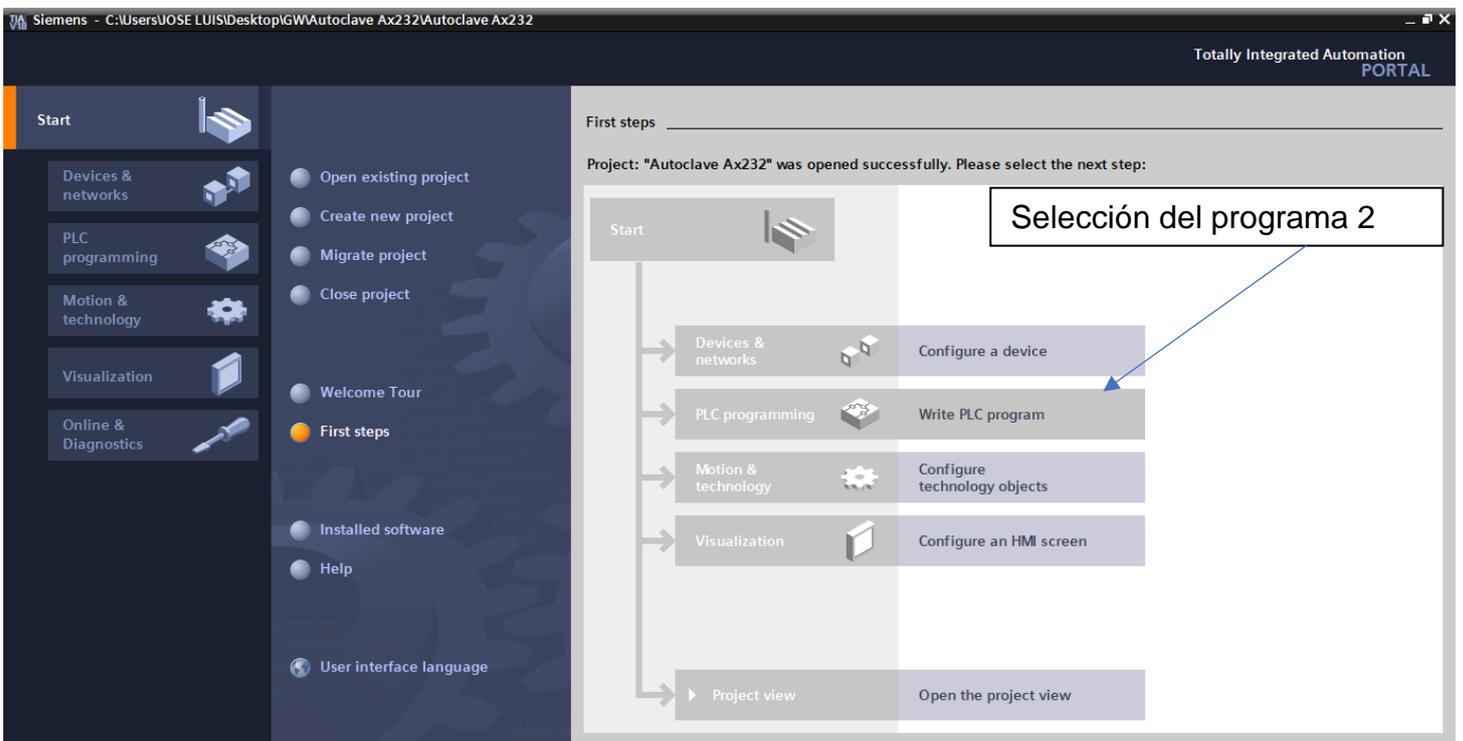
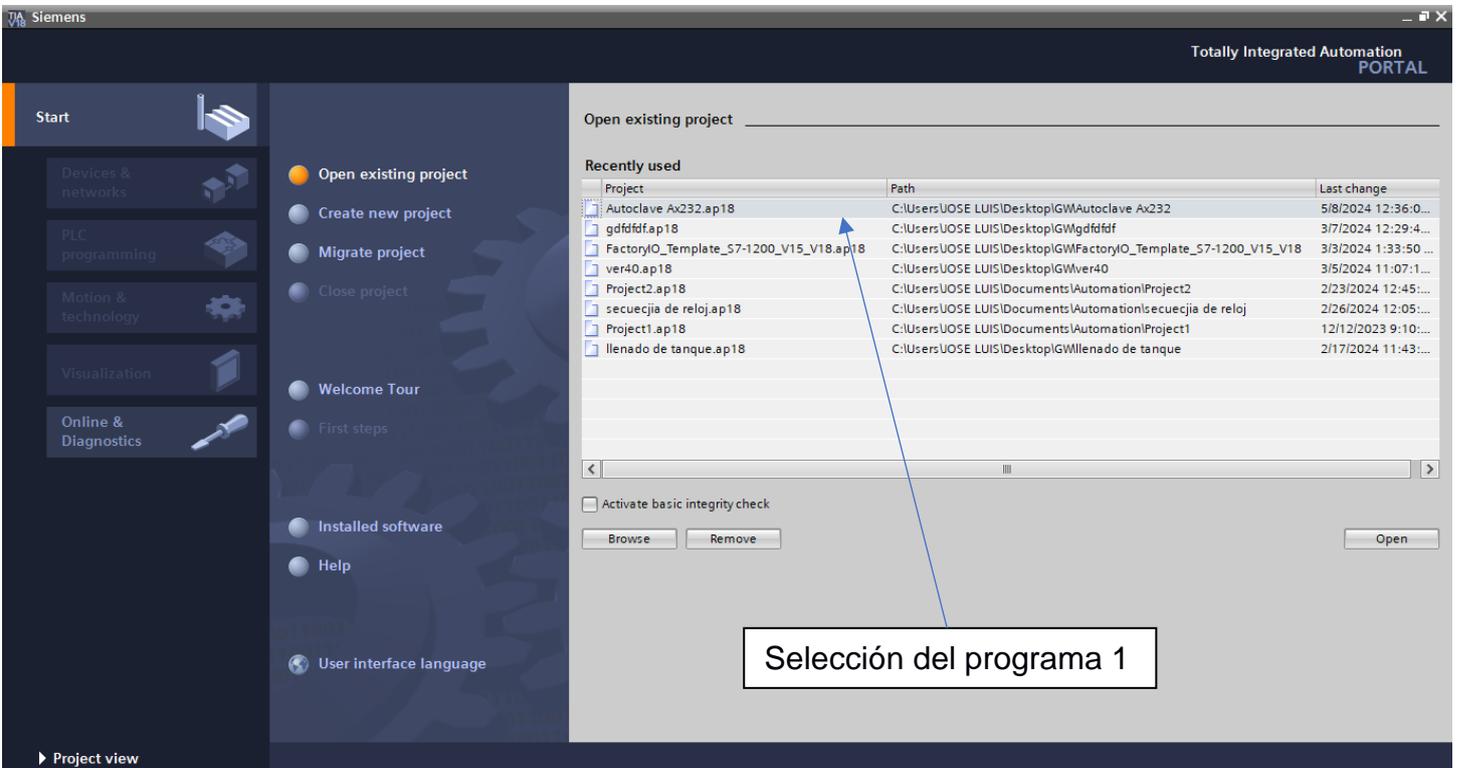
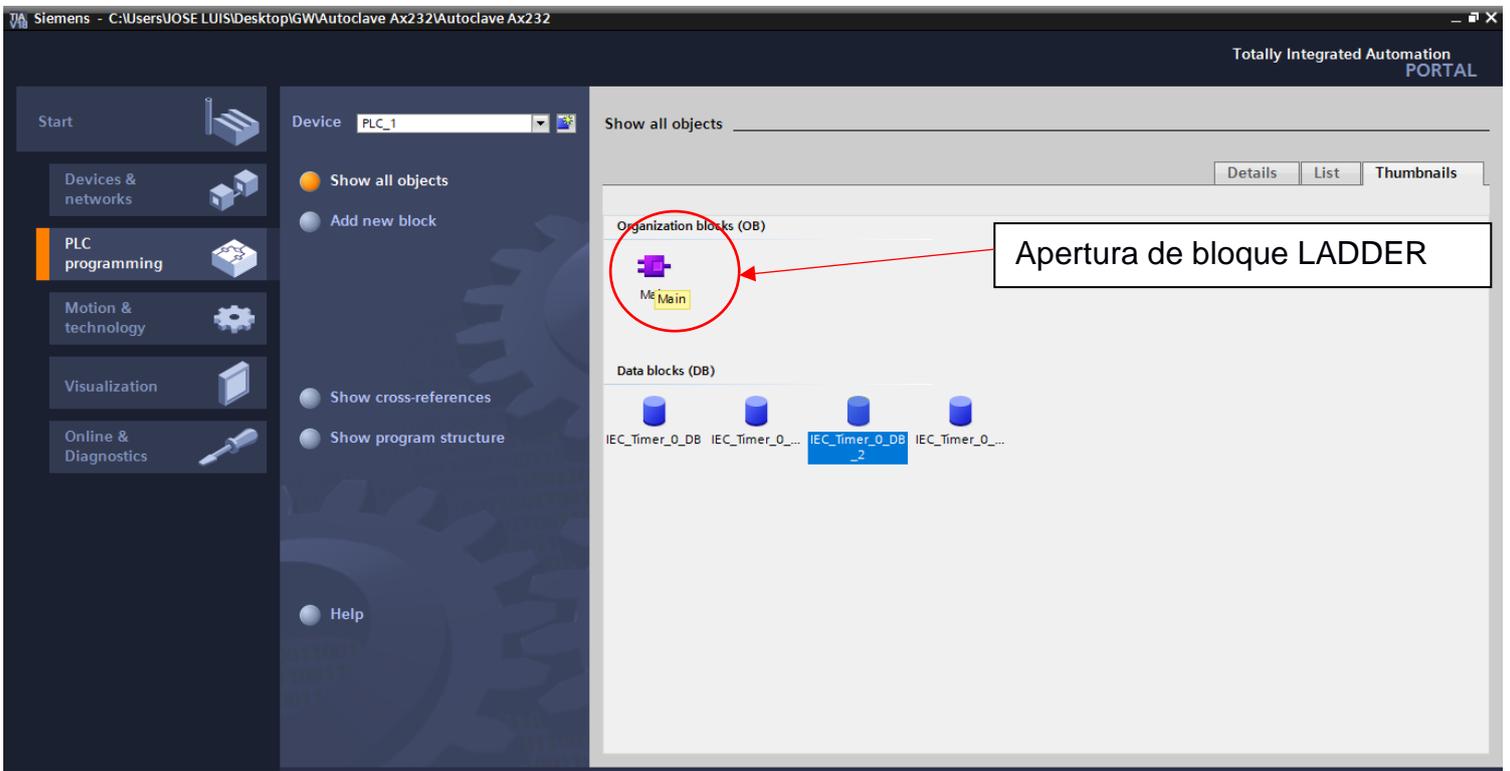


Figura 38. Software de programación de autómatas 1.



## Conexión interface pc-automata

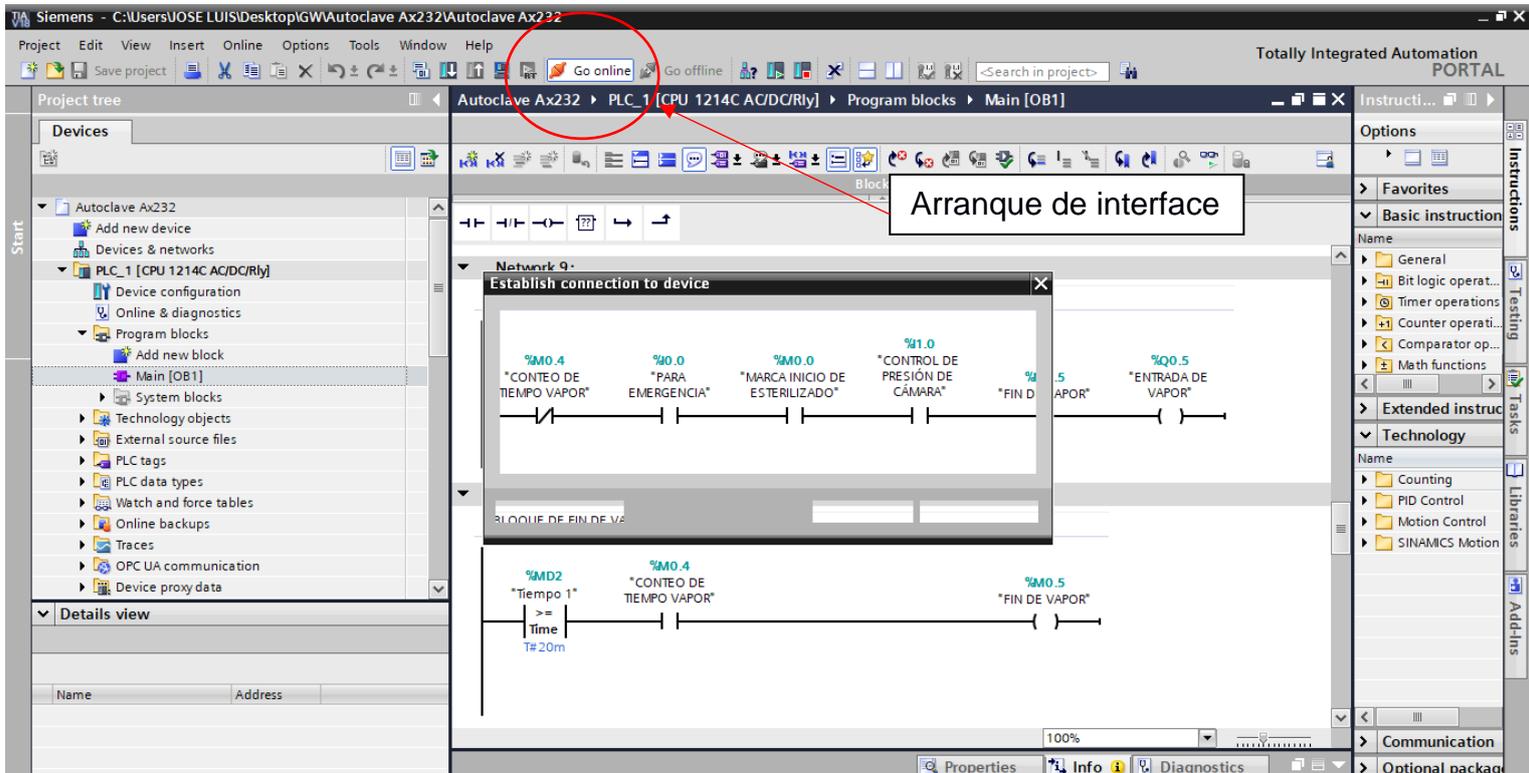


Figura 39. Software de programación de autómeta 2.

## Simulación de diagrama LADDER

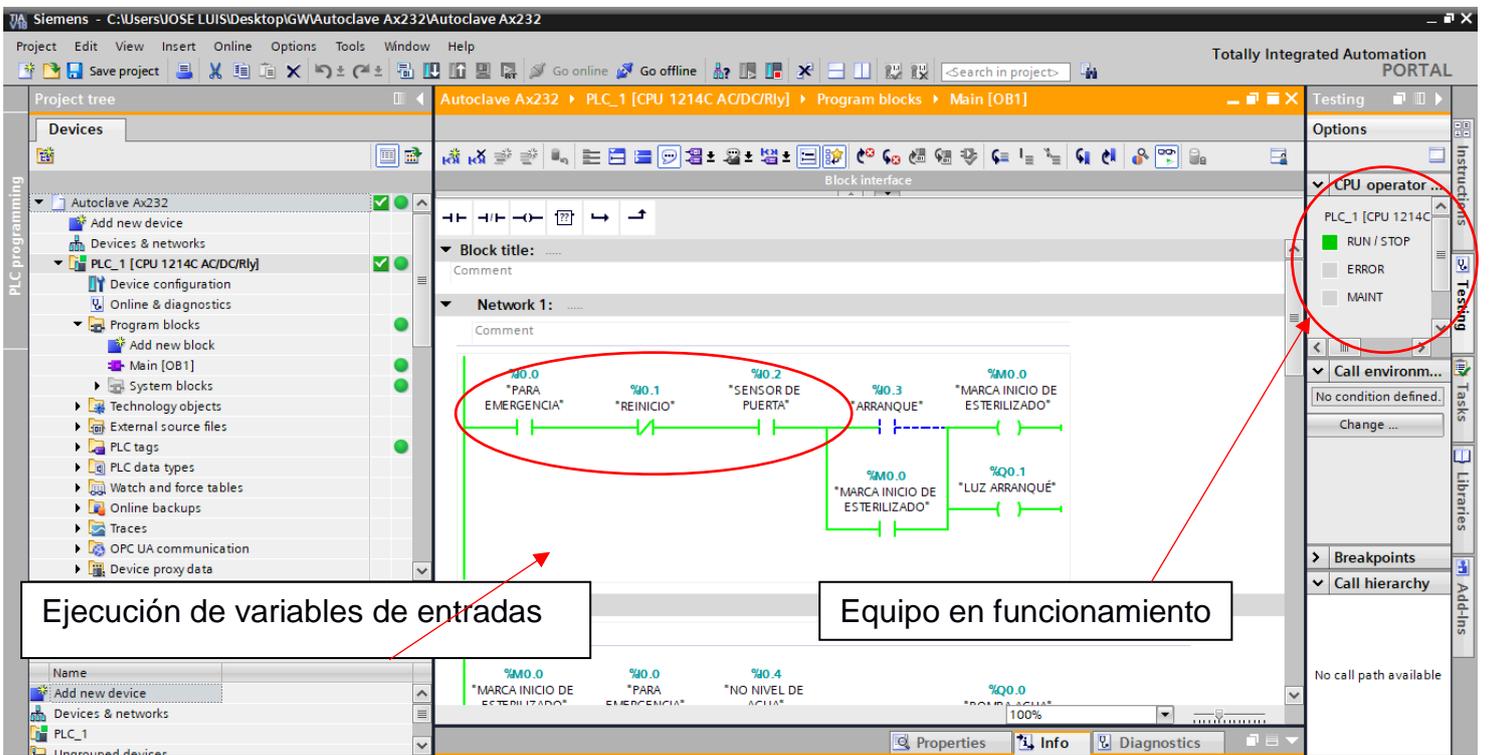
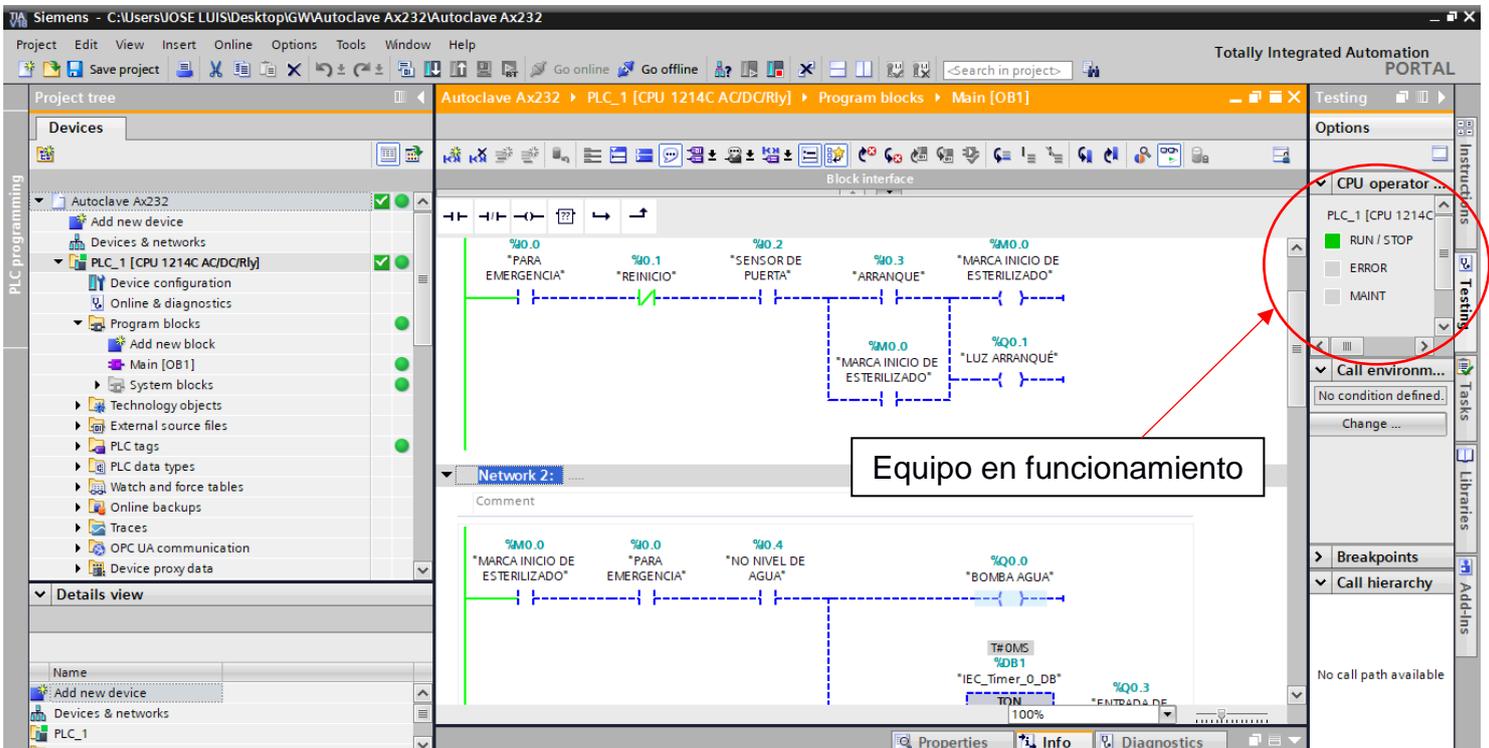


Figura 40. Software de programación de autómatas 3.

### 3.10 Prueba de funcionamiento de forma física

Para las pruebas del equipo se deberá alojar todos los componentes del equipo conectar y realizar ajustes de parámetro probado cada proceso con el fin de demostrar su funcionamiento.

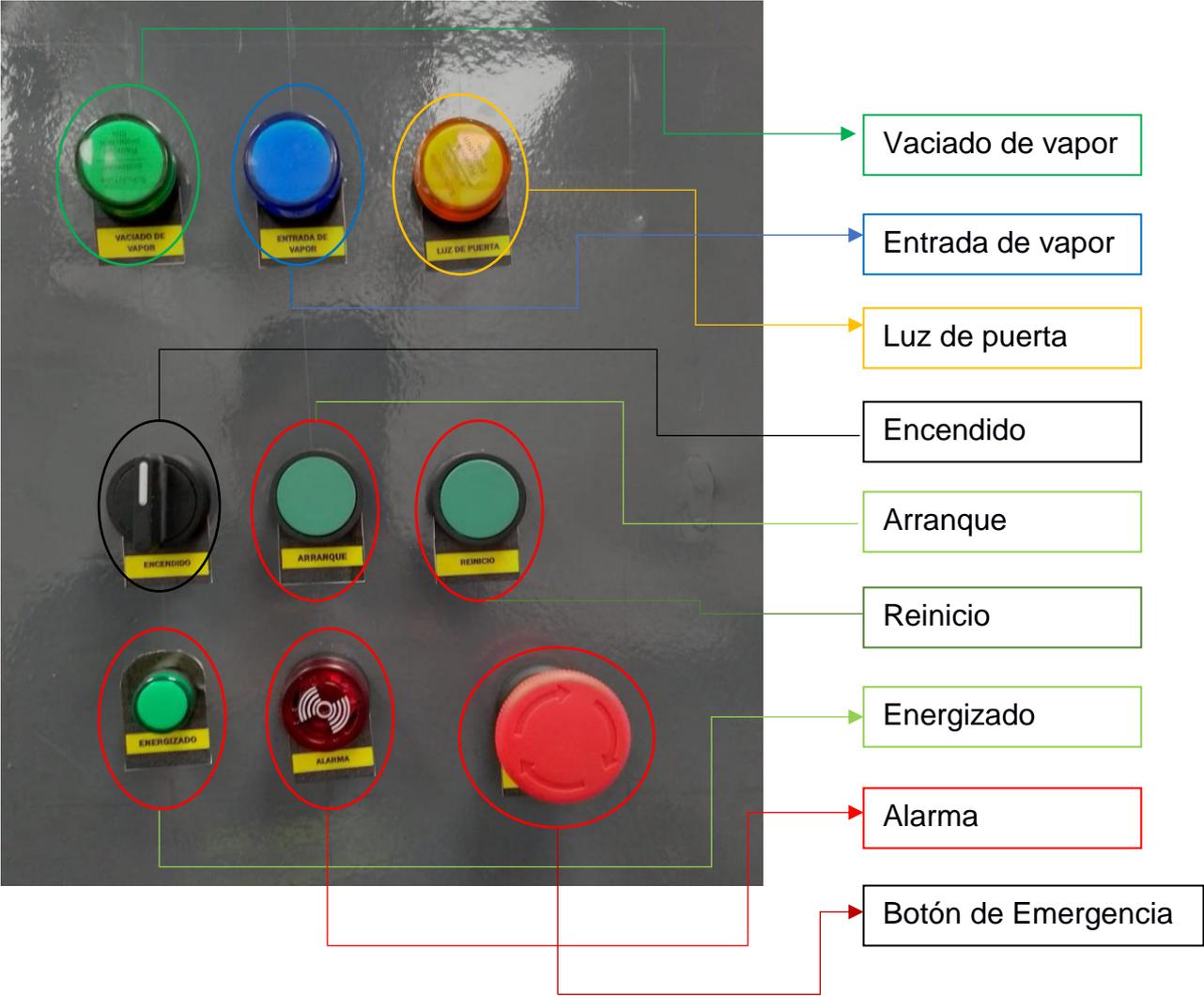


Figura 41. Panel de control.

### 3.11 Prueba de funcionamiento arranque

1. Serramos la puerta
2. Encendemos el equipo
3. Pulsamos arranque:  
Una vez arrancamos el equipo esperamos hasta que finalice con una alarma.

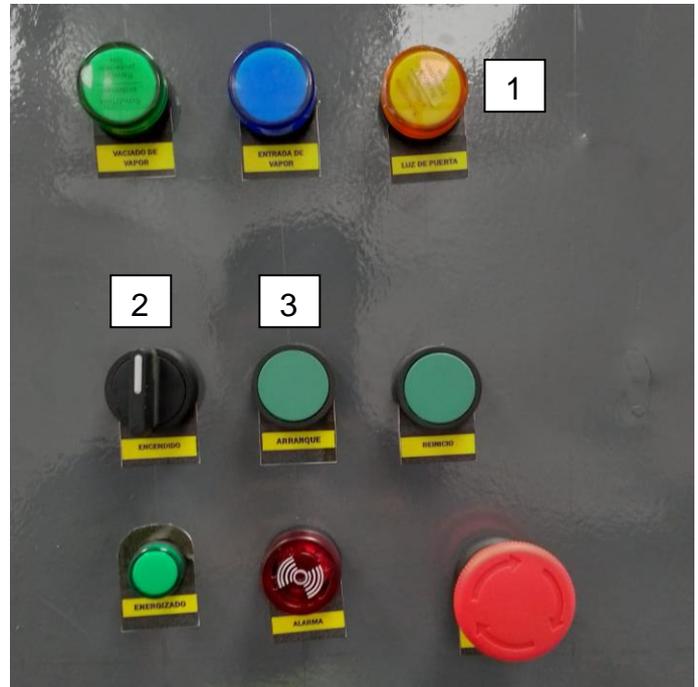


Figura 42. Proceso de marcha de equipo.

### Finalización de esterilizado



Cinta testigo: Indicando un buen esterilizado.

Figura 43. Finalización de esterilizado(A), Marca de cinta de control (B).

### 3.12 Capacitación del personal

En los procesos de manejo del equipo de esterilización se deberá realizar una simple inspección visual las cuales son las siguientes:

#### **Antes de encender el equipo**

**Realizar inspección de cámara:** Esto consistirá en la verificación de impurezas las cuales podrían obstaculizar la salida y entrada de vapor.

**Cargado de materiales médicos:** El cargado de material médico deberá ser de forma ordenada, de tal forma que no se apilen inadecuadamente, los materiales a esterilizar deberán soportar temperatura y vapor tales como:

- Fibras de algodón.
- Metales.
- Ciertos tipos de plásticos.
- Vidrios.

**Sellado de puerta:** Se deberá inspeccionar la luz de puerta que indica si esta encendida, esto quiere decir que la puerta cerro adecuadamente, de lo contrario se deberá ajustar hasta que encienda la luz indicadora, de cerrado de puerta. NOTA: en caso de no encender la luz de puerta, notificar al jefe de área para corroborar su funcionamiento.

#### **Después de encender el equipo**

**Verificar visor de voltaje:** Esté visor permitirá ver si el voltaje es adecuado antes de arrancar el equipo, puesto que, si se muestra un valor de voltaje inferior al nominal, podría deteriorar componentes de potencia tales como, bomba de carga de agua, resistencias eléctricas, actuadores como electroválvulas y contactores.

**Verificar paro de emergencia:** Esté componente de seguridad es mencionado, por que en algún caso el operario, sin ninguna intención pudo presionar este componente, inhabilitando el equipo, dando un falso desperfecto del equipo de esterilización, verificar luz de cerrado de puerta.

**Proceso de arranque del equipo:** Una vez cargado en cámara los instrumentos quirúrgicos, se procederá a cerrar puerta verificando que esta tenga selle correctamente, esto se lo corrobora verificando el encendido de luz piloto de puerta, luego se procede a presionar el botón de arranqué, una vez arrancado el equipo, comenzará el ciclo de

esterilizado y culminará con un pitido de alarma, para su apagado o cargado de nuevo material.

### **3.13 Mantenimiento de equipo de esterilizado**

El buen funcionamiento del equipo de esterilizado y durabilidad de sus partes, se deberá considerar un plan de mantenimiento que estará basado en su uso, este plan contemplará la revisión de partes móviles como electroválvulas contactores, válvulas de seguridad, micro switch, bomba de agua, controles de presión. partes estáticas resistencias eléctricas.

#### **Mantenimiento de partes móviles y estáticas**

Esto consistirá que cada parte se encuentre en buen estado, Que no se encuentre con impurezas que bloqueen su buen funcionamiento estos pasos serían los siguientes:

- Inspección visual.
- Limpieza verificación de puntos de conexión eléctrica o mecánica.
- Pruebas de funcionamiento.
- Posibles remplazos de piezas total o parcial.
- Ajuste de presión.
- Verificación de consumó de corrientes.
- Inspección de posibles falso contactos.

#### **Identificación de posibles fallos**

- Equipo no arranca.
- Cámara de esterilizado manómetro marca presión sin marcha.
- Cámara del caldero caliente no marca presión de vapor.
- Equipo de bomba no apaga.

#### **Causas y posibles soluciones de fallos**

- **Equipo no arranca:** Podría ser causa que este accionado el botón de paro de emergencia o un mal cerrado de puerta, una cusa adicional seria que la protección de control, saltó por algún fallo de cortocircuito revisión de estos compontes.

- **Cámara de esterilizado manómetro marca presión sin marcha:** Esto es un indicativo que la electroválvula de eyección de vapor de caldero, no cerro adecuadamente, esto podría ser causa de impurezas que ingresaron en el diafragma de la electroválvula, se recomienda limpieza y si se encuentra deteriorado cambio total.
- **Cámara del caldero caliente no marca presión de vapor:** En este caso se deberá revisar las resistencias eléctricas, esto consistirá en revisar la corriente de cada resistencia eléctrica, que marque la corriente nomina, si no es así, revisar protecciones eléctricas ante posibles fallos.
- **Equipo de bomba no apaga:** Esto es un indicativo que el suministro de agua es escaso o nulo, se tendrás que revisar también, el control de nivel de agua que se encuentre en buen estado.

# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Evaluación del criterio de diseño

Al evaluar los criterios de diseño, se puede concluir que el rendimiento del equipo después de su rediseño es positivo en términos de eficiencia energéticas y preservación de los componentes del esterilizador. Además, al considerar el factor humano, el diseño simple de manipular reduce las posibilidades de que el personal cometa errores al momento de manipular el equipo.

### 4.2 Evaluación de proceso de esterilización anterior vs el actual

El proceso de esterilizado con el equipo ya acondicionado ofrece una serie de ventajas significativas en comparación con el método anterior. Principalmente la automatización del proceso garantiza una mayor eficiencia y precisión en la esterilización de los materiales médicos. Una vez que se carga el material en el equipo, todo el proceso se ejecuta de forma automática, lo que reduce la intervención humana y minimizar la posibilidad de errores.

Además, la presencia de una señal audible al finalizar el ciclo de esterilización, indica por una sirena, proporciona una clara notificación al personal de que el proceso ha concluido. Esto es fundamental para mantener la integridad del material esterilizado y garantizar su seguridad y eficacia en su uso posterior.

En contraste, el método anterior requiere una supervisión constante de la presión de caldero de esterilización, la presión debía mantenerse en un nivel específico 2kp para arrancar el equipo, lo que implicaba una atención continua por parte del operador. Si por algún motivo la presión descendía por debajo del umbral requerido, el equipo no podía iniciarse de inmediato, lo que generaba retraso en el proceso y posibles riesgos para la eficacia de la esterilización.

Adicionalmente, al finalizar el ciclo en el equipo antiguo, no se contaba con una alarma que indicara su finalización. En su lugar simplemente se apagaban todas las luces, lo

que podía pasar desapercibido para el personal si no estaban atentos, este echo representaba un riesgo, ya que un descuido del operador al manipular el equipo de esterilización podía prolongar innecesariamente el tiempo de funcionamiento, desgastando ciertos componentes y generando un consumo innecesario de energía.

La implantación del nuevo proceso de esterilización con el equipo automatizado no solo mejora la eficiencia y la seguridad del proceso, sino que también reduce la carga de trabajo para el personal y minimizar los riesgos de errores humanos.

### Presupuesto

Presupuesto de costo de materiales, usados en la repotenciación de equipo de esterilización.

**Tabla 6: costo de repotenciación de equipo**

MATRILES DE CONSTRUCCIÓN TABLERO AISLAMIENTO 5KVA-10KVA					
ÍTEMS	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PU	P. TOTAL
1	Repartidos de carga 63A -220v 3F	U.D	1	16	16
2	Breaker tipo riel 50 amperio 3 polo	U.D	1	12	12
3	Breaker tipo riel 32 amperio 3 polo	U.D	2	7,5	15
4	Breaker tipo riel 20 amperio 2 polo	U.D	1	6,5	6,5
5	Breaker tipo riel 15 amperio 2 polo	U.D	2	4,41	8,82
6	Relay 8 pines 120v	U.D	7	8	56
7	PLC SIMATIC s7 1200	U.D	1	800	800
8	Alarma	U.D	1	3,25	3,25
9	Pulsadores	U.D	4	4,25	17
10	Luces piloto	U.D	6	3,75	22,5
11	Conductores eléctricos varios	m	20	4	80
12	Selector de dos posiciones	U.D	1	6	6
13	Breaker tipo riel 2 amperio 2 polo	U.D	1	6,25	6,25

SUB TOTAL	1049,32
GASTO GENERAL	314,796
UTILIDADES	
<b>TOTAL</b>	<b>1364,116</b>

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Durante el proceso de diseño del sistema automático de esterilizado para el hospital básico Guayaquil, se realizó un estudio del equipo de esterilización manual con el fin de garantizar que el diseño propuesto cumpla con todos los procesos, requeridos en un entorno hospitalario. Se ha priorizado la preservación de la funcionalidad del equipo existente, al tiempo que se busca mejorar la eficiencia y la seguridad del proceso.

- El diseño propuesto ha concebido con el objetivo de optimizar cada etapa del proceso de esterilizado, desde la preparación, carga de instrumentó y su retiro posterior. Se ha prestado especial atención a la automatización de ciertos procesos que anteriormente eran realizados manualmente, lo que no solo acelera el proceso, sino que también reduce la posibilidad de errores humanos y garantizar una mayor consistencia en los resultados.
- En el repotenciado del equipo de autoclave, se realizó también la actualización de componentes de potencia y balanceo de carga, tales como resistencias eléctricas y sistema de bombeo del caldero.
- En el repotenciado se consideró el priorizo los tiempos de esterilizado, esto último se refiere que al momento que el equipo este inyectado vapor a la cámara, si existe un cambio de bajo nivel de agua y por ello el quipo enciende la bomba de agua, el ingreso de vapor a cámara se pausa junto con el tiempo de esterilizado, para luego continuar con el tiempo restante y no interrumpir el ciclo de esterilizado.
- En esta actualización del equipo de autoclave, se consideró como punto fundamental la seguridad del personal encargado del área, agregando protecciones adicionales tales como en caso de apertura de puerta del equipo de autoclave, de forma accidental en proceso de estilizado, el vapor de la cámara se evacúe de inmediato, un pulsador de paro de emergencia el cual bloque el equipo de forma total y también evacuando el vapor de cámara para evitar posibles accidentes.
- El diseño de panel de control es simple con indicadores de voltaje y proceso de esterilizado, esto con el fin de evitar confusiones al manipular el equipo de autoclave.

## **Recomendaciones**

A pesar de la frecuente utilización de autoclave para esterilización por desplazamiento de gravedad, se ha observado que su efectividad deja mucho que desear en comparación con su homólogo que emplean una bomba de vacío, esta disparidad en la eficiencia ha impulsado la necesidad de realizar una nueva readecuación en el proceso, con el objetivo de potenciar los resultados de esterilizado a vapor. Para ello, se ha propuesto la incorporación de un sistema de vacío, el cual se ha demostrado que ofrece un rendimiento superior en la eliminación de agentes patógenos y microorganismo. La adición de este sistema no solo permitirá elevar la calidad de los procesos de esterilizado, sino que también contribuirá garantizando la seguridad y la integridad de los productos, sometidos a este tratamiento. La implementación de un sistema de vacío representa un paso adelante, en búsqueda de la excelencia en la esterilización, mejorando significativamente la eficiencia y la fiabilidad de los procedimientos.

A pesar que el equipo de esterilizada autoclave por desplazamiento de gravedad, es bastante usado, su efectividad es deficiente en comparación a su homologo, con bomba de vacío y es en donde se pretenden que, en una nueva readecuación, agregando un sistema de vacío con el fin de mejorar aún más los proceso de esterilizado a vapor, puesto que este cuenta con una mayor eficacia en esterilizada.

# BIBLIOGRAFÍA

## 5. TRABAJO CITADO

- [1 S. I. A.-G. V. d. A. Stempluk, «Manual de esterilización para centros de salud,»  
] *Manual de esterilización para centros de salud*, p. 188, 2008.
- [2 A. M. F. Caceres, 07 2019. [En línea].  
]
- [3 nibib.nih, «<https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/sensores#:~:text=Los%20sensores%20son%20herramientas%20que,cantidades%20y%20caracter%C3%ADsticas%20que%20detectan.,>» abril 2022. [En línea].
- [4 divisionled, «<https://www.divisionled.com/blog/que-es-un-presostato-b77.html#:~:text=Un%20presostato%20es%20un%20dispositivo,de%20tuber%C3%ADas%20o%20equipos%20industriales.,>» [En línea].
- [5 rs, «<https://es.rs-online.com/web/c/automatizacion-y-control-de-procesos/sensores-industriales/controladores-de-nivel/>,» [En línea].
- [6 omega, «<https://es.omega.com/prodinfo/controladores-de-temperatura.html>,» 2023.  
] [En línea].
- [7 revistaseguridad360, «<https://revistaseguridad360.com/noticias/que-es-microswitches/>,» 2022. [En línea].
- [8 nivihe, «<https://motores-electricos.com.ar/contactores-que-son-y-para-que-sirven/#:~:text=El%20Contactor%20es%20un%20dispositivo,cierre%20de%20instalaciones%20de%20motores.,>» [En línea].
- [9 Burkert, «[63](https://www.burkert.es/es/empresa-y-carrera/actualidades/prensa/mediateca/informes-tecnicos/que-es-una-</a></p></div><div data-bbox=)





[3 Gss-industrial, «<https://gss-industrial.com/category/generador-de-vapor/>,» 2024. [En 2] línea].

[3 freepik, «[https://www.freepik.es/fotos-premium/camara-esterilizacion-3\] autoclave\\_68170709.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/camara-esterilizacion-3] autoclave_68170709.htm),» 2024. [En línea].

[3 autycom, «[https://www.autycom.com/automatas-programables-en-la-produccion-4\] industrial/](https://www.autycom.com/automatas-programables-en-la-produccion-4] industrial/),» [En línea].

[3 roboticsup, «<https://roboticsup.com/ladder-diagrams/>,» [En línea].

5]

# ANEXOS

# APÉNDICE A

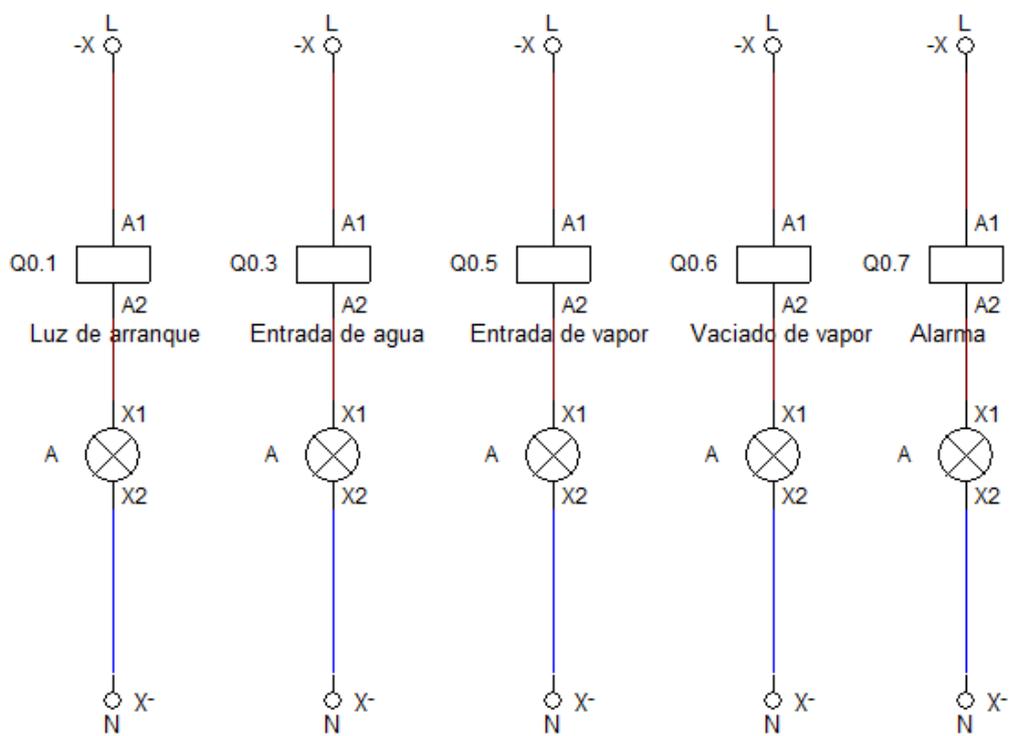
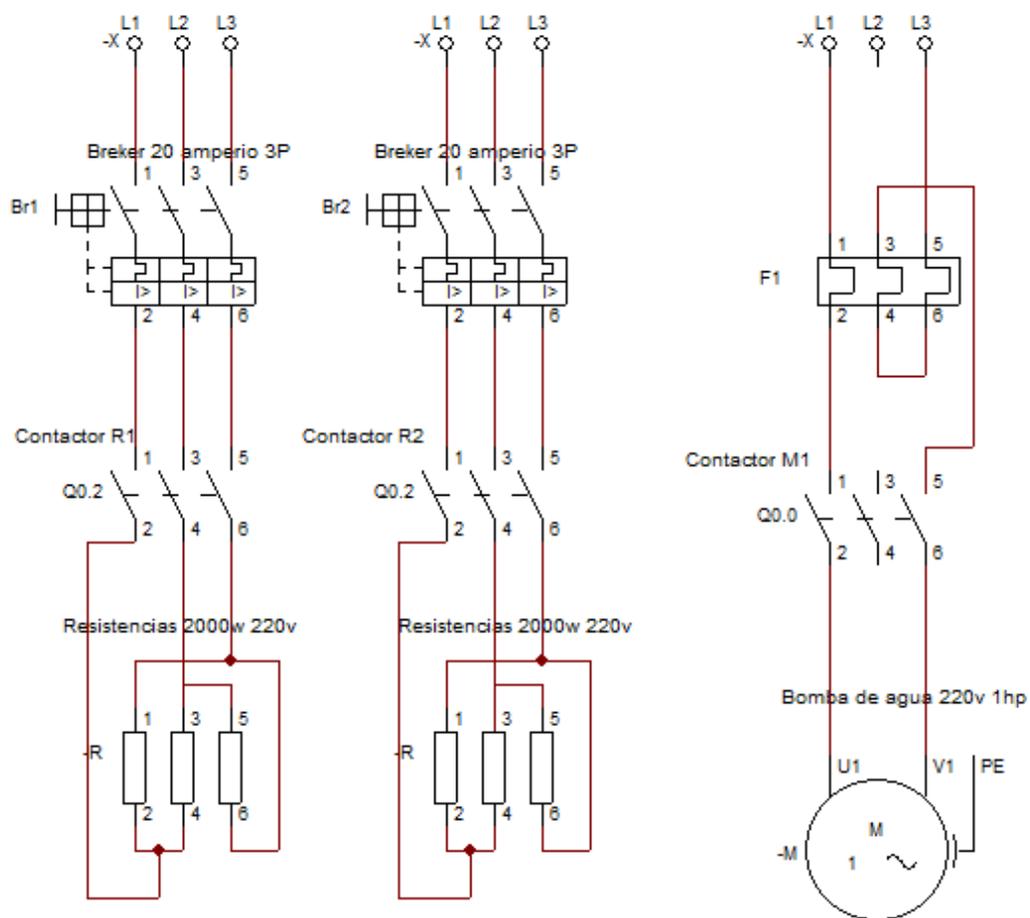


Diagrama unifilar de control A



**Diagrama unifilar fuerza B 1**

