	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	<small>Documento</small> <b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<small>Código</small> <b>F-AC-DBL-007</b>	<small>Fecha</small> <b>08-07-2021</b>	<small>Revisión</small> <b>B</b>
	<small>Dependencia</small> <b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<small>Aprobado</small> <b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<small>Pág.</small> <b>1(1)</b>

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	James Sebastián Casallas Cruz		
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Especialización En Automatización Industrial.		
<b>DIRECTOR</b>	Oscar Manuel Duque Suarez		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Diseño de la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental medico.		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Design of the automation of a 300 liter autoclave for the sterilization and drying process of medical instruments.		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras)			
<p>Desarrollar la automatización de una autoclave industrial con una capacidad de 300 litros, para llevar a cabo este proyecto empezará con la selección de los criterios de diseño, caracterización de eventos necesarios, una vez se tenga definidos estos parámetros se plasmará el estado actual de la autoclave, y se seleccionará en base los criterios de diseño. Para finalizar se diseñará el control de eventos, allí establecerá los tipos de protocolos a utilizar para comunicación.</p>			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
<p>Develop the automation of an industrial autoclave with a capacity of 300 liters, to carry out this project will begin with the selection of the design criteria, characterization of necessary events, once these parameters are defined, the current state of the autoclave will be captured. , and will be selected based on the design criteria. Finally, the event control will be designed, there the types of protocols to be used for communication will be established</p>			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Automatización, Autoclave, Diseño, Equipo Médico, Dispositivo Médico, Esterilización, Vapor.		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Automation, Autoclave, Design, Medical Equipment, Medical Device, Sterilization, Steam.		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 125	PLANOS: 2	ILUSTRACIONES: 20	CD-ROM: 0



**Diseño De La Automatización De Una Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De  
Esterilización Y Secado De Instrumental Medico**

**James Sebastián Casallas Cruz**

**Facultad De Ingeniería Mecánica**

**Universidad Francisco De Paula Santander Sede Ocaña**

**Especialización En Automatización Industrial.**

**Msc. Oscar Manuel Duque Suarez**

**23-mayo-2022**

## Glosario

**Automatización:** “El concepto de automatización (del griego autos que significa “por sí mismo” y mioma que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, vale decir, ahorrar esfuerzo laboral.

Los procedimientos lógicos humanos se encomiendan a máquinas automatizadas especiales, ordenadores, las cuales procesan información mucho más rápido que el hombre, con la ayuda de modelos matemáticos que describen tanto la propia tecnología como la actividad analítica y reguladora humana” (Nieto, 2006)

**Autoclave:** “equipo médico con clasificación IIa, empleado para esterilizar mediante calor húmedo. Se basa en la acción letal del vapor de agua a presión. El vapor a sobrepresión alcanza temperaturas superiores a 100° C, y cuanto mayor es la presión más elevada es la temperatura del vapor. Es habitual esterilizar a una atmósfera de presión equivalente a 121° C durante 15-20 minutos.

Cuando los objetos que se esterilizan son voluminosos, se requieren tiempos más largos para que el calor penetre en su interior hasta la zona más fría. En autoclave se esterilizan objetos muy diversos: instrumentos, ropa, alimentos o medios de cultivo.” ( Clínica universidad de navarra, 2022).

**Esterilización:** “Proceso de destrucción de todas las formas de vida en un objeto o material, incluidas las endosporas. La esterilización puede lograrse mediante tratamientos físicos

y químicos.

El calor es el método más empleado por su gran eficacia. Puede aplicarse calor húmedo, se requieren normalmente procesos de 121° C durante 15 minutos, o calor seco con tratamientos de 170° C, por espacio de dos horas, si bien estos parámetros cambian en función de otras variables del producto que se va a esterilizar.

La esterilización también puede lograrse por filtración, mediante la utilización de filtros de tamaño de poro suficientemente pequeño para no dejar pasar microorganismos; este método se recomienda cuando no se puede aplicar calor al material objeto de esterilización. Otros procedimientos de esterilización son el empleo de radiaciones ionizantes y de gases, que, además de tener alto poder de penetración, no deterioran el material, por lo que se utilizan para esterilizar material médico de un solo uso.” ( Clínica universidad de navarra, 2022)

**Secado:** “Es un proceso metódico desarrollado paso a paso para conseguir el lavado y secado correcto del instrumental quirúrgico con la finalidad de eliminar la suciedad, el material orgánico e inorgánico, por ende, disminuir los agentes contaminantes, así preparándolo para el paso siguiente que es el empaquetado y posteriormente la esterilización o eliminación total de microorganismos patógenos quedando listo para una nueva intervención quirúrgica en forma segura”. (Sánchez Macas, 2011)

**Instrumental médico:** “El instrumental quirúrgico es el conjunto de elementos utilizados en los procedimientos quirúrgicos. Es un bien social costoso, muy sofisticado y delicado. Por ello su cuidado debe ser meticuloso y estar estandarizado; debe someterse a la cadena del proceso de

descontaminación, limpieza y esterilización.

Los instrumentos se diseñan para proporcionar una herramienta que permita al cirujano realizar una maniobra quirúrgica básica; las variaciones son muy numerosas y el diseño se realiza sobre la base de su función. A propósito, Hipócrates escribió: “Es menester que todos los instrumentos sean propios para el propósito que se persigue, esto es respecto a su tamaño, peso y precisión”.

La fabricación de instrumentos quirúrgicos puede ser de titanio, vitalio u otros metales, pero la gran mayoría está hecha de acero inoxidable. Las aleaciones que se utilizan deben tener propiedades específicas para hacerlos resistentes a la corrosión cuando se exponen a sangre y líquidos corporales, soluciones de limpieza, esterilización y a la atmósfera.” (Sánchez O. et al, 2014)

**Contaminación cruzada:** “La contaminación cruzada consiste en la propagación de bacterias y virus de una superficie a otra. Debido a que los virus transmitidos a través de la sangre pueden vivir en objetos y superficies hasta por una semana, los gérmenes podrían propagarse si las superficies no se desinfectan de inmediato o si los equipos no se limpian ni esterilizan después de usarse en cada cliente.

Los equipos e instrumentos reutilizables deben limpiarse antes de su esterilización. La limpieza es el primer paso para eliminar los virus y las bacterias de los equipos. Los equipos e instrumentos reutilizables deben primero lavarse manualmente antes de ser esterilizados.

Las máquinas de esterilización deben ser revisadas y recibir mantenimiento en forma periódica, las máquinas autoclave usan calor, vapor y presión para matar bacterias, hongos y virus. Las lecturas del manómetro y el cambio de color de los indicadores de las tiras descritos en el empaque de la máquina no son formas confiables de garantizar que una autoclave esté esterilizando los instrumentos en forma correcta, si la máquina no recibe un buen mantenimiento, es posible que no alcance las condiciones necesarias para esterilizar bien los equipos reutilizables. Las pruebas regulares de esporas pueden verificar si la autoclave está esterilizando correctamente.” (Centro para el control y la prevención de enfermedades, 2012)

**Microorganismo:** “microscópicos, tan pequeños que es imposible observarlos a simple vista, se encuentran en todas partes. Fueron las primeras y –por un tiempo– única forma de vida en el planeta hace aproximadamente 4 000 millones de años. Sin los microorganismos hoy la vida no sería posible, ya que gracias a éstos se generó parte de la atmósfera en la Tierra. A pesar de que son diminutos, entre los microbios se presentan muchas formas y tamaños diferentes que los distinguen entre sí. Por ello, inicialmente. su identificación y clasificación se logró en términos de esta variedad estructural y funcional. En la actualidad, la mayoría de los microbiólogos reconoce tres dominios como la forma de organización de estos seres vivos: 1) Bacterias, denominadas al principio “bacterias verdaderas” o eubacterias; 2) Arqueas (Archaea o arqueobacterias), entre las que se incluyeron inicialmente bacterias que habitan en ambientes extremos; y 3) Eucariontes (Eucarya), dominio en el que se encuentran hongos, levaduras, algas y protozoarios. No obstante, de manera convencional, también se considera que son microorganismos los virus, viroides y priones. A la fecha se reportan alrededor de 70 000 especies de hongos, 45 000 de bacterias, 30 800 de protozoarios y  $1 \times 10^{32}$  de virus; más aún, se pronostica que existen hasta dos millones de especies de hongos, y entre tres millones y diez

millones de especies bacterianas que aún no han sido identificadas. Los virus son el grupo más abundante, pero no podemos identificar a un gran número de éstos (sobre todo, provenientes de los océanos) debido a su gran adaptabilidad y cambio constante.” (Sánchez Maria et al, 2017)

**Condensación:** “Se denomina condensación al proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida. Es el proceso inverso a la ebullición. Aunque el paso de gas a líquido depende, entre otros factores, de la presión y de la temperatura, generalmente se llama condensación al tránsito que se produce a presiones cercanas a la ambiental. Cuando se usa una sobrepresión elevada para forzar esta transición, el proceso se denomina licuefacción.

La condensación es un proceso regido con los factores en competición de energía y entropía. Mientras que el estado líquido es más favorable desde el punto de vista energético, el estado gas es el más entrópico. Esto tiene dos consecuencias inmediatas.

La condensación se produce al bajar la temperatura (por ejemplo, con el rocío en la madrugada), esto es, al primer el factor energético frente al entrópico.

La condensación, a una temperatura dada, conlleva una liberación de energía. Esto tiene parte de la responsabilidad de la sensación de temperatura mayor en un ambiente muy cálido y muy húmedo: la humedad que condensa en nuestra piel nos está transmitiendo un calor adicional. Adicionalmente, esta humedad hace inútil el proceso natural de refrigeración por sudor y evaporación.” (Quimica Net, s.f.)

## Tabla De Contenido

1.	Planteamiento Del Problema.....	14
1.1.	Resumen Del Proyecto.....	14
1.2.	Planteamiento Del Problema.....	15
1.3.	Formulación Del Problema .....	16
1.4.	Justificación .....	16
1.5.	Delimitaciones .....	17
2.	Objetivos .....	19
2.1.	Objetivo General .....	19
2.2.	Objetivos Específicos.....	19
3.	Marco Referencial .....	20
3.1.	Antecedentes Y Estado Del Arte .....	20
3.2.	Marco Teórico.....	27
3.3.	Marco Legal .....	38
4.	Diseño Metodológico .....	41
4.1.	Tareas Y Cronograma De Actividades .....	42
5.	Establecer Los Criterios De Diseño, Caracterización De Eventos Necesarios Para El Diseño De La Automatización De Una Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico. ....	44
5.1.	Caracterización De Los Eventos Necesarios. ....	44
5.1.1.	<i>Esquemas</i> .....	44
5.1.2.	<i>Proceso De Esterilización</i> .....	46
5.1.3.	<i>Proceso De Secado</i> .....	47
5.1.4.	<i>Preparación De Los Elementos A Esterilizar</i> .....	48
5.1.5.	<i>Cómo Cargar La Autoclave</i> .....	49
5.1.6.	<i>Operación De La Autoclave</i> .....	50



5.1.7.	<i>Normas De Seguridad Al Usar La Autoclave</i> .....	51
5.2.	Criterios De Diseño Eléctrico .....	53
5.2.1.	<i>Alimentación Eléctrica Del Equipo</i> .....	53
5.2.2.	<i>Panel De Distribución O Tablero De Control</i> .....	53
5.3.	Criterios De Diseño De Instrumentación Y Control.....	54
5.3.1.	<i>Instrumento De Temperatura</i> .....	54
5.3.2.	<i>Instrumento De Presión</i> .....	54
5.3.3.	<i>Instrumento De Nivel</i> .....	54
5.3.4.	<i>Mtu O Plc</i> .....	55
6.	Definir La Automatización De Una Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico. ....	56
6.1.	Diseño Eléctrico.....	56
6.1.1.	<i>Diseño Del Panel De Distribución O Tablero De Control</i> .....	56
6.2.	Diseño De Instrumentación.....	60
6.2.1.	<i>Instrumento De Temperatura</i> .....	60
6.2.2.	<i>Instrumento De Presión</i> .....	66
6.2.3.	<i>Instrumento De Nivel</i> .....	73
6.2.4.	<i>Mtu o Plc</i> .....	81
7.	Diseñar El Control De Eventos, Comunicación De La Automatización De La Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico. 88	
7.1.	Protocolo De Comunicación .....	88
7.2.	Diseño De Scada .....	92
7.2.1.	<i>Narrativa del proceso- ingeniería conceptual del proceso</i> .....	92
7.2.2.	<i>Narrativa del proceso</i> .....	93
7.2.3.	<i>Macro procesó o micro procesó</i> .....	95
7.2.4.	<i>¿EL proceso históricamente cambia o se reformula cada cuánto?</i> .....	95

	10
7.2.5. <i>Magnitudes controladas</i> .....	96
7.2.6. <i>Magnitudes manipuladas</i> .....	96
7.2.7. <i>Magnitudes a supervisar</i> .....	97
7.2.8. <i>Codificación a usar para las magnitudes y elementos en scada –HMI</i> .....	97
7.2.9. <i>Defina la guía de estilo –uso del color</i> .....	98
7.2.10. <i>Pasos para definir guía estilo</i> .....	98
7.2.11. <i>Roles de usuario</i> .....	98
7.2.12. <i>Categorización de industria</i> .....	99
7.2.13. <i>Norma del scada</i> .....	99
7.2.14. <i>Listado de características técnicas de la MTU</i> .....	99
7.2.15. <i>Protocolos de comunicación</i> .....	100
7.2.16. <i>Prestaciones técnicas de la MTU</i> .....	100
7.2.17. <i>Prestaciones del scada</i> .....	101
7.2.18. <i>Alarmas</i> .....	102
7.2.19. <i>Recetas</i> .....	104
7.3. Diagrama Control De Eventos Plc .....	110
7.4. Análisis Costo Beneficio Proyecto .....	111
7.4.1. <i>Costo De La Propuesta</i> .....	111
7.4.2. <i>Beneficio De La Propuesta</i> .....	113
8. Conclusiones .....	116
9. Referencias .....	118
10. Apéndice.....	124

## Lista De Figuras

<b>Figura 1</b> Tiras reactivas validación de esterilización .....	32
<b>Figura 2</b> Indicador del reactivo esterilización.....	33
<b>Figura 3</b> Llenado de chaqueta .....	34
<b>Figura 4</b> Vapor en chaqueta o precámara.....	35
<b>Figura 5</b> Vapor en cámara interna.....	35
<b>Figura 6</b> Esquema principal autoclave .....	44
<b>Figura 7</b> Tablero de control Autoclave .....	44
<b>Figura 8</b> Plano hidráulico autoclave.....	45
<b>Figura 9</b> Cofre metálico .....	56
<b>Figura 10</b> Circuito eléctrico de potencia .....	59
<b>Figura 11</b> HART utiliza tecnología FSK para codificar información digital comunicación sobre señal de corriente 4 a 20 mA.....	89
<b>Figura 12</b> HART superpone la señal de comunicación digital en el corriente 4 a 20 mA.....	91
<b>Figura 13</b> El protocolo HART permite que dos dispositivos Master accedan información del mismo equipo de campo (esclavo).....	92
<b>Figura 14</b> SCADA principal del proceso .....	105
<b>Figura 15</b> Selección de los ciclos de esterilización.....	106
<b>Figura 16</b> Parámetros técnicos ciclo de esterilización de ropa .....	106
<b>Figura 17</b> Panel de visualización estados de esterilización y secado.....	108
<b>Figura 18</b> Gráfico de presión de la esterilización.....	108
<b>Figura 19</b> Diagrama conexiones PLC .....	110
<b>Figura 20</b> Cotización autoclave de 350 Litros Sturdy.....	114

## Lista De Tablas

<b>Tabla 1</b> Nivel de protección contra el ingreso del objeto sólido. ....	37
<b>Tabla 2</b> Cuadro de cargas de equipos eléctricos.....	58
<b>Tabla 3</b> Clasificación y tolerancias de las sondas de resistencia IEC751 .....	61
<b>Tabla 4</b> Ficha técnica instrumento de temperatura vía industrial.....	61
<b>Tabla 5</b> Ficha técnica instrumento de temperatura rocha y Londoño. ....	62
<b>Tabla 6</b> Ficha técnica instrumento de temperatura eléctricoscarlostriana.....	63
<b>Tabla 7</b> Matriz de selección instrumento de temperatura.....	65
<b>Tabla 8</b> Unidades de conversión con agua y mercurio.....	68
<b>Tabla 9</b> Ficha técnica instrumento de presión danfoss.....	69
<b>Tabla 10</b> Ficha técnica instrumento de presión HOLYKELL.....	69
<b>Tabla 11</b> Ficha técnica instrumento presión PNOMEK.....	70
<b>Tabla 12</b> Matriz de selección instrumento de presión.....	72
<b>Tabla 13</b> Ficha técnica de sensor de nivel eletrotec .....	75
<b>Tabla 14</b> Ficha técnica de sensor de nivel eicos.....	76
<b>Tabla 15</b> Ficha técnica de sensor de nivel wika .....	77
<b>Tabla 16</b> Matriz de selección de instrumento de nivel.....	80
<b>Tabla 17</b> Ficha técnica de PLC siemens simatic S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0- .....	82
<b>Tabla 18</b> Ficha técnica de PLC TM241CE24T - M241 24 IO .....	83
<b>Tabla 19</b> Ficha técnica de PLC siemens simatic S7-1200-6ES7214-1HG40-0XB0- .....	84
<b>Tabla 20</b> Tabla matriz de selección de PLC.....	87
<b>Tabla 21</b> magnitudes controladas .....	96
<b>Tabla 22</b> magnitudes manipuladas .....	96
<b>Tabla 23</b> magnitudes a supervisar. ....	97
<b>Tabla 24</b> MTU seleccionada.....	100
<b>Tabla 25</b> alarmas del equipo.....	102
<b>Tabla 26</b> Test instrumentos .....	109
<b>Tabla 27</b> Costo en pesos colombianos para el diseño e implementación de la autoclave de 300 Litros. ....	112
<b>Tabla 28</b> Análisis VAN - TIR .....	113

<b>Tabla 29</b> Comparación de propuestas .....	114
<b>Tabla 30</b> Cronograma actividades .....	42

## 1. Planteamiento Del Problema

### 1.1. Resumen Del Proyecto

La esterilización y secado es uno de los procesos indispensables en las entidades prestadoras de servicios de salud. En la actualidad el método más utilizado es el calor húmedo por ser el más efectivo, económico y rápido, realizado en un equipo biomédico de apoyo llamado autoclave a vapor, que a través de una exposición térmica y presión elevadas elimina los microorganismos que se encuentran en los materiales a esterilizar, en la industria, se encuentra autoclaves manuales, automáticos y semiautomáticos, siendo las manuales las más adquiridas por su bajo costo pero a su vez son las más riesgosas debido a que en ocasiones, por el mal uso o descuido del operario, los elementos quedan infectados, en cuanto a las autoclaves automáticas son más confiables y minimizan la intervención humana en el proceso.

En el presente trabajo se realiza el diseño de la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico. Con este trabajo se busca proporcionar a la industria medica un equipo actualizado, de fácil operación en el manejo de la esterilización de instrumental médico.

La idea principal a desarrollar es automatizar una autoclave industrial con una capacidad de 300 litros, para llevar a cabo este proyecto empezará con la selección de los criterios de diseño, caracterización de eventos necesarios para llevar a cabo el proyecto, una vez se tenga definidos los criterios de diseño y caracterice los eventos necesarios, se plasmará el estado actual de la autoclave, y se seleccionará en base los criterios de diseño los actuadores, sensores, MTU,

HMI. Para finalizar se diseñará el control de eventos, allí establecerá los tipos de protocolos a utilizar para comunicar entre actuador - MTU, sensores – MTU, MTU- HMI, MTU- cliente.

Continuando con el diseño de eventos se diseña un SCADA aplicando las diferentes normativas para la construcción del mismo.

## **1.2. Planteamiento Del Problema**

El proceso de esterilización y secado es una de las prioridades en las entidades prestadoras de servicios de salud, su gran importancia se debe a la responsabilidad que tienen al recoger, desinfectar, almacenar y distribuir los equipos o elementos usados en la atención al paciente, previniendo las infecciones que puedan adquirir los pacientes por una inadecuada desinfección, una inadecuada esterilización del instrumental o también por contaminación cruzada.

En la actualidad el método más utilizado es el calor húmedo por ser el más efectivo, económico y rápido, realizado en un equipo biomédico de apoyo llamado autoclave que a través de una exposición térmica y presión elevada elimina los microorganismos que se encuentran en los instrumentos.

La esterilización es de vital importancia para los procedimientos quirúrgicos, ya que en este proceso se elimina la vida microscópica, evitando el riesgo de transmitir o producir infecciones que puedan causar patologías derivadas de infección, otra consecuencia asociada a la desacertada esterilización es el alargamiento del tiempo de recuperación del paciente o incluso en casos extremos la muerte del paciente.

Actualmente el autoclave de 300 litros usado para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico, viene teniendo ciertos inconvenientes de funcionamiento en el ciclo de esterilización y secado, debido a la inestabilidad en la adquisición de señal de temperatura y presión, por consiguiente, al no mantener estables estas variables afecta directamente el proceso de esterilización, tiempo de esterilización y al mismo tiempo produce una mala calidad de calor húmedo, afectando el secado del instrumental médico alcanzando dejar microorganismos vivos que puede ser fatales a la hora de realizar un procedimiento quirúrgico, otro factor que influye en este proceso es que cuenta con la supervisión de un operario, para realizar los cambios de ciclos entre esterilización y secado haciendo que el proceso sea semiautomático.

Por lo tanto, se presenta la necesidad de diseñar la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

### **1.3. Formulación Del Problema**

¿Los procesos de esterilización y secado de una autoclave de 300 litros pueden ser mejorados de manera automatizada en disposición de la esterilización de instrumental médico?

### **1.4. Justificación**

En la automatización el equipo biomédico se mejora el proceso de esterilización el cual es un proceso crucial para eliminación de vida microbiana en el instrumental médico, que es utilizado en intervenciones quirúrgicas, mejorando así la calidad del ciclo de esterilización disminuyendo los tiempos de espera entre ciclos (ciclo de esterilización, ciclo de secado).



Como derivación de dicha mejora el proceso de secado también será potenciado al mejorar la calidad del secado sin dejar rastro de humedad en el que pudieron haber permanecido microbios u otros agentes contaminantes.

Otra de las ventajas de la automatización es el uso y rotación del equipo ya que las horas de trabajo del equipo se verán reducidas, al disminuir los tiempos de esterilización y secado, así mismo se disminuye el uso del equipo y se alarga la vida útil de la autoclave, que a largo tiempo retribuirá un menor costo de mantenimiento.

Otra ventaja de ser automatizado este equipo biomédico es que asegurara la disponibilidad del proceso de esterilización y secado, libre de intervención humana y agentes contaminantes como lo puede ser el operario al ser un peligro latente en el proceso de esterilización.

Otro factor de riesgo es la contaminación cruzada en la manipulación del operario, por las referencias mencionadas anteriormente se hace necesario en el proceso de esterilización y secado de instrumental médico, plantear el diseño de la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

## **1.5. Delimitaciones**

Se contará con dos delimitaciones como lo es delimitación operativa en cuanto a la implementación de la automatización ya que no se cuentan con los recursos para tal fin, otro

delimitante es el temporal ya que se piensa llevar a cabo la implementación, pero en un futuro (2 años). Por tal motivo solo se planteará el diseño de la automatización.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

- Diseñar la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Establecer los criterios de diseño, caracterización de eventos necesarios para el diseño de la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.
- Definir la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.
- Diseñar el control de eventos, comunicación de la automatización de la autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

### 3. Marco Referencial

#### 3.1. Antecedentes Y Estado Del Arte

**PALABRAS CLAVES:** automatización, autoclave, diseño, equipo médico, dispositivo médico, esterilización, vapor.

**TITULO:** DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA UNA AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ- BOLIVAR.

**AUTORES:** María Paula y Maury Atencia.

**UNIVERSIDAD:** Tecnológica de bolívar.

**AÑO:** 2007.

**LINK:** “<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062412.pdf>”[citado 2022].

**RESUMEN:** La central de esterilización es un área primordial en las entidades prestadoras de servicios de salud, su gran importancia se debe a la responsabilidad que tienen de recoger, desinfectar, almacenar y distribuir los equipos o elementos usados en la atención al paciente, previniendo las infecciones que puedan adquirir los pacientes en el centro de salud por la inapropiada esterilización de los objetos reusables tales como instrumental de cirugía, sabanas, entre otros.

La desinfección de los objetos usados en los centros de salud se hace a través del “proceso de esterilización”, el cual se puede hacer por varios métodos: Físicos (Calor húmedo y Calor seco), Químicos: líquidos y gaseosos (óxido de etileno) o físico-químicos (gas plasma).

**TÍTULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO MÉDICO DE ESTERILIZACIÓN PARA LA INDUSTRIA ODONTOLÓGICA.

**AUTORES:** Deisy Johana Tello Velandia y Angélica Mariño Salamanca

**UNIVERSIDAD:** San buenaventura

**AÑO:** 2010

**LINK:** “<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/64705.pdf>” [citado 2022]

**RESUMEN:** Con este trabajo se busca proporcionar a la industria colombiana un equipo actualizado, de fácil operación y desarrollado acorde con las normas ICONTEC.

Éste modelo posee controles de temperatura y presión que permiten, a quien lo opere, prestar atención a otras actividades mientras el proceso de esterilización se lleva a cabo, estas modernas características lo diferencian de otros equipos de su mismo tipo.

Una de las ventajas que plantea este proyecto, es que, al ser un equipo producido en Colombia, trae consigo una disminución del precio de salida al mercado en comparación con otros equipos de esterilización automatizados que se venden en el país, ya que estos últimos son importados, lo que incrementa su costo final. Son estos altos precios una de las causas para que el acceso a ésta tecnología por parte de los consultorios esté aún muy limitado.

**TÍTULO:** ESTANDARIZACION DE PROCESOS CRÍTICOS DE LA CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN DEL HOSPITAL SAN JOSÉ PARA LOS SUBPROCESOS DE EMPAQUE, ROTULACIÓN Y ESTERILIZACIÓN POR MÉTODO DE PERÓXIDO DE HIDROGENO, SEGÚN LOS REQUISITOS DE LA NTC ISO 9001:2015 PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DEL PACIENTE Y OPTIMIZAR EL USO DE LOS RECURSOS.

**AUTORES:** Diego Alejandro Quintero Albarracín

**UNIVERSIDAD:** Instituto politécnico nacional México

**AÑO:** 2017

**LINK:**“<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22367/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20DIEGO%20QUINTERO.pdf>” [citado 2022]

**RESUMEN:** La prestación de servicios de salud requiere de procesos de esterilización para garantizar la idoneidad de los materiales utilizados en los servicios ambulatorios, hospitalarios y quirúrgicos en el marco de la seguridad del paciente. El proceso de esterilización es uno de los procesos vitales en el funcionamiento de un hospital ya que, con el desarrollo de este, se responde por la destrucción de todos los microorganismos patógenos y no patógenos presentes en los equipos, instrumentos, insumos y materiales a través de la descontaminación, la preparación, el acondicionamiento y esterilización indispensables para la prestación de los servicios médicos.

**TÍTULO:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTOCLAVE

**AUTORES:** F.A. Oyawale, Ph.D. \* and A.E. Olaoye, M.Sc.

**UNIVERSIDAD:** Ibadán, Nigeria.

**AÑO:** 2007

**LINK:**“[https://www.researchgate.net/publication/242234753\\_Design\\_and\\_Construction\\_of\\_an\\_Autoclave](https://www.researchgate.net/publication/242234753_Design_and_Construction_of_an_Autoclave)” [citado 2022]

**RESUMEN:** Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los profesionales sanitarios es el control de los organismos patógenos.

Esto se debe a que los microorganismos están presentes en nuestro entorno y pueden contaminar los instrumentos sanitarios de vez en cuando. Se diseñó y construyó una autoclave para esterilizar materiales / artículos usados en tales instituciones de salud. La autoclave tiene una capacidad de líquido de 2 litros y se calienta eléctricamente con un elemento calefactor de 2kw.

La prueba mostró una disminución en el crecimiento de microorganismos a alta temperatura con un tiempo de exposición elevado.

**TITULO:** Design and Analysis of an Autoclave Simulation  
Using MATLAB/Simulink

**AUTORES:** Betül Altınsu, Onur Koçak, Ali Akpek

**UNIVERSIDAD:** Estambul, Turquía y Massachussetts, EE.UU.

**AÑO:** 2017

**LINK:** “<https://ieeexplore.ieee.org/document/7863081>” [citado 2022]

**RESUMEN:** El objetivo de este estudio es realizar simulaciones con Matlab / Simulink para ser utilizado en la fase de producción de la autoclave en la unidad de esterilización.

La unidad de esterilización es muy importante en términos de empleados y pacientes del hospital para protegiendo de infecciones y accidentes.

El estudio examinó equipos de autoclave que se fabrican según la norma en estándares, luego los cálculos matemáticos fueron realizados por las referencias obtenidas de estos cálculos.

Estas referencias transferidas como las características necesarias para Modelado MATLAB / Simulink. Analizando estas características, el impacto de las variaciones a lo largo de la producción o desarrollo puede predecirse mediante investigando los cambios en estas características. Después de este estudio, se prevé convertir este modelo en prototipos y 978-1-5090-2386-8 / 16 / \$ 31.00 © 2016 IEEE obtener un resultado más tangible.

En este estudio, los sistemas integrados se utilizan y los datos se transfieren a un medio electrónico. Posteriormente, el sistema se probará en uno de las autoclaves que actualmente está disponible en el mercado. Está previsto que por intercambiar la placa base de la autoclave por otra tarjeta que el nuevo software ha instalado e inspeccionado en el dispositivo, posteriormente.

**TÍTULO:** Estudio del proceso de puesta en marcha de una máquina de esterilización autoclave

**AUTORES:** Khayat, Hanan

**UNIVERSIDAD:** Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona

**AÑO:** 2021

**LINK:** “<http://hdl.handle.net/2117/358180>” [citado 2022]



**RESUMEN:** El proceso de esterilización en la industria farmacéutica asegura los materiales utilizados en la producción de un medicamento parenteral, la técnica empleada con mayor frecuencia es la esterilización por medio de vapor a presión. En el presente trabajo se describen los procesos para la puesta en marcha y las pruebas necesarias para la validación de ciclos de esterilización con vapor en una autoclave. A continuación, se realizan los ciclos de esterilización experimentales donde se observa la influencia del tipo materiales en el perfil de temperatura. Simultáneamente, se ejecuta el desafío de los indicadores biológicos que toman un papel importante en la evaluación de la efectividad del proceso junto con el concepto de F0. De esta forma, se asegura que la autoclave sea capaz de controlar y mantener la temperatura de operación programada, determinando la distribución y comportamiento de temperatura a lo largo de la cámara. A partir de aquí, y con los resultados obtenidos, se demuestra que los procesos de esterilización evaluados generan resultados consistentes y reproducibles de acuerdo a las especificaciones establecidas en los protocolos. En consecuencia, se considera validado y está listo para su uso.”

**TÍTULO:** Control de temperatura de una autoclave de vapor saturado para la esterilización de instrumental quirúrgico

**AUTORES:** Jairo Viola Villamizar, Raúl Restrepo Agudelo, Peter Gómez

**UNIVERSIDAD:** Universidad Industrial Santander.

**AÑO:** 2018

**LINK:** “<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6469091>” [citado 2022]

**RESUMEN:** La esterilización de instrumental quirúrgico es una parte fundamental de muchos procedimientos médicos ya que previene infecciones, así como la transmisión de enfermedades. La autoclave de vapor saturado es una alternativa para la realización de procedimientos de esterilización de acuerdo con los estándares médicos. Por lo tanto, es importante asegurar las condiciones adecuadas de temperatura y presión en la cámara de esterilización de la autoclave para realizar un adecuado proceso de esterilización. Sin embargo, el comportamiento dinámico de una autoclave suele ser complejo, por lo que se requiere emplear estrategias de control para realizar el proceso de esterilización. Este artículo presenta la identificación y control de temperatura de una autoclave de vapor saturado para la esterilización de instrumental quirúrgico empleando la técnica de asignación de polos. Inicialmente, se captura la información del comportamiento de la temperatura de la autoclave empleando un sistema de adquisición de datos. Luego, se obtiene un modelo linealizado del sistema. Posteriormente, a partir del modelo linealizado se realiza la sintonización de los controladores PI y PID para alcanzar las especificaciones de operación deseada en lazo cerrado. Los controladores fueron validados en Simulink para las condiciones de temperatura de la autoclave en presencia de perturbaciones externas y ruido aleatorio en el lazo de realimentación. Los resultados obtenidos mostraron que el controlador PID tiene un mejor desempeño para controlar la temperatura del autoclave en presencia de perturbaciones externas.

**TITULO:** Diseño de un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor en la central de esterilización del Hospital Nacional Cayetano Heredia

**AUTORES:** Casilla Jancco, Claudio; Reyna Macedo, Jorge William

**UNIVERSIDAD:** Universidad ciencias y humanidades, Perú.

**AÑO:** 2016

**LINK:**” <https://repositorio.uch.edu.pe/handle/20.500.12872/48>”[citado 2022]

**RESUMEN:** El estudio tuvo como objetivo diseñar un sistema de control automático para optimizar el manejo del equipo de autoclave de vapor de la central de esterilización en el Hospital Nacional Cayetano Heredia. Es de enfoque cuantitativo y de diseño pre experimental. En su implementación se realizó la prueba de BOWIE-DICK para certificar la operatividad del equipo. Posterior a ello, se realizaron 2 pruebas para esterilizar material textil y se verificó la optimización a través de los datos de presión, temperatura y tiempo. Los controles fueron 2 por minuto en un tiempo promedio de 50 minutos. Entre sus principales resultados se identificó 107,161°C para temperatura, 26,77 PSI de presión de vapor y 23 min. De tiempo promedio. La temperatura máxima que se alcanzó fue de 135°C en un periodo de 13 minutos en la etapa de esterilización. Se puede afirmar que existe correlación entre la temperatura y la presión pues en la correlación de Pearson se obtiene  $p \leq 0.05$ . A los 134 °C, la presión que se obtuvo fue de 37.7 PSI de presión de vapor. El proceso de esterilización se validó con los controladores biológico y químico, porque dieron negativo para carga microbiana. Se puede concluir que existe relación entre la temperatura y la presión de vapor, así mismo que la automatización de la autoclave resultó ser un aporte ya que solo el operador se encarga de cargar y descargar el material al inicio y al final del proceso, empleando su tiempo en otras funciones.

### 3.2. Marco Teórico

**Equipo biomédico:** “Dispositivo médico operacional y funcional que reúne sistemas y subsistemas eléctricos, electrónicos o hidráulicos, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser usado en seres humanos con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento o rehabilitación.

No constituyen equipo biomédico, aquellos dispositivos médicos implantados en el ser humano o aquellos destinados para un solo uso. A continuación, se presentan los diferentes tipos de equipos biomédicos.

**Equipo biomédico nuevo:** Se aplica a aquellos equipos que no han sido usados y que no tengan más de dos (2) años desde la fecha de su fabricación.

**Equipo biomédico en demostración:** Es aquel equipo biomédico nuevo, que se utiliza para promover la tecnología.

Los equipos biomédicos en demostración importados pueden ser nacionalizados en los términos y condiciones establecidas en la normatividad aduanera para la modalidad de importación temporal y sólo pueden ser certificados por su fabricante o su representante en Colombia.

**Equipo biomédico usado:** Incluye todos los equipos que han sido utilizados en la prestación de servicios y/o en procesos de demostración, que no tienen más de cinco (5) años de servicio desde su fabricación o ensamble.

**Equipo biomédico repotenciado:** Incluye todos los equipos que han sido utilizados en la prestación de servicios de salud o en procesos de demostración, en los cuales, y que parte de sus subsistemas principales, han sido sustituidos con piezas nuevas por el fabricante o el repotenciador autorizado por el fabricante y que cumplen con los requisitos especificados por este y las normas de seguridad bajo el cual fue construido.

**Equipo biomédico prototipo:** Incluye todos aquellos que se encuentran en fase de experimentación que aún no se han empleado en la prestación de servicios o en demostraciones y que no cuentan con el certificado de venta libre expedido por el organismo nacional competente o su homólogo en el país de origen.” (Ministerio de la Protección Social, 2005)

**Clasificación de los equipos médicos:** “La clasificación de los dispositivos médicos realizada por el fabricante, se fundamenta en los riesgos potenciales relacionados con el uso y el posible fracaso de los dispositivos con base en la combinación de varios criterios tales como, duración del contacto con el cuerpo, grado de invasión y efecto local contra efecto sistémico.

**Clase I.** Son aquellos dispositivos médicos de bajo riesgo, sujetos a controles generales, no destinados para proteger o mantener la vida o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo potencial no razonable de enfermedad o lesión.

**Clase IIa.** Son los dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

**Clase IIb.** Son los dispositivos médicos de riesgo alto, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

**Clase III.** Son los dispositivos médicos de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión.”<sup>14</sup>

**Calor húmedo:** “El calor húmedo destruye los microorganismos por coagulación de sus proteínas celulares. El principal método de esterilización que emplea calor húmedo es la esterilización por vapor a presión. Existen otros métodos de descontaminación que emplean este tipo de calor los cuales, aunque no permiten la destrucción total de los microorganismos, disminuyen la carga microbiana que posee un material. La esterilización por vapor a presión se lleva a cabo en una autoclave. Estos equipos emplean vapor de agua saturado, a una presión de 15 libras lo que permite que la cámara alcance una temperatura de 121°C. El tiempo de esterilización usualmente es de 15 minutos, sin embargo, en algunas oportunidades, dadas las características del material, es necesario variar el tiempo de esterilización.

Cuando se utiliza este método es importante controlar en la autoclave la relación entre la temperatura, la presión y el tiempo de exposición, ya que éstos son factores críticos en el proceso.

Sólo cuando el vapor se coloca bajo presión, es cuando su temperatura aumenta por encima de los 100 °C y esto permite alcanzar las temperaturas de esterilización (121 °C).

Entre las ventajas de este método de esterilización tenemos que no deja residuos, las autoclaves modernas son sencillas de manejar y es un método rápido de esterilización. Éste es el método de elección para esterilizar materiales termoestables y no sensibles a la humedad como medios de cultivo, cultivos de microorganismos para descartar, lencería, uniformes, instrumentos quirúrgicos, etc.

Entre sus desventajas están que no permite la esterilización de materiales sensibles al calor y materiales no miscibles con el agua como es el caso de polvos, aceites y grasas.” (Química Net)

**Test de Bowie & Dick:** La prueba o control de Bowie-Dick es un test de desafío que se diseña para constituir una resistencia definida a un proceso de esterilización y utilizados para evaluar el funcionamiento del proceso (apartado 3.34 y 12.1.6 de la UNE-EN-ISO 17665-1), están contruidos de manera que pueden alojar en su interior un sistema de indicador químico o biológico en una posición que hace difícil la entrada del agente esterilizante. Pueden ser de dos tipos, por un lado, tenemos las pruebas para cargas porosas como la prueba de Bowie-Dick, y por otro lado están los dispositivos de carga hueca (Hollow load); mal llamado Test Hélix que proviene de la Hélice de Pickerill-Line.

El Control Bowie-Dick es un control de los equipos de vapor con vacío (B y S), es decir, no vale en el caso de los mini claves de tipo N (más información en esta entrada de los mini claves y la de esterilización en primaria. El Test Bowie-Dick es una prueba de obligado cumplimiento y de realización diaria en grandes esterilizadores.

### **Figura 1**

*Tiras reactivas validación de esterilización*



*Nota. Datos tomados de La autoclave (citado 2022)*

La esterilización se consigue mediante la penetración rápida y uniforme de vapor en todas las partes de la carga de la autoclave, siendo fundamental eliminar el aire de la cámara y de la carga y aplicar un suministro de vapor que contenga un volumen mínimo de gases no condensables. El Test Bowie-Dick revela si la penetración del vapor en el paquete de prueba ha sido rápida y uniforme.



Mediante la prueba de Bowie-Dick, que es un indicador de clase 2, se controla que el vacío se haya realizado correctamente y que el vapor haya penetrado totalmente. De este modo indicará que el equipo está preparado para esterilizar. Se efectuará en el primer programa del día, después del programa de precalentamiento.

Todas las hojas de prueba del Test Bowie-Dick están impresas con una tinta que cambia de color, normalmente de blanco a negro. El cambio de color depende de la presencia de humedad y una elevada temperatura. Deben darse ambos factores para que se produzca el cambio de color en un período de tiempo muy corto (período de exposición de 3,5 minutos o  $210 \pm 5$  segundos en el período meseta) a  $132-134^{\circ}\text{C}$ .

El Test Bowie-Dick emplea indicadores químicos de Clase B que se ajustan a la norma UNE-EN 867-3 (apartado 7.38) o UNE-EN-ISO 11140-1: 2007 que lo clasifica como de tipo 2. La UNE-EN-ISO 17665-2: 2009 da la recomendación de realizar diariamente la Prueba de Bowie-Dick y la Prueba de “carga hueca tipo A” anualmente, que está definida en la UNE-EN 13060.

## Figura 2

*Indicador del reactivo esterilización.*



*Nota. Datos tomados de La autoclave (citado 2022)*

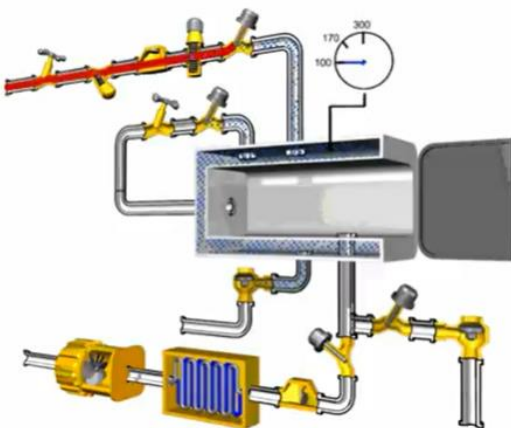
La figura 2 es el resultado si es no satisfactorio, esto obliga a realizar una segunda prueba, y si ésta vuelve a ser incorrecta, esto indica que el esterilizador de vapor no funciona correctamente, por lo que no debe utilizarse hasta que se haya solucionado el fallo o avería.”<sup>16</sup>

**Chaqueta de la autoclave:** es un canal de paredes que envuelve la cabina interna en donde se coloca el material a esterilizar, su fin es generar un precalentamiento de la cabina interna, cuando la chaqueta alcance una presión de 25PSI dará paso al vapor de entrar en la cabina interna y se empezara el proceso de vacío de aire hasta quedar completamente vapor en la cabina interna.

En la figura 3 se observa la entrada de vapor para da inicio al llenado de la chaqueta.

### Figura 3

*Llenado de chaqueta*

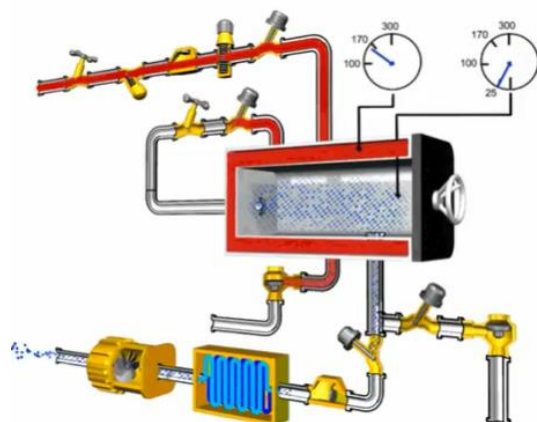


*Nota. Datos tomados de Proceso funcionamiento autoclave (citado 2022)*

En la figura 4 se observa el paso de vapor de la chaqueta a la cámara interna de la autoclave, consecutivamente se iniciará el vaciado de aire de la cabina interna.

#### Figura 4

*Vapor en chaqueta o precámara.*

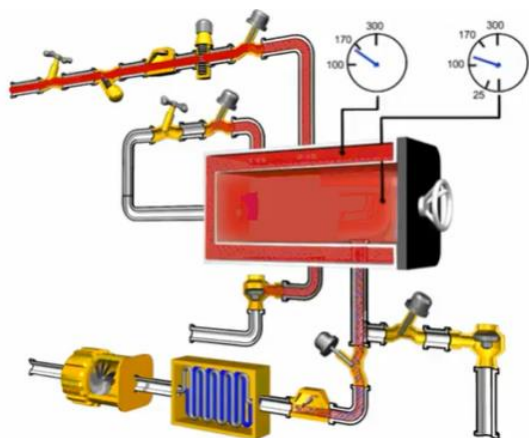


*Nota. Datos tomados de Proceso funcionamiento autoclave (citado 2022)*

En la figura 5 se observa la cabina interna llena de vapor sin rastro de aire.

#### Figura 5

*Vapor en cámara interna*



*Nota. Datos tomados de Proceso funcionamiento autoclave (citado 2022)*

**Protección IP:** “El grado de protección IP hace referencia a la norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection<sup>1</sup> utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo.

Este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que sus materiales contenedores le proporcionan contra la entrada de materiales extraños. Mediante la asignación de diferentes códigos numéricos, el grado de protección del equipamiento puede ser identificado de manera rápida y con facilidad.

De esta manera, por ejemplo, un grado de protección IP67 indica lo siguiente:

- Las letras «IP» identifican al estándar (del inglés: Ingress Protection).
- El valor «6» en el primer dígito numérico describe el nivel de protección ante polvo, en este caso: «El polvo no entra bajo ninguna circunstancia».
- El valor «7» en el segundo dígito numérico describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua), en este ejemplo: «El objeto debe resistir (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos».

Como regla general se puede establecer que cuando mayor es el grado de protección IP, más protegido está el equipamiento.

A la fecha agosto de 2020 la mayoría de los sensores inductivos, capacitivos y fotoeléctricos que se comercializan en el mercado tienen un nivel de protección mínimo de IP67, los cuales los hacen aptos para soportar la mayoría de los ambientes agresivos que se dan en la industria.

**Primer dígito (IP [X] [ ]):** La norma CEI 60529 establece para el primer dígito de que el equipo a ser certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones.”<sup>18</sup>

En la tabla 1 se evidencia las condiciones establecidas por la norma CEI 60529 para el primer dígito.

### **Tabla 1**

*Nivel de protección contra el ingreso del objeto sólido*

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	—	Sin protección
1	<50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
2	<12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12,5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
3	<2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2,5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
4	<1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento.
6	Protección completa contra polvo	El polvo no entra bajo ninguna circunstancia.

*Nota. Datos tomados de Grados de Protección proporcionado por las Envolturas de los Aparatos (2022)*

### 3.3. Marco Legal

Contemplando los lineamientos legales en Colombia respecto a los equipos biomédicos repotencias se cita el decreto 4725 de diciembre 26 de 2005, en el cual el ministerio de la protección social define:

**Equipo biomédico repotenciado:** Son los equipos que han sido utilizados en la prestación de servicios de salud o en procesos de demostración, en los cuales parte de sus subsistemas principales han sido sustituidos con piezas nuevas por el fabricante o el re

potenciador autorizado y que cumplen con los requisitos especificados por el fabricante y las normas de seguridad bajo el cual fue construido.

**Artículo 37:** Dispositivos médicos considerados como equipo biomédico usado o repotenciado. Se podrá autorizar la importación, adquisición o donación de equipo biomédico usado clase I o IIa, los cuales serán considerados como de tecnología controlada.

f) Fecha de fabricación del equipo.

Se permitirá el ingreso al país de equipos biomédicos repotenciados clase I, IIa, IIb y III siempre y cuando cumplan con los requisitos del equipo biomédico y se acompañen de la certificación de buen funcionamiento emitida por el fabricante legal o su representante en el país y anexando la misma documentación exigida para los equipos biomédicos usados. Estas importaciones serán consideradas como de tecnología controlada.

El repotenciamiento de ninguna manera podrá alterar el diseño inicial del equipo y el fabricante o su representante oficial, o el repotenciador autorizado por el fabricante deberá garantizar que el equipo biomédico cuenta con las mismas características y efectividad del equipo cuando estaba nuevo.

Solo se podrá importar o comercializar equipos repotenciados por el fabricante o el repotenciador autorizado.

**Parágrafo 4°.** El Ministerio de la Protección Social reglamentará lo relacionado con la importación de equipo biomédico usado, re manufacturado y/o repotenciado en el país.

Hasta tanto el Ministerio de la Protección Social no expida la reglamentación pertinente, el equipo biomédico repotenciado o re manufacturado se considerará como equipo usado.

(Ministerio de la Protección Social, 2005)



#### **4. Diseño Metodológico**

En la obtención del primer objetivo que es establecer los criterios de diseño, caracterización de eventos necesarios se llevara a cabo criterios de diseño en el área eléctrica del equipo en donde se evaluara el tipo de alimentación, protecciones eléctricas, tipo de cableado, entre otros, continuando con los criterios de diseño de instrumentación se establecen los lineamientos que deben cumplir los instrumentos y MTU y HMI como es el tipo de conexión alimentación rangos de trabajo variables de trabajo, para el caso de la MTU se analizara cuantas entradas y salidas se necesitan acotando de que utilizara software libre. Dentro de este mismo criterio se contempla e diseño de una interface gráfica para monitoreo y programación del equipo, finalmente se realiza la caracterización del equipo que sería una descripción detalla del equipo.

En el segundo objetivo que es diseñar la automatización se plantea como se llevaría la automatización del equipo, se requiere aplicar los criterios de diseño y envase a ellos desarrollar un esquema de eléctrico, establecer unas matrices de selección de instrumentos y MTU evaluándolos desde diferentes puntos de vista como lo es lo técnico, operativo y económico.

En el tercer objetivo es diseñar el control de eventos, comunicación de la automatización, diseñar la interface scada y programación de PLC en software, esquemas de control de eventos y Culminando con la selección de los protocolos de comunicación a utilizar.

#### 4.1. Tareas Y Cronograma De Actividades

En la tabla 30 se observa el cronograma de actividades con el detalles de actividades por objetivo.

**Tabla 2**

*Cronograma actividades*

	Cronograma											
ACTIVIDAD	Noviembre				Diciembre				Enero			
1	■											
2		■	■	■								
3				■								
4					■	■	■					
5						■	■	■				
6							■	■	■	■		
7										■		
8										■	■	■
9											■	■

**Objetivo 1:** Establecer los criterios de diseño, caracterización de eventos necesarios para el diseño de la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

Actividad 1: Estudio de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

Actividad 2: Caracterización de eventos.

Actividad 3: Análisis de tecnología empleada actualmente para el funcionamiento del equipo.

**Objetivo 2:** Diseñar la automatización de una autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

Actividad 4: Describir y seleccionar la instrumentación necesaria para la automatización del proceso (sensoria, actuadores, MTU, HMI).

Actividad 5: Matriz de selección para la instrumentación necesaria para la automatización del proceso (sensoria, actuadores, MTU, HMI).

Actividad 6: Validación del proceso.

**Objetivo 3:** Diseñar el control de eventos, comunicación de la automatización de la autoclave de 300 litros para el proceso de esterilización y secado de instrumental médico.

Actividad 7: Diseño y validación de scada para HMI bajo normativa.

Actividad 8: Selección del protocolo de comunicación a emplear.

Actividad 9: Diseño y validación del algoritmo de automatización para la autoclave.

Actividad 10: Elaboración de presupuesto para llevar a cabo dicho proyecto.

## 5. Establecer Los Criterios De Diseño, Caracterización De Eventos Necesarios Para El Diseño De La Automatización De Una Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico.

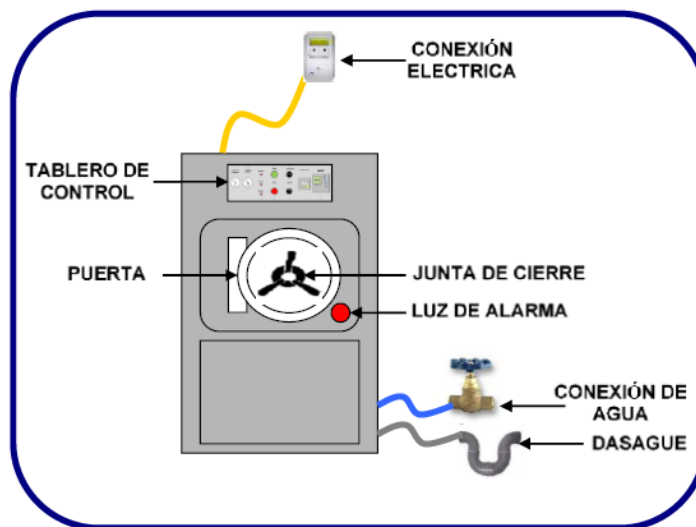
### 5.1. Caracterización De Los Eventos Necesarios.

#### 5.1.1. Esquemas

En la figura 6 se evidencia la señalización de las partes básicas de la autoclave

#### Figura 6

*Esquema principal autoclave*



Nota. Datos tomados de Manual de operación paffor (2022)

En la figura 7 observa detalladamente el tablero de control de la autoclave.

#### Figura 7

### *Tablero de control Autoclave*



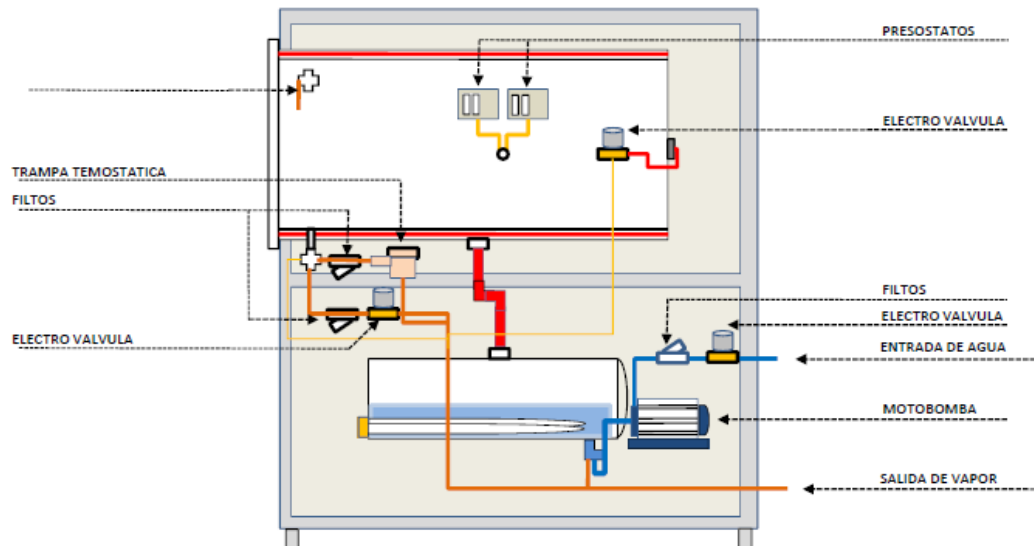
*Nota. Datos tomados de Manual de operación paffor (2022)*

- |  |   |
|--|---|
| 1: manómetro presión chaqueta                                  | 7: perilla encendido apagado del equipo     |
| 2: manómetro presión cámara                                    | 8: control de temperatura                   |
| 3: pilotos de señalización, off/on, vapor, puerta              | 9: piloto de señalización test Bowie & Dick |
| 4.: pulsador inicio.   | 10: programador general del equipo          |
| 5: pulsador reset.   |   |
| 6: perilla seleccionador de látex, textiles e instrumentación. |   |

La figura 8 evidencia las partes más importantes del plano mecánico- hidráulico de la autoclave.

### **Figura 8**

*Plano hidráulico autoclave*



Nota. Datos tomados de Manual de operación paffor (2022)

### 5.1.2. Proceso De Esterilización

La esterilización es un componente vital de los procedimientos de control de infecciones. El término se emplea para describir todo el conjunto de actividades realizadas con el fin de lograr un entorno pulcro, libre de enfermedades.

La esterilización se define como la eliminación de todo agente, bacteria o virus transmisible de toda superficie, instrumento médico, alimento o producto que debe ser utilizado de manera segura por el usuario, sin ponerlo en peligro.

El mecanismo de acción del vapor en estas condiciones produce fenómenos tales como la ruptura de las cadenas de ADN, pérdida de la integridad de las membranas celulares, y fundamentalmente coagulación y desnaturalización proteica bacteriana y viral.

Requerimientos para la esterilización:

- Temperatura: La temperatura oscila entre 121°C y 134°C (grados centígrados).
- Presión: Presiones de 1.3 Bar posibilitan temperaturas de 121°C; y de 2,2 Bar facilitan temperaturas de 134 grados.
- Tiempo: El tiempo de esterilización es suficiente para garantizar la destrucción total de los microorganismos. El proceso total de esterilización (Ciclo de Esterilización) consta de los siguientes tiempos:
  - Tiempo de Calentamiento: Es el periodo que transcurre desde que se enciende el aparato hasta que alcanza la temperatura de esterilización. El tiempo depende de la carga y del tamaño de la autoclave debiéndose establecer el tiempo ideal en cada caso.
  - Tiempo Letal: Es el periodo en que la temperatura destruye los microorganismos.
  - Tiempo de Secado y Enfriamiento: Es el periodo en el cual la presión del vapor dentro de la cámara desciende a la presión atmosférica y logra el secado del material esterilizado.
  - Tiempo de Esterilización: Es la suma total de todos los tiempos donde se garantiza la destrucción total de los microorganismos.

### ***5.1.3. Proceso De Secado***

- Abra la puerta e introduzca la carga con el material a esterilizar y cierre la puerta usando la junta de cierre hasta su ajuste máximo
- Seleccione el ciclo de esterilización 121°C o 134°C girando la perilla según el material a esterilizar y pulse el botón INICIO

- El manómetro de presión chaqueta empezará a subir hasta alcanzar 25 PSI y automáticamente inyectará vapor a la cámara. La presión y temperatura, empezará a subir hasta llegar a 121°C o 134°C según corresponda y a partir de ese momento empieza a contar el tiempo de esterilización.
- Terminado el tiempo de esterilización el equipo automáticamente despresuriza la cámara y comienza el ciclo de secado.
- Terminado este tiempo sonará una alarma indicando fin de esterilización.
- Luego oprima el botón RESET.
- Desasegure y entreabra ligeramente la puerta. El escape de vapor indicará que la abertura es suficiente. La puerta totalmente abierta en la autoclave permite la condensación debido al aire frío procedente del exterior de la cámara produciendo como consecuencia paquetes húmedos.
- Mantenga la puerta “entreabierta” (alrededor de ½ cm) durante aproximadamente 20 a 25 minutos, esta medida permite la evaporación de la humedad y un secamiento completo de la carga. Una carga húmeda se contamina muy fácil, verifique que ésta salga completamente seca así no se contaminará.

#### ***5.1.4. Preparación De Los Elementos A Esterilizar***

- El material estará previamente lavado, seco y libre de toda materia orgánica.
- Se sumergen en jabón enzimático diluido en agua por un minuto.
- El empaque puede ser:
- Bolsa de esterilización auto sellante
- Envoltura del paquete a esterilizar:





- El tamaño y la densidad de los paquetes será tal que permita una penetración uniforme y completa del vapor.
- Los paquetes se envolverán de manera que queden algo flojos e irán dispuestos de manera que permitan una libre circulación del vapor en el centro de los mismos. Colocar con espacios libres entre los paquetes para que circule el vapor.
- Debe permitir la penetración del vapor a todos los sitios, las pinzas y tijeras deben ir abiertas.
- El método utilizado para envolver los paquetes garantizara el mantenimiento de las condiciones de esterilidad de los materiales durante su almacenamiento.
- En general la envoltura conserva características filtrantes, sin obstaculizar el paso del vapor.
- A cada paquete se le coloca un pedazo de cinta testigo, póngale la fecha, el día, año, así usted está seguro de que el material ya ha pasado por el proceso de Autoclave
- Recuerde que la cinta termo sensible no le indica que el material está esterilizado, sino que pasó por este proceso. Las cintas adhesivas sensibles al vapor pueden ser utilizadas para armar los paquetes e indicar que han sido sometidos a esterilización, más no para asegurar la esterilidad del contenido.
- No incluya dentro del mismo paquete material con diferentes tiempos de esterilización.
- Al finalizar el proceso NO coloque los paquetes sobre superficies frías para evitar la condensación del vapor que humedece el equipo e impide su uso.

#### ***5.1.5. Cómo Cargar La Autoclave***

- Acomode los paquetes de tal forma que haya una libre circulación de vapor entre ellos (no trate de llenar la autoclave hasta sobrecargarlo).
- Si se llegase a necesitar esterilizar líquidos, separándolos de otros materiales. Cuando se esterilizan líquidos, se hará con los recipientes destapados.
- La carga está formada por objetos o materiales cuyo tiempo de esterilización recomendado sea el mismo. Nunca introduzca materiales que necesitan diferentes tiempos de esterilización.

#### ***5.1.6. Operación De La Autoclave***

1. Energice el equipo girando la perilla a posición ON. En este momento se iluminará el piloto de ON/OFF
2. Cargar la autoclave con el material a esterilizar, cerrar la puerta a su ajuste máximo
3. Pulse RESET durante cinco (5) segundos; seleccione uno de los ciclos de esterilización (látex, ropa, instrumental) pulse el botón que se encuentra frente a cada ciclo y seguidamente pulse inicio.
4. Para modificar los tiempos de esterilización, secado, vacío y descargue, en el programador ingrese de la siguiente manera pulse  la tecla diríjase a SET DE PARAMETROS pulse la tecla  y luego OK para ingresar al menú (121°C líquidos, ropa, instrumentación) ubíquese en el parámetro que desea modificar pulsando las flechas arriba o abajo una vez, seleccionado pulse OK para ingresar al menú, modifique los tiempos pulsando las flechas una vez modificados pulse para confirmar, a continuación, pulse OK para salir del menú pulse ESC.

5. Cuando la autoclave haya alcanzado en el manómetro de presión de chaqueta la presión ideal hará un ciclo de pre vacío automáticamente inyectara vapor a la cámara, la temperatura comenzara a subir.

6. Cuando alcance la temperatura de 121° C o 134° C, según el ciclo seleccionado automáticamente iniciara a contar el tiempo de esterilización.

7. Terminado el tiempo de esterilización el equipo automáticamente hará el descargue de vapor e iniciará el tiempo de secado

8. Terminado el tiempo de secado se emitirá una alarma indicando que el proceso de esterilización ha terminado satisfactoriamente verifique que el manómetro que indica PRESION CAMARA se encuentre en cero (0) PSI y proceda a entre abrir la puerta, esperar durante diez (10) minutos (tiempo de aireación) para proceder a sacar el material estéril.

#### ***5.1.7. Normas De Seguridad Al Usar La Autoclave***

- Ante cualquier anomalía, cancele el proceso, desconecte el interruptor general y no abra la puerta bajo ninguna circunstancia hasta que la aguja del manómetro esté en cero.
- El lugar en donde se encuentra la autoclave permanecerá limpio, por el trabajo que hace.
- Realice el mantenimiento preventivo y limpieza indicadas sin falta, de acuerdo a la periodicidad especificada.
- Antes de limpiarlo asegúrese que la cámara este fría, NUNCA realice la limpieza con el equipo caliente o conectado a la energía eléctrica.
- Para manipular la autoclave cuando esté caliente se recomienda el uso de guantes de látex gruesos o de un material que aisle el calor para prevenir quemaduras.

- Durante el funcionamiento de la autoclave realice periódicamente vigilancia, para detectar oportunamente cualquier problema.
- No deje que personas ajenas al Autoclave lo estén manipulando, principalmente cuando está trabajando.
- Recuerde que el traslado del material de un lugar a otro puede dar lugar a que sea contaminado
- Cuando termina el ciclo de esterilización a éste se le da un tiempo de pre secado, terminado este tiempo usted abrirá la puerta, pero teniendo en cuenta que no puede abrirla en su totalidad sino déjela semiabierta.
- La mayoría de Autoclaves llevan un dispositivo que evita sobre presiones en la cámara, éste se llama válvula de seguridad. Esta se dispara automáticamente, cuando hay un exceso de presión en la cámara.
- También el Autoclave lleva una caja de circuitos que es la que protege de cualquier corto circuito que sucede en el sistema eléctrico del equipo, estos se disparan automáticamente por cualquier problema que suceda.
- Cuando el Autoclave esté funcionando siempre esté pendiente del manómetro y termómetro, porque son ellos los que le indicarán lo que está sucediendo en cámara.
- Siempre revise el Autoclave antes de conectarlo.
- Cerciórese de que todos los dispositivos estén en su orden después de una revisión técnica para evitar situaciones en las que el técnico que ha revisado o reparado el equipo lo ha dejado en malas condiciones. El técnico siempre hará pruebas de funcionamiento para garantizar el buen estado del equipo, posteriormente a una reparación.

- Si la cámara del esterilizador está construida de acero inoxidable, nunca use limpiadores que contengan cloro.
- Se recomienda que el agua de alimentación del tanque generador sea por lo menos agua suavizada.

## **5.2. Criterios De Diseño Eléctrico**

### ***5.2.1. Alimentación Eléctrica Del Equipo***

El equipo es apto para funcionar a 110Vac o 220Vac, por lo tanto, se asegurará el voltaje en el sitio donde será instalado con conexión S432-C6 levitón la cual es una clavija industrial avalada por la normativa técnica colombiana 2050.

### ***5.2.2. Panel De Distribución O Tablero De Control***

En el diseño del tablero de distribución se realizará bajo la normativa como retie y NTC 2050, el tablero debe tener un grado de protección IP66, para ser instalado en el exterior del equipo, el panel debe contar un totalizador bobinas paros de emergencia.

Para diseñar el panel de control se deben tener aspectos como los siguientes:

- Carga o consumo: esta define que corriente consumirá los motores y resistencias Sus unidades pueden estar en KW, HP, KVA o en AMP.
- Protecciones: envase a las cargas y consumos se seleccionará el totalizador y los guarda motores con una corriente máxima de disparo en plena carga menor a 9A el 150%.

- Tipo de cableado: la elección del cableado debe ir en base a las protecciones predeterminadas para las cargas de consumo.
- Caída de tensión: La caída de tensión no superara el 5%, para toda la instalación teniendo en cuenta que las distancias son cortas.

### **5.3. Criterios De Diseño De Instrumentación Y Control**

#### ***5.3.1. Instrumento De Temperatura***

Debe instalarse un sensor con rango de temperatura de 0 – 134°C con protección a la humedad que trabaje a 24VDC en salida de 4-20mA, el cableado de conexión soportara dicha temperatura de trabajo para no interferir con la señal entre instrumento y PLC, como redundancia contara con un indicador visual de fácil visualización para el operario.

#### ***5.3.2. Instrumento De Presión***

Debe instalarse un sensor con rango de presión de 0 a 2,2 bar con protección a la humedad que trabaje a 24VDC en salida de 4-20mA, el cableado de conexión soportara dicha temperatura de trabajo para no interferir con la señal entre instrumento y PLC, como redundancia contara con un indicador visual de fácil visualización para el operario.

#### ***5.3.3. Instrumento De Nivel***

Debe instalarse un sensor de nivel análogo o digital con rango de trabajo de 30 a 80 cm, que trabaje de 24VDC, el cableado de conexión soportara la humedad para no interferir con la señal entre instrumento y PLC.

#### **5.3.4. Mtu O Plc**

El PLC a seleccionar contará con 4 entradas análogas, 4 entradas digitales, 3 salidas análogas, 9 salidas digitales, para establecer comunicación entre sensores, alarmas, motores y válvulas contará con protocolo hart 24VDC (4-20mA), finalmente podrá comunicarse con una HMI de 7in táctil para el control del equipo.

## 6. Definir La Automatización De Una Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico.

### 6.1. Diseño Eléctrico

#### 6.1.1. Diseño Del Panel De Distribución O Tablero De Control

En una instalación eléctrica, un tablero de distribución el cual se aprecia en la figura 9 es la parte principal. En términos generales los tableros son gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, que cumplen una función específica dentro de un sistema eléctrico. Su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación. ( Bricos, 2017)

#### Figura 9

*Cofre metálico*



*Nota. Datos tomados de Potencia y tecnología (Citado 2022)*

Para el diseño del tablero de distribución se fundamenta en secciones y artículos específicos de las normativas RETIE y NTC 2050.



## **REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)**

### **ARTÍCULO 23°. ASPECTOS GENERALES DE LAS SUBESTACIONES.**

#### **20.23.1 Tableros de baja tensión**

Tabla 20.12. Normas de referencia para realizar pruebas de los tableros

##### **20.23.1.1 Condiciones de la envolvente o encerramiento (también llamado gabinete o armario)**

Inciso B, C, D.

#### **20.23.1.2 Partes conductoras de corriente**

Inciso A, B, C, F.

## **NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050**

### **Sección 210-22. Cargas máximas.**

a) Cargas accionadas por motores y combinadas.

### **Sección 220-2. Tensiones.**

### **Sección 220-3. Cálculo de los circuitos ramales.**

a) Cargas continuas y no continuas.

### **Sección 220-14. Motores**

### **Sección 384-5. Ubicación de los cuadros de distribución.**

### **Sección 384-9. Aislamiento de los conductores.**

### **Sección 384-11. Puesta a tierra de los marcos o armazones de los cuadros de distribución.**

### **Sección 430-53. Varios motores o cargas en un circuito ramal.**

a) Derivación para un solo motor.

### **Sección 501-3. Medidores, instrumentos y relés.**

b) Clase I División 2

1) Contactos.

5) Fusibles.

#### **Sección 501-4. Métodos de alambrado.**

a) Clase I División 1.

1) Alambrado Fijo.

2) Conexiones Flexibles.

El tablero de tener un grado de protección como mínimo IP 65 Debido que en su interior se instalarán: Totalizador, guardamontes, contactores, DPS fuente de voltaje, totalizador, el acceso al tablero será en la parte frontal, se debe utilizar tornillos y tuercas resistentes a la corrosión, para asegurar los conectores y los barrajes, la capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la máxima corriente de carga proyectada o la capacidad de los conductores alimentadores del tablero, las dimensiones, del tablero deben permitir espacio suficiente para alojamiento de los terminales y curvaturas de los cables.

En la tabla 2 se evidencia el cuadro de cargas de los diferentes equipos que intervienen en el proceso, los datos de consumo de los equipos son obtenidos en base a las fichas técnicas, la selección del conductor se hace en base a la tabla de referencias de cables encauchetado ST-C de CENTELSA, finalmente en la obtención del cálculo de la protección se hace en base en los criterios de diseño que son fundamentados en la normativa técnica colombiana 2050 sección 210-22, sección 220-2. sección 220-3, sección 220-4, sección 430-22.

#### **Tabla 3**

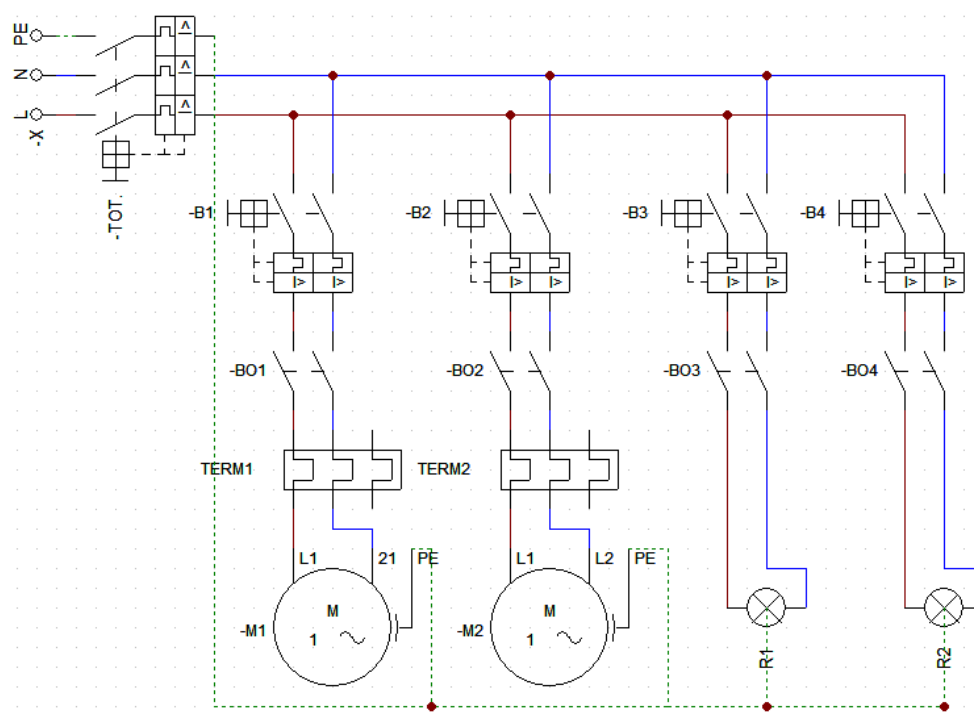
*Cuadro de cargas de equipos eléctricos*

CUADRO DE CARGAS 220 VAC					
EQUIPO	CONSUMO		CONDUCTOR AWG	PE<5%	PROTECCION AMPERRIOS (A)
	watts(W)	Corriente (A)			
BOMBA LLENADO	600	3	18	0.15	5
BOMBA VACIO	600	3	18	0.15	5
RESISTENCIA 1	2.000	9	14	0.45	14
RESISTENCIA 2	2.000	9	14	0.45	14
FUENTE PLC	600	5	18	0.25	8
TOTALIZADOR					50

*Nota: Fuente propia (2022)*

**Figura 10**

*Circuito eléctrico de potencia*



*Nota. Tomado de Fuente propia (2022)*

En la figura 10 se representa el circuito de potencia de la autoclave donde consta de, un totalizador principal, disyuntor individual para bomba de llenado y vacío, disyuntor individual para las resistencias eléctricas, en el control de encendido y apagado de las bombas y resistencias

se dispondrá de bobinas de accionamiento por señal de control, finalmente para la protección de las bombas se añade relés térmicos como una protección adicional por sobrecalentamiento.

## **6.2. Diseño De Instrumentación**

### ***6.2.1. Instrumento De Temperatura***

Una de la mejor alternativa en la medición de temperaturas inferiores a 600°C y con alta precisión, se encuentra los RTD (detector de temperatura por resistencia) PT-100, su principio de operación es el cambio de resistencia eléctrica en función de la temperatura.

La medida de temperatura utilizando sondas de resistencia depende de la variación de resistencia en función de la temperatura, que es propia del elemento de detección.

El elemento consiste, usualmente, en un arrollamiento de hilo muy fino del conductor adecuado bobinado entre capas de material aislante y protegido con un revestimiento de vidrio o de cerámica.

El material que forma el conductor se caracteriza por el llamado "coeficiente de temperatura de resistencia" que expresa, a una temperatura especial cada, la variación de la resistencia en ohmios del conductor por cada grado que cambia su temperatura. (Creus Antonio, 2010)

En la tabla 3 pueden comprender algunos valores de aceptación de las sondas (tolerancias) de Pt100, según IEC751.

**Tabla 4**

*Clasificación y tolerancias de las sondas de resistencia IEC751*

Clasificación y tolerancias de las sondas de resistencia de 100 Ohm (IEC751)				
Temperatura °C	Grado A		Grado B	
	°C	Ohms	°C	Ohms
-200	0,55	0,24	1,3	0,56
-100	0,35	0,14	0,8	0,32
0	0,15	0,06	0,3	0,12
100	0,35	0,13	0,8	0,3
200	0,55	0,2	1,3	0,48
300	0,75	0,27	1,8	0,64
400	0,95	0,33	2,3	0,79
500	1,15	0,38	2,8	0,93
600	1,35	0,43	3,3	1,06
650	1,45	0,46	3,6	1,13
700	-	-	3,8	1,17
800	-	-	4,3	1,28
850	-	-	4,6	1,34

*Nota. Datos tomados de Creus Sole A. (2010). Instrumentación y control alfa omega.*

En las tablas 4 ,5 y 6 se observan las diferentes fichas técnicas de los instrumentos de temperatura evaluados, con el fin de seleccionar uno.

**Tabla 5**

*Ficha técnica instrumento de temperatura vía industrial*

INSTRUMENTO DE TEMPERATURA	
<b>Especificaciones</b>	
- Referencia : Termorresistencia RTD-PT100.	
- Salida de señal: 4-20 mA	
- Material : Inox SS304.	
- Hilos de cable: 3 hilos.	
-Clase: B	
-longitud de bulbo:6in.	
- Conexión proceso: 1/2 - NPT.	
-Termopozo: No contiene.	
- Temperatura de trabajo : 0°C a 600 °C.	
- Rango de presión : 0 bar a 5 bar.	
- Unidades de transmisor: Centígrados.	
- Tiempo de entrega: 10 días.	
- Garantía: 12 meses	
-Vendedor: Viaindustrial	
Termoresistencia RTD - PT100	
Cant.	Precio
1	\$439.110 COP

Nota. Datos tomados de Cotización f-943262 – Vía industrial. (2022)

### Tabla 6

*Ficha técnica instrumento de temperatura rocha y Londoño*

INSTRUMENTO DE TEMPERATURA		
<b>Especificaciones</b>		
- Referencia : Sensor PT100.		
- Salida de señal: 4-20 mA		
- Material : Inox SS304.		
- Hilos de cable: 3 hilos.		
-Clase: B		
-longitud de bulbo:6in.		
- Conexión proceso: 1/4 - NPT.		
-Termopozo: 1/2 - NPT 6in.		
- Temperatura de trabajo : 0°C a 200 °C.		
- Rango de presión : 0 bar a 5 bar.		
- Unidades de transmisor: Centígrados.		
- Tiempo de entrega: 5 días.		
- Garantía: 12 meses		
-Vendedor: Rocha y londoño		
Sensor PT100		
Cant.		Precio
1		\$702.100 COP

Nota. Datos tomados de Cotización C-1-24185 – Rocha y Londoño s.a.s(2022)

### Tabla 7

*Ficha técnica instrumento de temperatura eléctrico carlostriana.*

INSTRUMENTO DE TEMPERATURA	
<b>Especificaciones</b>	
- Referencia : PT100.	
- Salida de señal: 4-20 mA comunicación HART.	
- Material : Inox SS304.	
- Hilos de cable: 3 hilos.	
-Clase: A	
-longitud de bulbo:6in.	
- Conexión proceso: 1/1 - NPT.	
-Termopozo: No contiene	
- Temperatura de trabajo : 0°C a 400 °C.	
- Rango de presión : 0 bar a 3 bar.	
- Unidades de transmisor: Centígrados.	
- Tiempo de entrega: 5 días.	
- Garantía: 12 meses	
-Vendedor: electricoscarlostriana	
Sensor PT100	
Cant.	Precio
1	\$502.100 COP

Nota. Datos tomados de Cotización 23641 – Carlos Triana & cia Ltda. (2022)

### **Criterios de selección**

#### **Comunicación**

Se asigna un valor de 5 a la comunicación 4-20mA

#### **Conexión**

Se asigna un valor de 5 a la conexión de 3hilos

#### **Clase**

Se asigna un valor de 3 a la clase B

Se le asigna un valor de 1 a la clase A

#### **Protección de proceso**



Se asigna un valor de 5 al instrumento que incluye Termopozo

Se asigna un valor de 1 al instrumento que no incluye Termopozo

### **Unidades del proceso**

Se asigna un valor de 5 a la unidad de medida Grados centígrados.

### **Temperatura**

Se asigna un valor de 1 a la temperatura de 0-600°C

Se asigna un valor de 3 a la temperatura de 0-400°C

Se asigna un valor de 5 a la temperatura de 0-200°C

### **Tiempo de entrega**

Se asigna un valor de 5 al tiempo de entrega en 5 días

Se asigna un valor de 1 al tiempo de entrega en 10 días

### **Garantía**

Se asigna un valor de 5 a la garantía de 12 meses

### **Costo del equipo**

Se asigna un valor de 5 al precio de 439.110COP

Se asigna un valor de 3 al precio de 502.100COP

Se asigna un valor de 1 al precio de 702.100COP

## **Tabla 8**

*Matriz de selección instrumento de temperatura*

MATRIZ DE SELECCIÓN INSTRUMENTO DE TEMPERATURA				
	CRITERIOS	Termoresistencia RTD-PT1000	Sensor PT100	PT100
TECNICOS	Conexión	5	5	5
	Clase	3	3	1
	Protección del proceso	1	5	1
	Unidades del proceso	5	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>12</b>
OPERABILIDAD	Comunicación	5	5	5
	Temperatura	1	5	3
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
ECONOMICOS	Garantía	5	5	5
	Costo del equipo	5	1	3
	Tiempo de entrega	1	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>13</b>
<b>TOTAL PUNTUACION</b>		<b>31</b>	<b>39</b>	<b>33</b>

Nota: Fuente propia 2022.

En la tabla 7 se observa los parámetros técnicos, operativos y económicos que se evaluaron para llevar a cabo la selección del instrumento de temperatura cumpliendo con los criterios de diseño.

El instrumento con mayor puntaje será el seleccionada en base a la ponderación sumatoria de los criterios de diseño, el cual fue el sensor PT100 ofertado en la Cotización C-1-24185 – Rocha y Londoño s.a.s (2022).

### 6.2.2. Instrumento De Presión

La presión es la fuerza que ejercen los gases y líquidos debido a su peso, como la presión de la atmósfera sobre la superficie de la tierra y la presión en contenedores los líquidos ejercen sobre el fondo y las paredes de un recipiente.

Las unidades de presión son una medida de la fuerza que actúa sobre un área específica más comúnmente expresado en libras por pulgada cuadrada (psi), a veces libras por pie cuadrado (psi) en unidades inglesas, o pascales (Pa o kPa) en unidades métricas. (W., 2006)

Medidas de presión hay seis términos que se aplican a las mediciones de presión. Son los siguientes:

***Vacío total.*** que es presión cero o falta de presión, como se experimentaría en el espacio exterior.

***El vacío.*** es una medida de presión realizada entre el vacío total y el normal. presión atmosférica (14,7 psi).

***La presión atmosférica.*** es la presión sobre la superficie terrestre debida al peso de los gases en la atmósfera terrestre y normalmente se expresa al nivel del mar como 14,7 psi o 101,36 kPa. Sin embargo, depende de las condiciones atmosféricas.

La presión disminuye sobre el nivel del mar y a una altura de 5000 pies cae a aproximadamente 12,2 psi (84,122 kPa).

***La presión absoluta.*** es la presión medida con respecto al vacío y es expresado en libras por pulgada cuadrada absoluta (psi).

***La presión manométrica.*** es la presión medida con respecto a la presión atmosférica y normalmente se expresa en libras por pulgada cuadrada. Tabla 8 muestra gráficamente la relación entre la atmosférica, la manométrica y la absoluta

presiones.

**La presión diferencial.** es la presión medida con respecto a otra presión y se expresa como la diferencia entre los dos valores. (Dun C., 2006)

**Tabla 9**

*Unidades de conversión con agua y mercurio*

	Water		Mercury <sup>‡</sup>		kPa	Psi
	in <sup>*</sup>	cm <sup>†</sup>	Mm	Ins		
1 psi	27.7	70.3	51.7	2.04	6.895	1
1 psf	0.19	0.488	0.359	0.014	0.048	0.007
1 kPa	4.015	10.2	7.5	0.295	1	0.145
Atmospheres	407.2	1034	761	29.96	101.3	14.7
Torr	0.535	1.36	1	0.04	0.133	0.019
Millibar	0.401	1.02	0.75	0.029	0.1	0.014

\*At 39°F.

†At 4°C.

‡Mercury at 0°C.

*Nota. Datos tomados de Dunn C. W. (2006). Fundamentos de la instrumentación*

*industrial y control de procesos Mc Grau Hill.*

Las medidas más usadas en la industria:

1. Libras por pie cuadrado (psi) o libras por pulgada cuadrada (psi)
2. Atmósferas (atm)
3. Pascales (N/m<sup>2</sup>) o kilopascal (1000Pa) \*
4. Torr = 1 mm de mercurio
5. Bar (1,013 atm) = 100 kPa.

En las tablas 9 ,10 y 11 se observan las diferentes fichas técnicas de los instrumentos de presión evaluados, con el fin de seleccionar uno.

**Tabla 10**

Ficha técnica instrumento de presión danfoss.

INSTRUMENTO DE PRESION DANFOSS	
<b>Especificaciones</b>	
- Referencia : Transmisor de presion MBS 30000 -	
Salida de señal: 4-20 mA	
-Voltaje: 12- 30VDC	
- Material : Inox.	
- Conexión proceso: 1/4 - NPT.	
-Proteccion: SifoncolademarranoINOX 1/4"	
- Temperatura de trabajo : 0°C a 140 °C.	
- Rango de presión : 0 bar a 4 bar.	
- Unidades de transmisor: Bar.	
- Tiempo de entrega: 1 días.	
- Garantía: 12 meses	
-Vendedor: VALVECO S.A.S	
Transmisor de presion MBS 30000	
Cant.	Precio
1	\$980.917 COP

Nota. Datos tomados de Cotización cot46070 – valveco s.a.s (2022).

**Tabla 11**

Ficha técnica instrumento de presión holykell

INSTRUMENTO DE PRESION HOLYKELL	
<b>Especificaciones</b>	
- Referencia : Transductor de presión HPT200-HT	
- Salida de señal: 4-20 mA	
- Voltaje: 12 - 30VDC	
- Precisión: 1.0% FS	
- Material : Inox.	
- Conexión proceso: 1/4G.	
- Conexión electrónica: conector Hirschman	
- Temperatura de trabajo : 0°C a 140 °C.	
- Rango de presión : 0 bar a 2.2 bar.	
- Unidades de transmisor: Bar.	
- Tiempo de entrega: 15 días.	
- Garantía: 12 meses	
- Vendedor: HOLYKELL	
Transductor de presión HPT200-HT	
Cant.	Precio
1	\$158.00 USD

Nota. Datos tomados de Cotización 8761 – holykell (2022)

## Tabla 12

*Ficha técnica instrumento presión pnomek*

INSTRUMENTO DE PRESION PNOMEK	
<b>Especificaciones</b>	
- Referencia : Transmisor de presión PNOMEK	
- Salida de señal: 4-20 mA	
- Voltaje: 12 VDC	
- Precisión: 0.5% FS a 25°C	
- Material : Inox.	
- Conexión proceso: 1/4G.	
- Temperatura de trabajo : -20°C a 110 °C.	
- Rango de presión : 0 bar a 4 bar.	
- Unidades de transmisor: Bar.	
- Tiempo de entrega: 3 días.	
- Garantía: 12 meses	
- Vendedor: CARLOSTRANA & CIA LTDA	
Transmisor de presión PNOMEK	
Cant.	Precio
1	\$426.000 COP

Nota. Datos tomados de Cotización 23641 – Carlos Triana & Cia Ltda. (2022)

### **Criterios de selección**

#### **Comunicación**

Se asigna un valor de 5 a la comunicación 4-20mA

#### **Conexión**

Se asigna un valor de 5 a la conexión 1/4NPT

#### **Protección de proceso**

Se asigna un valor de 5 al instrumento que incluye protección

Se asigna un valor de 1 al instrumento que no incluye protección

#### **Unidades del proceso**

Se asigna un valor de 5 a la unidad de medida bares.

### **Presión**

Se asigna un valor de 5 a la temperatura de 0 – 4 Bar

Se asigna un valor de 1 a la temperatura de 0 – 2.2 Bar

### **Temperatura**

Se asigna un valor de 3 a la temperatura de 0 a 140°C

Se asigna un valor de 1 a la temperatura de -20 a 110°C

### **Tiempo de entrega**

Se asigna un valor de 5 al tiempo de entrega en 1 días

Se asigna un valor de 3 al tiempo de entrega en 3 días

Se asigna un valor de 1 al tiempo de entrega en 15 días

### **Garantía**

Se asigna un valor de 5 a la garantía de 12 meses

### **Costo del equipo**

Se asigna un valor de 5 al precio de 426.000COP

Se asigna un valor de 3 al precio de 158.00 USD

Se asigna un valor de 1 al precio de 980.917COP

## **Tabla 13**

*Matriz de selección instrumento de presión*



MATRIZ DE SELECCIÓN INSTRUMENTO DE PRESION				
	CRITERIOS	Transmisor de presion MBS 30000	Transductor de presion HPT200-HT	Transmisor de presion PNOMEK
TECNICOS	Comunicación	5	5	5
	Conexión	5	5	5
	Proteccion	5	1	1
	Unidad de medida	5	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
OPERABILIDAD	Presion	5	1	5
	Temperatura	5	5	1
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
ECONOMICOS	Tiempo de entrega	5	1	3
	Precio	1	3	5
	Garantia	5	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
<b>TOTAL PUNTUACION</b>		<b>41</b>	<b>31</b>	<b>35</b>

Nota. Fuente propia (2022)

En la tabla 12 se observa los parámetros técnicos, operativos y económicos que se evaluaron para llevar a cabo la selección del instrumento de presión cumpliendo con los criterios de diseño.

El instrumento con mayor puntaje será el seleccionada en base a la ponderación sumatoria de los criterios de diseño, el cual fue Transmisor de presión MBS 30000 Cotización COT46070 – VALVECO S.A.S (2022).

### 6.2.3. Instrumento De Nivel

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir "inteligencia" en la medida del nivel, y obtener exactitudes en la lectura altas, del orden del  $\pm 0,2\%$ , en el inventario de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso.

El transmisor de nivel "inteligente" hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en rotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos, que son dos mediciones claramente diferenciadas. (Creus Sole, 2010)

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, o bien la presión hidrostática, o bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, bien aprovechando características eléctricas del líquido o bien utilizando otros fenómenos.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal, nivel de flotador, magnético, palpador, servo operado y magnetoestrictivo.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática son:

- Medidor manométrico
- Medidor de burbujeo
- Medidor de presión diferencial de diafragma

El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento.

Los instrumentos que utilizan las características eléctricas del líquido son:

- Medidor resistivo/ conducción
- Medidor capacitivo
- Medidor ultrasónico
- Medidor de radar o microondas
- Medidor de radiación
- Medidor de laser

Y los que se basan en otros fenómenos:

- Medidor óptico
- Vibratorio
- Detector de nivel térmico o de dispersión térmica (Creus Sole, 2010)

En las tablas 13 ,14 y 15 se observan las diferentes fichas técnicas de los instrumentos de nivel evaluados, con el fin de seleccionar uno.

#### **Tabla 14**

*Ficha técnica de sensor de nivel eletrotec*

INSTRUMENTO DE NIVEL ELETTRITEC		
<b>Especificaciones</b>		
- Referencia : SLM1FA		
- Salida de señal: 4-20 mA		
- Voltaje: 8 - 30VDC		
- Material : aluminio, laton		
- Longitud del vastago: 1000mm		
- Conexión proceso: G1-1/4"		
- Rango de medicion: 300mm a 900mm		
- Temperatura de trabajo : -10°C a80°C		
- Rango de presión : 10 Bar		
- Proteccion electrica:IP65		
- Tiempo de entrega: 2 semanas		
- Garantía: 12meses		
- Vendedor: ELETTRITEC		
SLM1FA		
Cant.		Precio
1		\$ 936.790COP

Nota: Cotización atp430 - elettrotec (citado 2022)

### Tabla 15

*Ficha técnica de sensor de nivel eicos*

INSTRUMENTO DE NIVEL EICOS		
<b>Especificaciones</b>		
- Referencia : LE502-1-M12		
- Salida de señal: 0/24 VDC		
- Voltaje: 24VDC		
- Material : PPA - Poliftalamida		
- Longitud del vastago: 500mm		
- Conexión proceso:M12, CONECTOR M12		
- Rango de medicion: 0mm / 500mm		
- Temperatura de trabajo : -10°C a 90°C		
- Rango de presión : 2 Bar		
- Proteccion electrica:IP66		
- Tiempo de entrega: 1 semana		
- Garantía: 12 meses		
-Vendedor: EICOS		
LE502-1-M12		
Cant.		Precio
1		\$159Euros

Nota. *Datos tomados de Eicos(2022)*

### **Tabla 16**

Ficha técnica de sensor de nivel wika

INSTRUMENTO DE NIVEL WIKA		
<b>Especificaciones</b>		
- Referencia : FLM-CA		
- Salida de señal: 4-20 mA		
- Voltaje: 24VDC		
- Material : Inox 304		
- longitud del vástago: 1000mm		
- Conexión proceso: G1/2"		
- Rango de medición: 100mm a 1000mm		
- Temperatura de trabajo : -40°C a 250°C		
- Rango de presión : 40 Bar		
- Protección eléctrica: IP68		
- Tiempo de entrega: 1 semana		
- Garantía: 12 meses		
- Vendedor: WIKA		
FLM-CA		
Cant.		Precio
1		\$ 854.380COP

Nota. Datos tomados de Cotización 9034 – WIKA (citado 2022)

### **Criterios de selección**

#### **Señal de salida**

Se le asignara un valor de 5 a la salida de 4- 20mA

Se le asignara un valor de 2 a la salida de 0/24 VDC

#### **Material**

Se le asignara un valor de 5 al Inox 304

Se le asignara un valor de 3 aluminio, latón

Se le asignara un valor de 1 PPA - Poliftalamida

#### **Longitud del vástago**

Se le asignara un valor de 5 a la longitud del vástago de 1000mm

Se le asignara un valor de 3 a la longitud del vástago de 500mm

### **Conexión del proceso**

Se le asignara un valor de 5 a la conexión M12, CONECTOR M12

Se le asignara un valor de 3 a la conexión G1-1/4"

Se le asignara un valor de 1 a la conexión G1/2"

### **Rango de medición**

Se le asignara un valor de 5 al rango de 100-1000mm

Se le asignara un valor de 3 al rango de 300-900mm

Se le asignara un valor de 1 al rango de 0/500mm

### **Rango de temperatura**

Se le asignara un valor de 5 al rango -40°C a 250°C

Se le asignara un valor de 3 al rango -10°C a 90°C

Se le asignara un valor de 1 al rango -10°C a 80°C

### **Protección eléctrica**

Se le asignara un valor de 5 a la IP68

Se le asignara un valor de 3 a la IP66

Se le asignara un valor de 1 a la IP65

### **Tiempo de entrega**

Se le asignara un valor de 5 al tiempo de entrega de 1 semana

Se le asignara un valor de 1 al tiempo de entrega de 2 semanas

### **Garantía**

Se le asignara un valor de 5 a la garantía de 12 meses

### **Precio**

Se le asignara un valor de 5 al precio de 159 Euros

Se le asignara un valor de 3 al precio de 854.389 COP

Se le asignara un valor de 1 al precio de 936.790 COP

**Tabla 17**

*Matriz de selección de instrumento de nivel*

MATRIZ DE SELECCIÓN INSTRUMENTO DE NIVEL				
	CRITERIOS	SLM1FA - ELETTROTEC	LE502-1-M12 - EICOS	FLM-CA- WIKA
TECNICOS	Señal de salida	5	2	5
	Material	3	1	5
	Longitud del vástago	5	3	5
	Protección eléctrica	3	3	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>16</b>	<b>9</b>	<b>20</b>
OPERABILIDAD	Conexión del proceso	3	5	1
	Rango de medición	3	1	5
	Rango de temperatura	1	3	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
ECONOMICOS	Garantía	5	5	5
	Costo del equipo	1	5	3
	Tiempo de entrega	1	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
<b>TOTAL PUNTUACION</b>		<b>30</b>	<b>33</b>	<b>44</b>

*Nota. Fuente propia (2022)*

En la tabla 16 se observa los parámetros técnicos, operativos y económicos que se evaluaron para llevar a cabo la selección del instrumento de nivel cumpliendo con los criterios de diseño.



El instrumento con mayor puntaje será el seleccionada en base a la ponderación sumatoria de los criterios de diseño, el cual fue el FLM-CA-WIKA Cotización 9034 – WIKA (citado 2022).

#### **6.2.4. Mtu o Plc**

Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollen efectivamente todos los sistemas que la componen. Gracias a estas bondades los PLC se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo tecnológico de las industrias y todo el entorno social.

La operatividad del PLC está basada en procesos periódicos y de sucesión. A continuación, se explicará una secuencia de estos aparatos.

**Autodiagnóstico.** Es la revisión de todos los circuitos. En caso de presentarse un inconveniente, el dispositivo indica una señal.

**Lectura de entrada y grabación.** Evalúa cada entrada para diagnosticar si está en estado de prendido o apagado y graba estos procesos en la memoria, instaurando una imagen.

- Lectura y realización del programa: Utilizando la imagen que se encuentra en la memoria, el ordenador realiza el programa instruido por el usuario.
- Registro y actualización de salidas: En este paso se restaura de manera coetánea todas las salidas.

Algunas características de los PLC son controlan las entradas y salidas de manera segura, poseen una programación compatible con distintos lenguajes.

Interfaz amigable que facilita la comunicación con el usuario, conexión a sistemas de supervisión, ejecutan la programación de forma continuada, memorias divididas en dos partes. (Industria GSL , 2018)

En las tablas 17 ,18 y 19 se observan las diferentes fichas técnicas de los PLC junto con módulos, HMI y licencias que combinadas realizan la sinergia de llevar a cabo el correcto funcionamiento del proyecto.

### **Tabla 18**

*Ficha técnica de PLC siemens simatic S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0-*





PROGRAMADOR LOGICO CONTROLABLE SIEMES		
Especificaciones		
Referencia : SIMATIC S7-1200- 6ES7214-1HG40-0XB0		
- CPU compacta, DC/DC/relé, E/S integradas		
-Entradas digitales: 14 DI -24VDC		
-Entradas analogas: 2 AI -10VDC		
-Salida digital:10 DO -24 VDC		
-Salidas analogas: 0		
-Memoria 100KB		
-Lenguaje: KOP, FUP, SCL.		
-Fuente: 120-230 V AC (120-240 V DC) salida: 24 V DC/5 A		
SIEMENS REF. 6EP3333-7SB00-0AX0 DEP.		
-Modulo entradas analogas: 4 AI -10VDC,4-20mA		
-Modulo de salidas analogas: 4 AO -10VDC,4-20mA		
-HMI: KTP700 BASIC, MANDO POR		
TECLAS/TACTIL,PANTALLA TFT 7" , 65536 COLORS, INTERFAZ		
PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7		
SIEMENS REF. 6AV2123-2GB03-0AX0		
-Licencia: SIMATIC STEP 7 Basic V16; Licencia flotante; Software de ingeniería en TIA Portal; SW y docu. en DVD; Clave de licencia en unidad flash USB; Clase A		
-Tiempo de entrega: 6 semanas		
- Garantia: 1 año		
-Vendedor: AUTOMATIZACION S.A.		
PLC		
Cant.	Nombre	Precio
1	S7-1200- 6ES7214-1HG40-0XB0	\$10,746,000

*Nota. Datos tomados de Cotización 23000122-537 – automatización s.a (2022)*

### **Criterios de selección**

#### **Entradas digitales**

Se asigna un puntaje de 5 al contener 14 DI

#### **Salidas digitales**

Se asigna un puntaje de 5 al contener 10 DO

#### **Entradas análogas**

Se asigna un puntaje de 5 al contener 2 AI

**Salidas análogas**

Se asigna 0 si no hay salidas análogas

**Salidas entradas por modulo**

se asigna el puntaje 5 al PLC con módulos de 4 entradas y 4 salidas

**Tipos de lenguajes de programación**

se asigna un valor de 5 al PLC con los lenguajes IL, ST, FBD, SFC, LD.

se asigna un valor de 4 al PLC con los lenguajes KOP, FUP, SCL.

**Fuente alimentación**

Se asigna un valor de 5 al PLC con fuente de alimentación incluida

Se asigna un valor de 0 al PLC sin fuente de alimentación

**Tipo de HMI**

Se asigna un valor 5 a la HMI de 7" touch panel compatible con el PLC

**Licencia de software**

Se asigna un valor de 5 a la licencia de software compatible para el PLC

**Tiempo de entrega**

Se asigna valor de 5 a la entrega en 5 semanas.

Se asigna valor de 3 a la entrega en 6 semanas.

Se asigna valor de 1 a la entrega en 8 semanas.

**Garantía**

Se asigna valor de 5 a la garantía de 12 meses

**Precio**

Se asigna valor de 5 al precio de \$10.746.000 COP

Se asigna valor de 3 al precio de \$12.813.920 COP

Se asigna valor de 1 al precio de \$ 14.014.879 COP

**Tabla 21***Tabla matriz de selección de Plc*

MATRIZ DE SELECCIÓN PLC				
	CRITERIOS	SIMATIC S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0-	TM241CE24T - M241 24 IO transistor	SIMATIC S7-1200-6ES7214-1HG40-0XB0-
TECNICOS	Entradas digitales	5	5	5
	Salidas digitales	5	5	5
	Entradas analogas	5	5	5
	Salidas analogas	5	0	5
	Salidas entradas por modulo	5	5	5
	Fuente de alimentacion	5	0	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
OPERABILIDAD	Lenguajes de programacion	4	5	4
	HMI	5	5	5
	Licencia	5	5	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>14</b>
ECONOMICOS	Tiempo de entrega	5	1	3
	Garantia	5	5	5
	Precio	3	1	5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>13</b>
<b>TOTAL PUNTUACION</b>		<b>57</b>	<b>42</b>	<b>57</b>

*Nota. Fuente propia (2022)*

En la tabla 20 se observa los parámetros técnicos, operativos y económicos que se evaluaron para llevar a cabo la selección del PLC cumpliendo con los criterios de diseño.

En este caso al tener dos referencias del mismo fabricante y evaluando que parámetros técnicos y de operatividad son los mismos se evidencia un empate entre las dos referencias por consiguiente se opta por el PLC siemens simatic S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0- analizando que su costo es menor.

## **7. Diseñar El Control De Eventos, Comunicación De La Automatización De La Autoclave De 300 Litros Para El Proceso De Esterilización Y Secado De Instrumental Médico.**

### **7.1. Protocolo De Comunicación**

“En la comunicación entre instrumentos y PLC se establece el uso del protocolo HART en especial en la adquisición de señales analógicas tanto de entrada como de salida. “El protocolo de comunicación HART es reconocido mundialmente como un estándar de la industria para la comunicación de instrumentos de campo inteligentes con microprocesador de 4-20 mA. El uso de esta tecnología está creciendo rápidamente y, en la actualidad, prácticamente todos los fabricantes de instrumentación más importantes del mundo ofrecen productos con comunicación HART.

El protocolo HART permite superponer la señal de comunicación digital a las señales analógicas 4-20mA, sin interferencias, en un mismo cableado. HART brinda algunos de los beneficios señalados por el bus de campo, al mismo tiempo que mantiene la compatibilidad con la instrumentación analógica y aprovecha el conocimiento ya dominado en los sistemas de 4-20 mA existentes.

#### **Comunicación Analógica + Digital.**

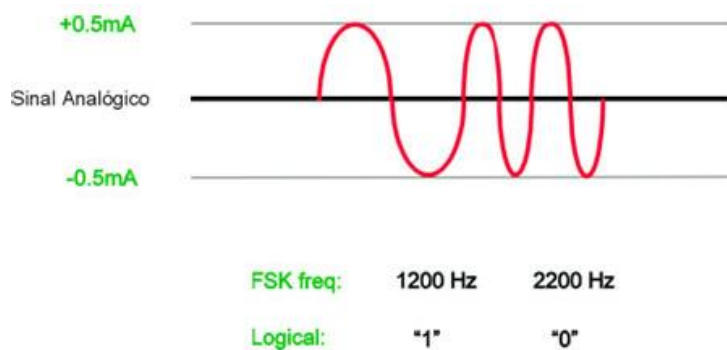
Desde hace varios años, la comunicación de campo estándar utilizada por los equipos de control de procesos ha sido la señal de corriente analógica, el miliamperio (mA). En la mayoría



de las aplicaciones, esta señal de corriente varía dentro del rango de 4 a 20 mA en proporción a la variable de proceso representada. Prácticamente todos los sistemas de control de procesos de la planta utilizan este estándar internacional para transmitir información variable del proceso.

**Figura 11**

*HART utiliza tecnología FSK para codificar información digital comunicación sobre señal de corriente 4 a 20 mA*



*Nota:* <sup>49</sup>

El protocolo de comunicación de campo HART amplía el estándar de 4-20 mA al permitir también la medición de procesos de forma más inteligente que la instrumentación de control analógico, lo que supone un avance en la evolución del control de procesos. El protocolo HART promueve una innovación significativa en la instrumentación de procesos. Las características de los instrumentos se pueden ver a través de la comunicación digital que se reflejan en el nombre del protocolo, HART, que significa "Highway Addressable Remote Transducer".

El protocolo HART permite la comunicación digital bidireccional en instrumentos de campo inteligentes sin interferir con la señal analógica de 4-20 mA. Tanto la señal analógica de 4-20 mA como la señal de comunicación digital HART pueden transmitirse simultáneamente en el mismo cableado. La información de la señal de control y la variable principal se puede

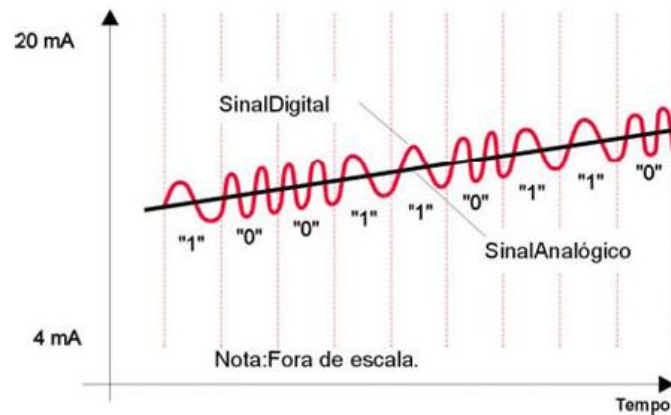
transmitir a través de 4-20 mA si se desea, mientras que las mediciones adicionales, los parámetros del proceso, la configuración del instrumento, la calibración y la información de diagnóstico están disponibles en el mismo cableado al mismo tiempo. A diferencia de otras tecnologías de comunicación digital "abiertas" para la instrumentación de procesos, HART es compatible con los sistemas existentes.

### **La tecnología HART**

El protocolo HART utiliza el estándar Bell 202 de conmutación por cambio de frecuencia (FSK) para superponer señales de comunicación digital de más de 4-20 mA. Como la señal digital FSK es simétrica con respecto a cero, no hay un nivel de CC asociado a la señal y, por lo tanto, no interfiere con la señal de 4-20 mA. El "1" lógico está representado por una frecuencia de 1200 Hz y el "0" lógico está representado por una frecuencia de 2200 Hz, como se muestra en las figuras 11 y 12. La señal HART FSK permite la comunicación digital bidireccional, lo que hace que la transmisión y recepción de es posible obtener información adicional más allá de la variable de proceso normal en los instrumentos de campo inteligentes. El protocolo HART se propaga a una velocidad de 1200 bits por segundo, sin interrumpir la señal de 4-20 mA, y permite una aplicación "maestra", lo que permite dos o más actualizaciones por segundo desde un solo instrumento de campo.

**Figura 12**

*HART superpone la señal de comunicación digital en el corriente 4 a 20 mA*



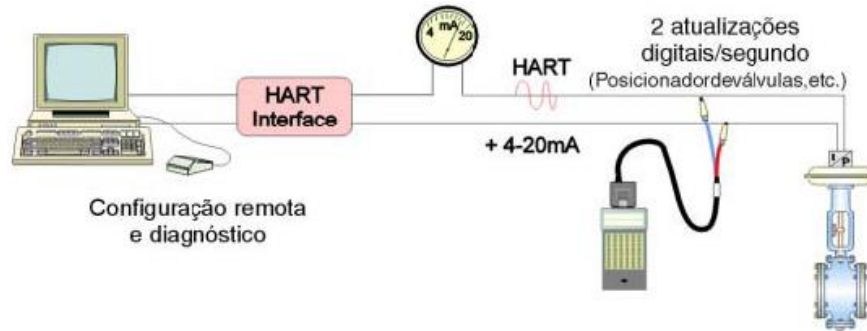
*Nota. Datos tomados de Smar (citado 2022)*

### **Flexibilidad de aplicación**

HART es un protocolo maestro/esclavo, lo que significa que un instrumento de campo (esclavo) solo “responde” cuando un maestro lo “pregunta”. Dos maestros (primario y secundario) pueden comunicarse con un instrumento esclavo en una red HART. Los maestros secundarios, como los terminales de configuración portátiles, se pueden conectar normalmente en cualquier lugar de la red y comunicarse con los instrumentos de campo sin interrumpir la comunicación con el maestro principal. El maestro principal suele ser un DCS (Sistema de control digital distribuido), un PLC (Controlador lógico programable), un control central basado en computadora o un sistema de monitoreo. En la Figura 13 se muestra una instalación típica con dos maestros.” (smart, 2017)

**Figura 13**

*El protocolo HART permite que dos dispositivos Master accedan información del mismo equipo de campo (esclavo)*



*Nota. Datos tomados de Smar (citado 2022)*

## 7.2. Diseño De Scada

### 7.2.1. Narrativa del proceso- ingeniería conceptual del proceso

Condiciones iniciales del proceso:

- La autoclave de estar energizado (evento discreto), cargado con la carga a esterilizar y la puerta cerrada (evento discreto).
- Antes de iniciar cualquier actividad verificar el funcionamiento de los instrumentos.  
Actuadores.
- Se procederá hacer un TEST Bowie & Dick (evento discreto) (se realizará una sola vez después de cada encendido del equipo).
- Culminado es test anterior se podrá seleccionar el tipo de esterilización y proceder a esterilizar la carga.

- Culminado la esterilización se procede a abrir la puerta (evento discreto) y realizar el secado.

### **7.2.2. Narrativa del proceso**

el proceso consiste en que se debe generar vapor húmedo a ciertas condiciones de temperatura y presión durante cierto tiempo en un recipiente sellado llamado cámara interna de la autoclave, para poder esterilizar los diferentes materiales, que se podrán utilizar en la institución prestadora de salud.

Para llevar a cabo este proceso se requiere que el equipo este encendido el cual tendrá un indicador visual el cual me indica si esta encendido o pagado (ON /OFF), consecutivamente el equipo de estar cargado con la carga a esterilizar y la puerta cerrada, indicador visual llamado (PUERTA) indica si está abierta o cerrada la puerta, después de que el quipo este encendido y con la puerta cerrada, procederá a verificar los instrumentos, actuadores elementos de control de todo el equipo.

Verificado la funcionalidad del equipo se procede a realizar un TEST Bowie & Dick

Que se realiza siempre que el equipo se encienda por primera vez, antes de iniciar el test se debe colocar dentro de la cámara interna los reactivos de esterilización los cuales me indican si el equipo cumple con los estándares de esterilización, el test iniciara encendiendo la bomba (LLENADO) (evento discreto) llenando de agua el calderin que es recipiente donde se almacena el agua para generar vapor, una vez recibida la señal del que el calderin esté lleno (evento

discreto) se apagan la bomba (LLENADO) se iniciara el encendido de las resistencias eléctricas (R1)(R2)(R3) (eventos continuos), empezando a calentar el agua generando así vapor, este vapor generado llegara a la precámara o chaqueta hasta alcanzar una presión de 25 PSI, una vez alcanzada esta presión se abrirá una electroválvula (evento discreto), permitiendo el paso del vapor a la cámara interna del autoclave una vez la temperatura alcance el valor de 134°C se realiza el primer vacío activando la bomba (vacío) (evento discreto) durante 8 segundos y se desactiva la bomba (VACIO), este proceso se realiza 3 veces más para eliminar el aire de la cámara interna dejando solo vapor húmedo, una vez la temperatura alcance los 134°C y los 2,2 bar de presión comienza a contar el tiempo de la prueba que para esta prueba es de 15 minutos, finalizado el tiempo de la prueba se activa la bomba (VACIO), se despresuriza la cámara interna, y deberán estar apagadas las resistencias y bombas del equipo, se procede a medio abrir la puerta del equipo y se enciende la bomba (Vacío) por 10 minutos iniciando el secado de la prueba. Finalizado el tiempo se apaga la bomba (VACIO) y se saca la prueba del equipo, si el indicador se encuentra de color negro comprueba que el equipo está cumpliendo con los estándares de esterilización, de lo contrario demuestra que el equipo si muestra un color negro marrón quiere decir que puede tender a no cumplir con las condiciones de esterilización pero es aceptable y si la prueba tiene colores amarillos el equipo requiere una intervención técnica ya que no cumple con las condiciones de esterilización.

Realizado y aprobado el test de Bowie & Dick se procede a cargar la autoclave con el material a esterilizar, se cierra la puerta, verifica en pantalla que el led este en verde de la puerta, se procede a seleccionar el tipo de esterilización (ropa, líquidos, instrumental) por defecto trae tiempo presión y temperatura se procede a aceptar los parámetros de la esterilización y se presiona iniciar ciclo, iniciar el proceso verificando que el calderín tenga agua si no es así, iniciara

encendiendo la bomba (LLENADO) (evento discreto) llenando de agua el calderin que es recipiente donde se almacena el agua para generar vapor, una vez recibida la señal de que el calderin está lleno (evento discreto) se apagan la bomba (LLENADO) se iniciara el encendido de las resistencias eléctricas (R1)(R2)(R3)(eventos continuos), empezando a calentar agua generando así vapor, este vapor generado llegara a la precamara o chaqueta hasta alcanzar un presión de 25 PSI, una vez alcanzada esta presión se abrirá una electroválvula (evento discreto), permitiendo el paso del vapor a la cámara interna del autoclave una vez la temperatura alcance el valor de 134°C se realiza el primer vacío activando la bomba (vacío)(evento discreto) durante 8 segundos y se desactiva la bomba (VACIO), este proceso se realiza 3 veces más para eliminar el aire de la cámara interna dejando solo vapor húmedo, una vez la temperatura alcance los 134°C y los 2,2 bar de presión comienza a contar el tiempo de la esterilización, determinado por el tipo de ciclo seleccionado, finalizado el tiempo de esterilización se activa la bomba (VACIO), se despresuriza la cámara interna y deberá apagarse las resistencias eléctricas y bomba (VACIO)(LLENADO), se procede a medio abrir la puerta del equipo y se enciende la bomba (Vacío) por 10 minutos iniciando el secado de la esterilización. Finalizado el tiempo se apaga la bomba (VACIO) y se saca el material esterilizado.

### ***7.2.3. Macro procesó o micro procesó***

Micro proceso, el cual contendrá un SCADA único.

### ***7.2.4. ¿EL proceso históricamente cambia o se reformula cada cuánto?***

En este caso particular al ser un equipo médico el cual es compacto y cumple una función determinada por la tanto no tendría evolución.

### 7.2.5. *Magnitudes controladas*

**Tabla 22**

*Magnitudes controladas*

Nombre de la magnitud	Temperatura	Presión
Unidad	°C	Bar
Rango de trabajo	0-134 °C	0-2.4 Bar

*Nota. Fuente propia*

En la tabla 21 se evidencia las magnitudes controladas se encuentran en la cámara interna de la autoclave.

### 7.2.6. *Magnitudes manipuladas*

**Tabla 23**

*Magnitudes manipuladas*

Nombre de la magnitud	Calor(Resistencia eléctrica)
Unidad	Miliamperios
Rango de trabajo	4-20mA

*Nota. Fuente propia*

En la tabla 22 muestra la magnitud manipulada calor es la variable del proceso inicial.



### 7.2.7. *Magnitudes a supervisar*

**Tabla 24**

*Magnitudes a supervisar*

<b>Nombre de la magnitud</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango de trabajo</b>
Presión	Bar	0 – 2,2 Bar
Temperatura	°C	0 – 134 °C
Nivel	Centímetros	0 - 70 cm
Resistencia eléctrica	Watts	0-4000W
Tiempo esterilización	minutos	0-30min

*Nota. Fuente propia*

En la tabla 23 se observa las variables de presión, temperatura y nivel se mantendrán supervisadas con sensorica e indicadores visuales, la resistencia eléctrica y los tiempos de esterilización se supervisan con fines de mantenimiento y uso del equipo.

### 7.2.8. *Codificación a usar para las magnitudes y elementos en scada –HMI*

Para la codificación del proceso se aplicaría normativa ANSI ISA 5.1, ANSI ISA 5.2, representando las magnitudes en el sistema internacional de medidas.

### **7.2.9. Defina la guía de estilo –uso del color**

Se basará en la normativa colombiana NTC-3458, NTC-1161, NTC 2765 para el diseño del scada. En la documentación se vinculará los sinópticos, mecanismos de visualización, diagramas y gráficas. Implementación de una MTU y una HMI para llevar a cabo el proceso.

### **7.2.10. Pasos para definir guía estilo**

- Para establecer las condiciones del personal operativo se le realizara varios test como por ejemplo detección de daltonismo detección de dislexia.
- Se establecen los métodos de interacción, como lo es HMI aptica, ubicación de la MTU, seguido se establece los protocolos de comunicación, para el caso de la comunicación se opta por el protocolo hart, en la comunicación entre el PLC.
- Se establece los tipos de usuario (servicio, operario).
- Seguido a este se perfilan los roles para los diferentes usuarios usuario (servicio, operario).

### **7.2.11. Roles de usuario**

La diferencia entre el rol de servicio y de operario es que el rol de servicio podrá modificar los ajustes de fábrica o determinados del equipo, el rol operario tiene acceso a todas las funciones del equipo.

### **7.2.12. Categorización de industria**

El proyecto fue categorizado dentro de la industria 3.0 por las siguientes razones:

- Se usa sensorica y actuadores apropiados para que el proceso sea llevado a cabo sin la intervención de personal.
- Se requiere medir con precisión variables como presión y temperatura indispensables en el proceso.
- El proceso es automatizado para cumplir la función específica.

### **7.2.13. Norma del scada**

**Ansi/Isa-101.01-2015.** Interfaces Humano-Máquina para Sistemas de Automatización de Procesos. Habla de los estilos de pantallas, los contrastes de colores, navegaciones pantallas, tendencias, pantallas de proceso. Así también la interacción con el operador con HMI.

**Ansi / Isa-18.2-2016.** Gestión de sistemas de alarma para las industrias de procesos. Hace referencia al modo de diseño de los paneles de alarmas en las pantallas HMI, así como colores (combinaciones de colores que tenga suficiente contraste) y simbologías de alarmas de tal forma que sea notable para el operador cuando se presenten algún disturbio en el proceso.

**Iso 11064-5.** Ergonomía de la interacción humano-sistema. Menciona desde los principios de diseños de salas de control, diseños y dimensiones de las estaciones de trabajo, pantallas, control y requisitos ambientales.

### **7.2.14. Listado de características técnicas de la MTU**

El listado de las prestaciones o características a tener en cuenta para realizar la matriz de selección de la MTU y RTU:

**Entradas.** debe tener 4 entradas digitales y 3 entradas análogas.

**Salidas.** debe tener 10 salidas digitales y 2 salidas análogas, soporte de conexión con pantalla HMI.

#### ***7.2.15. Protocolos de comunicación***

En la categorización del proyecto dentro de la industria, el protocolo de comunicación seleccionado es el HART por las siguientes razones:

- El proceso como tal no usa un máximo de 15 componentes (sensores o actuadores).
- La distancia no supera más de 100 metros entre el maestro y los esclavos, por lo cual no se tendrá inconveniente de pérdida de comunicación.
- La resistencia térmica es controlada mediante una señal de 4 a 20mA, que se encuentra superpuesta a la alimentación del equipo 24VDC.
- Para el proceso de comunicación entre el PLC y la pantalla HMI se usará el protocolo de comunicación Ethernet.

#### ***7.2.16. Prestaciones técnicas de la MTU***

##### ***Tabla 25***

*MTU seleccionada*

PROGRAMADOR LOGICO CONTROLABLE SIEMES		
Especificaciones		- Referencia
: SIMATIC S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0		
- CPU compacta, DC/DC/relé, E/S integradas		
-Entradas digitales: 14 DI -24VDC		
-Entradas analogas: 2 AI -10VDC		
-Salida digital:10 DO -24 VDC		
-Salidas analogas: 0		
-Memoria 100KB		
-lenguajes: KOP, FUP, SCL		
-Fuente: 120-230 V AC (120-240 V DC) salida: 24 V DC/5 A SIEMENS REF. 6EP3333-7SB00-0AX0 DEP.		
-Modulo entradas analogas: 4 AI -10VDC,4-20mA		
-Modulo de salidas analogas: 4 AO -10VDC,4-20mA		
-HMI: KTP700 BASIC, MANDO POR TECLAS/TACTIL,PANTALLA TFT 7" , 65536 COLORS, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7 SIEMENS REF. 6AV2123-2GB03-0AX0		
-Licencia: SIMATIC STEP 7 Basic V17, software de ingeniería en el TIA Portal; software, documentación y clave de licencia para descargar; clase A; para configurar SIMATIC S7-1200, SIMATIC.		
-Tiempo de entrega: 5 semanas		
- Garantia: 1 año		
-Vendedor: CARLOSTRIANA&CIALTDA		
PLC		
Cant.	Nombre	Precio
1	S7-1200-6ES7214-1AG40-0XB0	\$12,813,920

### 7.2.17. Prestaciones del scada

Magnitud de control

En pantalla se deberá mostrar el valor numérico de la temperatura y paralelamente se visualizará una slider, se tiene grafica de tendencias del proceso.

Magnitud a supervisar

En la visualización de estas variables se visualizará indicadores discretos los cuales indican en color verde activo en color rojo desactivado, las variables de control también supervisadas mantendrán los parámetros ya definidos.

### 7.2.18. Alarmas

En la tabla 25 se detalla los tipos de alarmas y su representación

**Tabla 26**

*Alarmas del equipo*

	<b>RANGO</b>	<b>ESTADO DEL PROCESO</b>	<b>TIPO DE ALARMA</b>	<b>REPRESENTACION DE LA ALARMA</b>
cámara interna	> 143°C	Critica temperatura	alarma de riesgo	visual + sonora
Cámara interna	136°C a 142°C	Alta temperatura	pre- alarma	visual
	<b>RANGO</b>	<b>ESTADO DEL PROCESO</b>	<b>TIPO DE ALARMA</b>	<b>REPRESENTACION DE LA ALARMA</b>
Cámara interna	<119°C	Baja temperatura	pre- alarma	visual

Cámara interna	>2.8 Bar	Critica presión	alarma de riesgo	visual + sonora
Cámara interna	2.3 - 2.7 Bar	Alta Presión	pre- alarma	visual
Precamara o chaqueta	25PSI	Apertura cámara	alarma Indicadora	visual
Calderin	>56cm	Critico alto nivel	alarma de riesgo	visual + sonora
Calderin	50 - 55cm	Alto nivel	pre- alarma	visual
Calderin	15 - 20cm	Bajo nivel	pre- alarma	visual
Calderin	>14cm	Critico bajo nivel	alarma de riesgo	visual + sonora
Calderin	>22mA	Alto consumo	alarma de riesgo	visual + sonora
Calderin	<2mA	Bajo consumo	alarma de riesgo	visual + sonora
	<b>RANGO</b>	<b>ESTADO DEL PROCESO</b>	<b>TIPO DE ALARMA</b>	<b>REPRESENTACION DE LA ALARMA</b>
Puerta	0	Apertura puerta	alarma Indicadora	visual + sonora

Puerta	1	Cerrada puerta	alarma Indicadora	visual
Bomba vacío	0	Apagada	alarma Indicadora	visual
Bomba vacío	1	Encendida	alarma Indicadora	visual
Bomba llenado	0	Apagada	alarma Indicadora	visual
Bomba llenado	1	Encendida	alarma Indicadora	Visual

*Nota. Fuente propia*

### **7.2.19. Recetas**

El equipo siempre arrancara con las condiciones predeterminadas que consta que siempre inicie el equipo por primera vez deje realizarse el TEST Bowie & Dick para comprobar las condiciones de calidad de la esterilización.

Otras de las recetas son los tiempos temperaturas y presiones para cada tipo de ciclo de esterilización los cuales están determinados de fábrica.

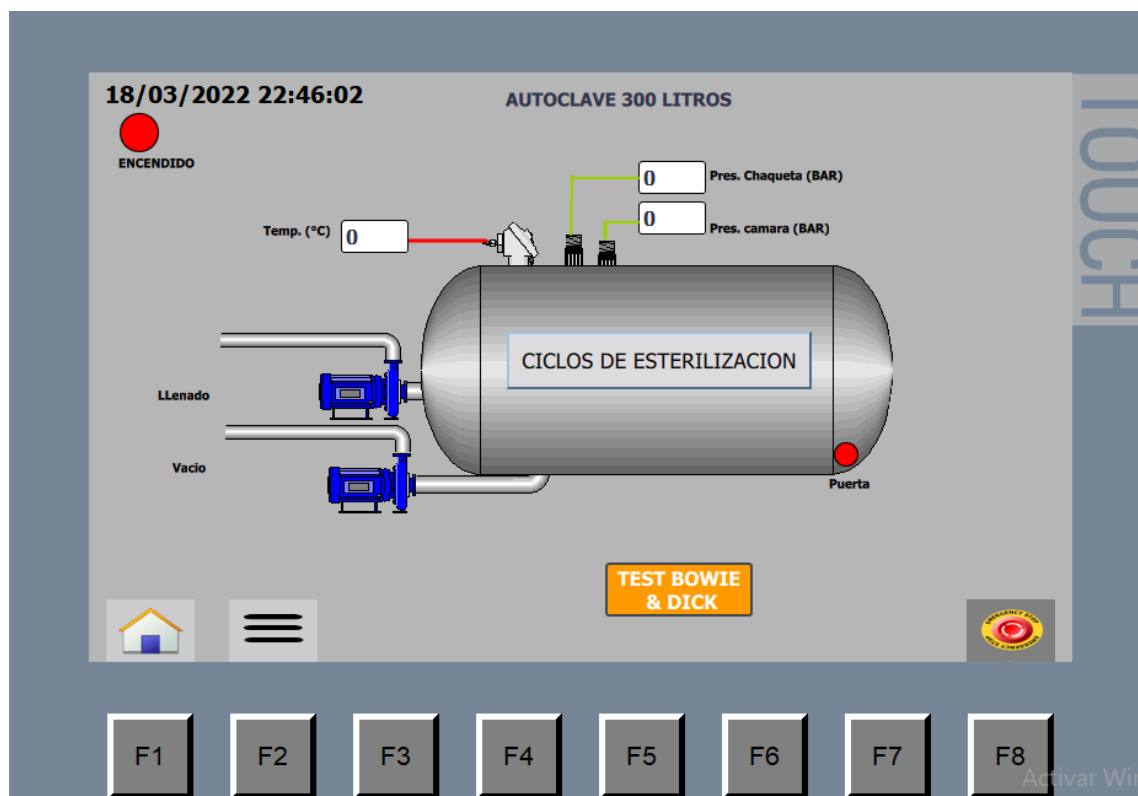
En la figura 14 se evidencia el diseño del menú entrada al encender la autoclave, en los botones de acceso rápido (F1-F8) se encuentra F1 acceso al menú de entrada, en F2 menú para



configuraciones y F8 paro de emergencia. En pantalla se aprecia un botón led el cual indica en color verde si esta encendido el autoclave o en color rojo si está apagado, otro botón led indica en color verde si puerta está cerrada y en color rojo indica si la puerta está abierta, para poder iniciar cualquier acción el equipo deberá estar encendido y con la puerta cerrada, dicho de otra manera los botones de encendido y puerta deben estar en verde de lo contrario emitirá un mensaje en pantalla, cumplido este test, se deberá realizar un test de Bowie & Dick en el cual se comprobará el correcto funcionamiento del equipo en la esterilización, finalizado este test podrá seleccionar el tipo de ciclo de esterilización que requiere.

**Figura 14**

*SCADA principal del proceso*



*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

**Figura 15**

*Selección de los ciclos de esterilización*



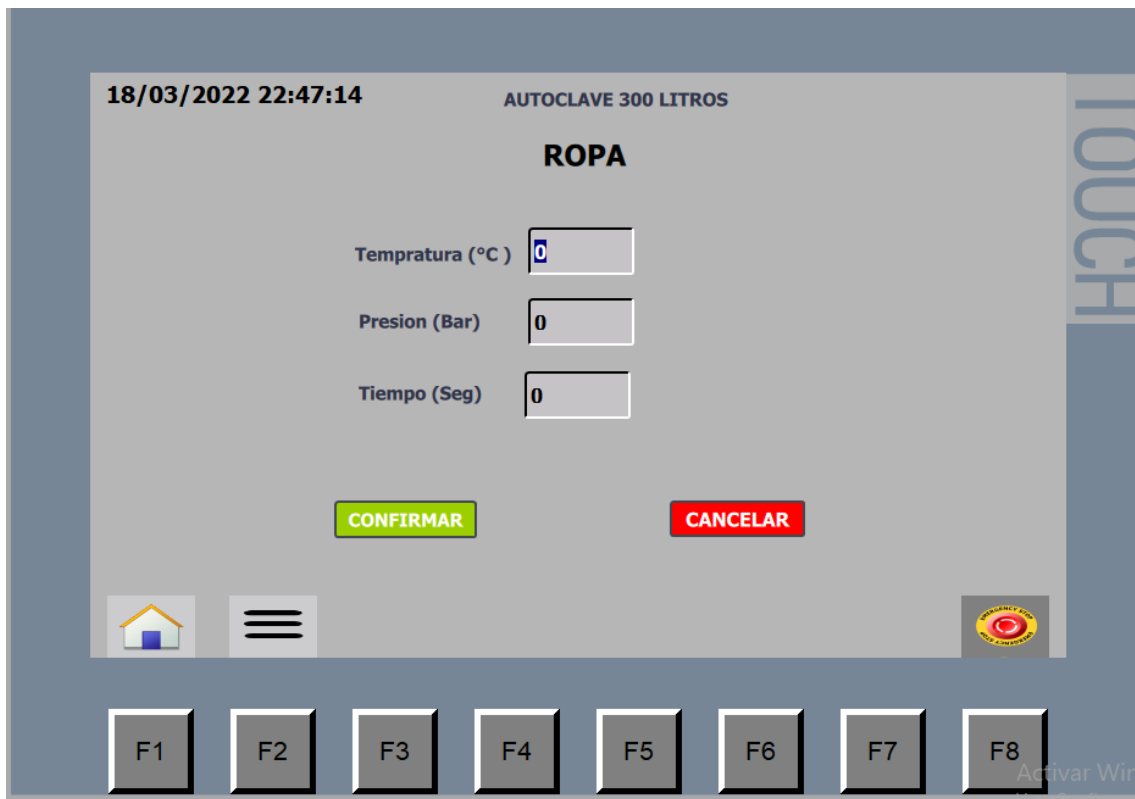
*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

En la figura 15 se evidencia una vez seleccionado el ciclo de esterilización, los tipos de ciclos a seleccionar.

En la figura 16 se visualiza los parámetros definidos de temperatura presión y tiempo en este caso para el ciclo de esterilización de ropa.

**Figura 16**

*Parámetros técnicos ciclo de esterilización de ropa*

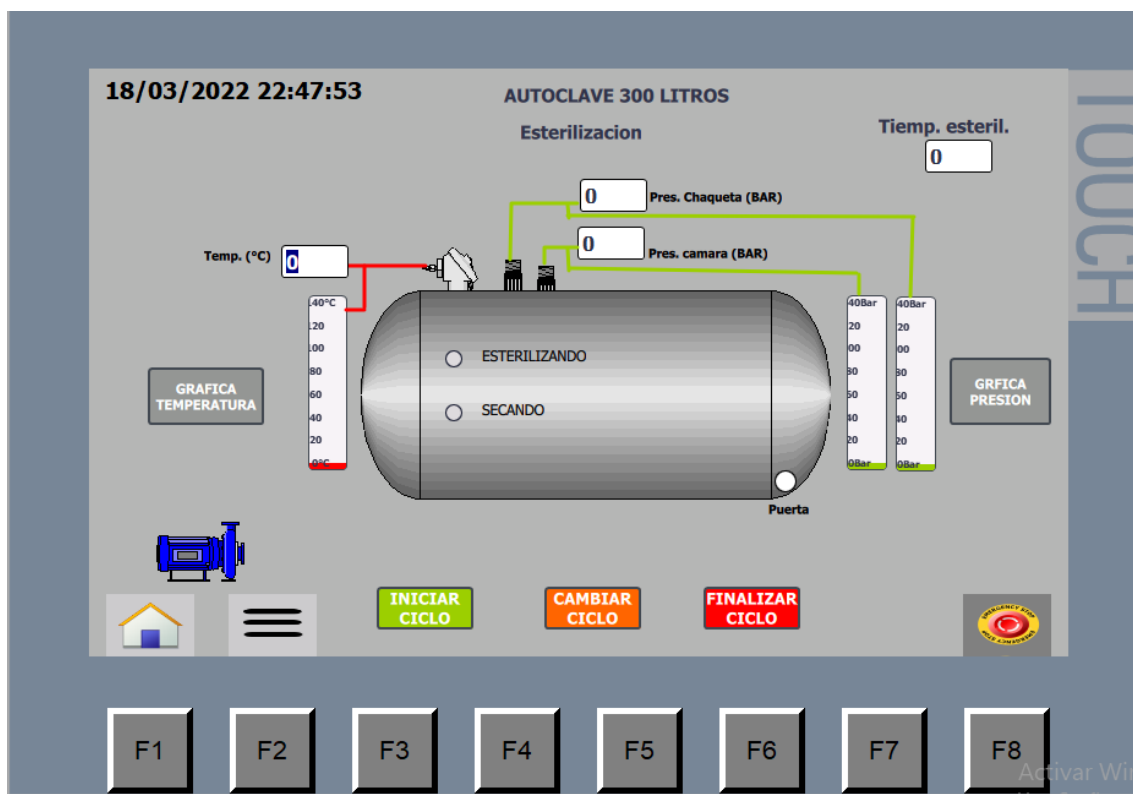


*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

Una vez confirmado el ciclo de esterilización, se avanzará al panel de visualización el cual se evidencia en la figura 17, en donde se monitorea el valor de las variables de presión y temperatura, al mismo tiempo se aprecia el tiempo de la esterilización, consta de indicadores led que establecen en que proceso se encuentra el equipo, para obtener información de las gráficas de presión o temperatura es accionar el botón de grafica temperatura o grafica presión y obtendrá la curva detalla del proceso, como se puede evidenciar en la figura 18, la cual muestra en tiempo real la curva de proceso y además de eso me permite guardar o imprimir los datos existentes, con el botón ayuda obtiene información acerca de las funciones que puede realizar en este panel y como botón final se encuentra el retorno al panel de visualización.

**Figura 17**

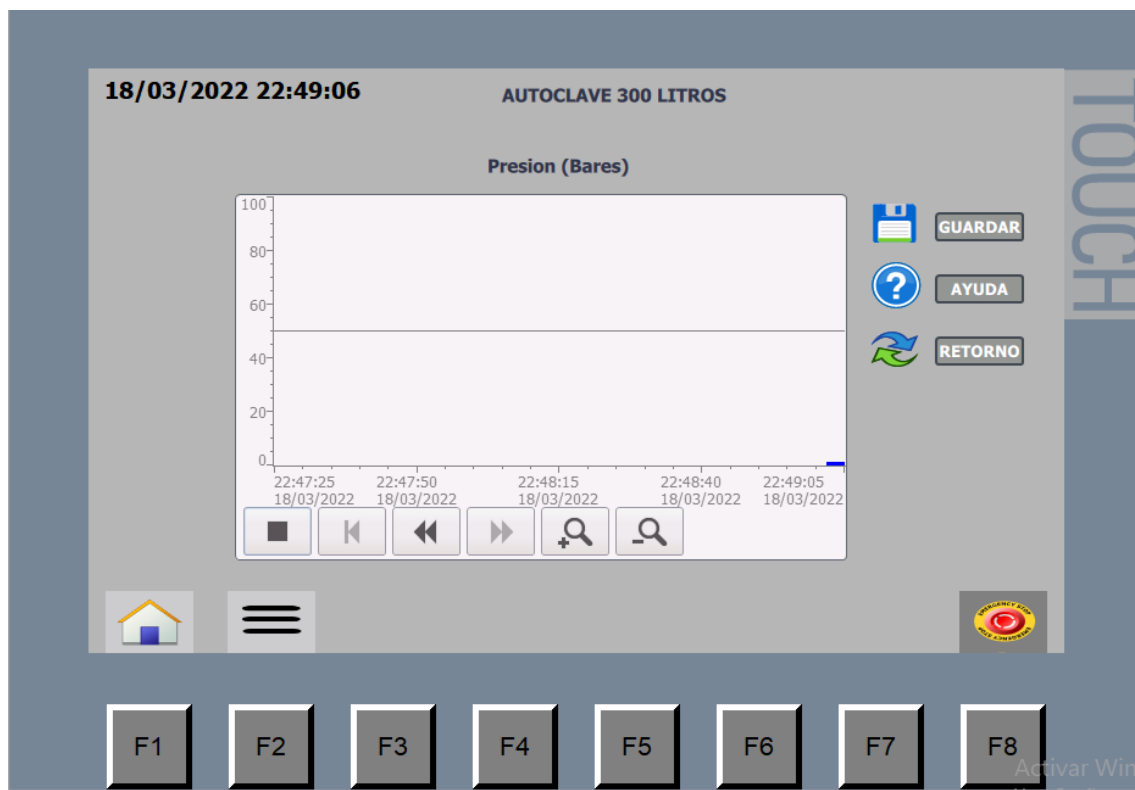
*Panel de visualización estados de esterilización y secado*



*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

**Figura 18**

*Gráfico de presión de la esterilización.*

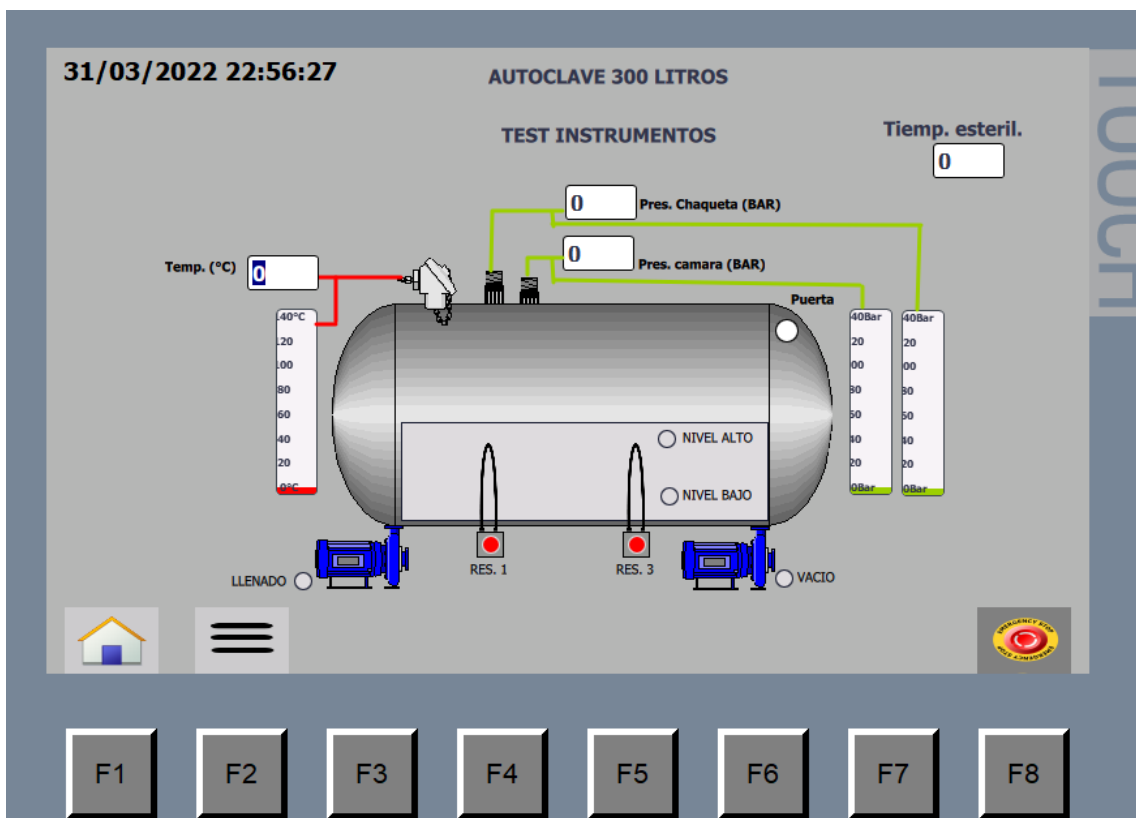


*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

la tabla 26 visualiza el test de instrumentos del equipo para las diferentes magnitudes en se encuentran en el proceso.

## **Tabla 27**

*Test instrumentos*



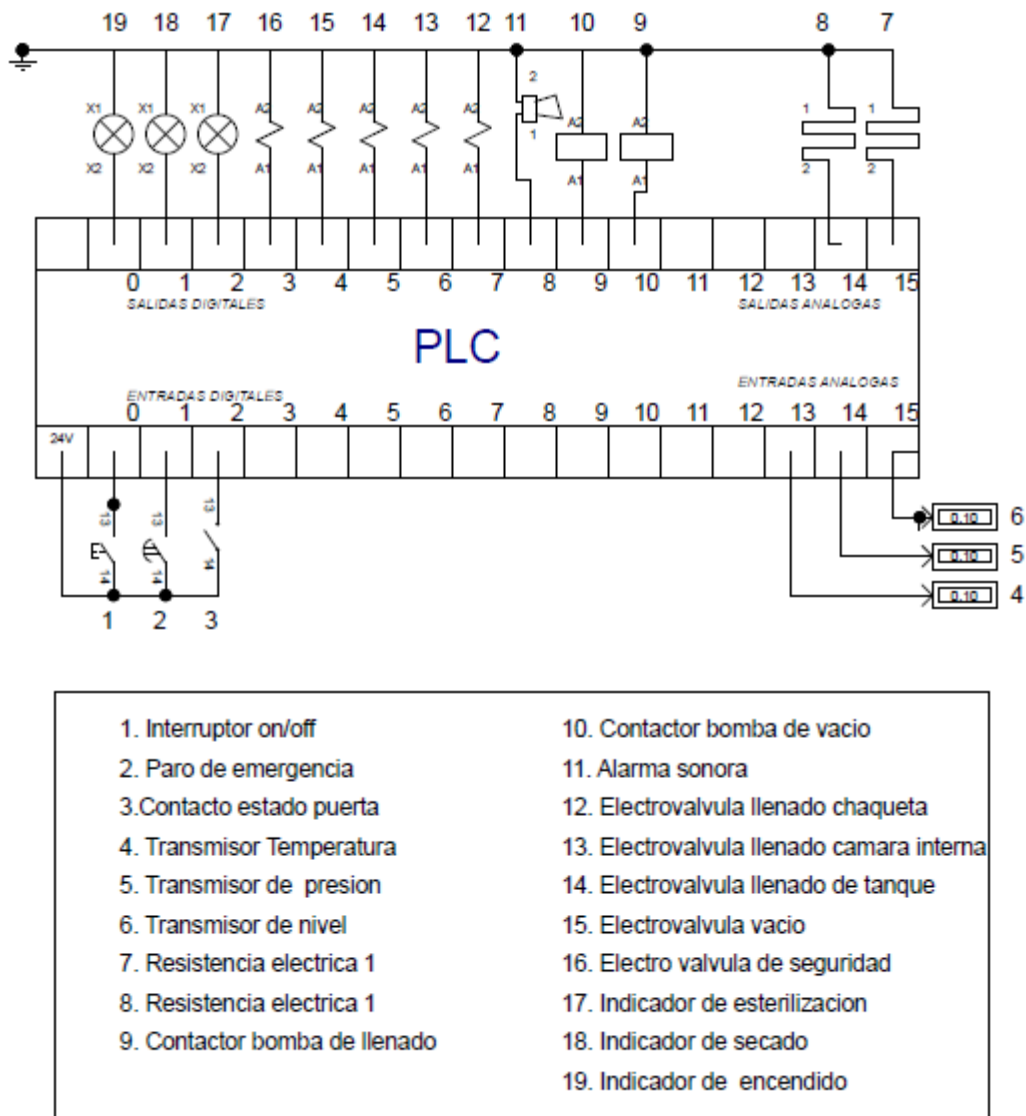
*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

### 7.3. Diagrama Control De Eventos Plc

En la figura 19 se puede evidenciar el esquema de conexiones del PLC con la diferentes entradas digitales, análogas y salidas digitales, análogas.

#### **Figura 19**

*Diagrama conexiones PLC*



*Nota. Fuente propia Simulación HMI 7" tia portal V13 (2022)*

## 7.4. Análisis Costo Beneficio Proyecto

### 7.4.1. Costo De La Propuesta

Con la implementación de este proyecto, se obtendrá en primer lugar un beneficio económico, como lo es no realizar una inversión costosa de comprar un nuevo equipo, en vez de

esta gran inversión se podrá destinar un porcentaje de esa cantidad prevista a invertir, en la repotenciación de la autoclave aprovechando el buen estado físico del equipo que prolongara la vida útil del equipo, automatizando toda la parte de control, electrónica y eléctrica del equipo, mejorando la calidad de los ciclos de esterilización y secado, que a la vez por esta automatizado será un proceso automático confiable y seguro, otra valor agregado es la disminución de los tiempos de trabajo por reprocesos y paralelamente los costos de mantenimiento.

**Tabla 28**

*Costo en pesos colombianos para el diseño e implementación de la autoclave de 300 Litros*

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	TIEMPO	SUBTOTAL
<b>INSTRUMENTACION</b>				
1	Tablero electrico	1	2 semanas	\$ 2.700.000
2	Instrumento Temperatura	1	5 dias	\$ 502.000
3	Instrumento de presion	1	1 dia	\$ 980.917
4	Instrumento de nivel	1	1 semana	\$ 854.380
5	PLC(MTU, licencia, HMI,fuente voltage, modulos analogicos)	1	5 semanas	\$ 12.813.920
6	Instalacion y adecuacion de instrumentos	1	1 semana	\$ 700.000
7	Accesorios(cableado,tonilleria, empaques,protecciones, etc)	gbl	1 dia	\$ 400.000
8	Tuberia o mangeras	gbl	1 semana	\$ 800.000
<b>SERVICIO TECNICO</b>				
9	Diseño de proyecto, capacitacion de uso	1	3 meses	\$ 6.700.000
10	Personal de trabajo( tecnico instrumentador, tecnico mecanico, auxiliar)	3	3 semanas	\$ 4.200.000
11	Consumibles(fusibles,borneras, aislantes, soldadura,discos. )	gbl	3 dias	\$ 700.000
12	mantenimiento bombas	gbl	3 dias	\$ 400.000
13	mantenimiento resistencias	gbl	2 dias	\$ 200.000
<b>IMPREVISTOS</b>				
14	7% valor final			\$ 2.236.585
<b>Total</b>				<b>\$ 34.187.802</b>

*Nota. Fuente propia*



#### 7.4.2. Beneficio De La Propuesta

Para obtener una proyección de la ganancia que generara la implementación de este diseño de autoclave a lo largo de la vida útil se utilizara los análisis del VAN y el TIR, aplicando estos análisis se reflejara si el proyecto es viable o no, seguido dará respuesta si el proyecto genera una rentabilidad u ocasionara perdidas económicas.

**Tabla 29**

*Análisis VAN - TIR*

<b>Inversion</b>	<b>-\$ 34.000.000</b>	
<b>Tasa retorno</b>	<b>10%</b>	
	<b>Flujo neto</b>	<b>-\$ 34.000.000</b>
<b>Año 1</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 2</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 3</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 4</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 5</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 6</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 7</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 8</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 9</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>Año 10</b>	\$ 12.000.000	\$ 12.000.000
<b>VAN</b>	<b>\$39.734.805,27</b>	
<b>TIR</b>		<b>33%</b>

*Nota. Fuente propia*

En la tabla 28 se puede concluir que el valor actual neto es positivo por lo tanto se obtendrá una rentabilidad de 39,734,804, consecutivamente se proyecta la tasa de interés retorno, la cual confirma que el valor del VAN es positivo y se va generar una rentabilidad con una tasa interna de 33%.

Estos valores del VAN y el TIR fueron obtenidos a partir de una tasa retorno estimada del 10%, un flujo neto por año de vida útil del equipo estimado como valor base de 12,000,000 COP, con dichos datos concluimos que se obtendrá una ganancia al implementar este diseño con una vital útil base estimada de 10años.

**Tabla 30**

*Comparación de propuestas*

	PROPUESTAS	
EQUIPO	Automatizacion autoclave paffor 300 Litros	Adquisicion autoclave Sturdy 350 Litros
INVERSION	\$ 34.187.802	\$ 251.989.640
AHORRO	\$ 217.801.838	

*Nota. Fuente propia*

En la tabla 29 se evidencia la comparación de inversiones para las diferentes propuestas en las tablas 27 y la figura 20, como es de notar al automatizar la autoclave paffor de 300 Litros el cliente obtendrá un saldo a favor de 217.801.838 COP.

**Figura 20**

*Cotización autoclave de 350 Litros Sturdy*


**F - 026 VERSION 01**
**Cotizacion**
**Número : 96383**
**Fecha : 17/01/2022**
**Fecha fin de validez : 18/02/2022**
**Equipos y Laboratorio De Colombia SAS**


Nombre: Sandra Perez  
 NIT 900.355.024-5  
 Cra 51 No 6 sur - 36 Medellín

Teléfono: 448 03 88  
 Correo: info@equiposylaboratorio.com  
 Web: www.equiposylaboratorio.com

**ALENO S.A.S.**

Señor James Casallas  
 Email: servicio.tecnico1@aleno.com.co  
 Teléfono: 3103061241  
 Cúcuta

Valores visualizados en Pesos Colombianos

Descripción		Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
SAT-600HPD - AUTOCLAVE VERTICAL SERIE HP SAT-600HPD  La serie de autoclaves HP de la marca Sturdy, es capaz de esterilizar instrumentos huecos o tubáricos envueltos, sólidos, líquidos y al vacío. El panel de control incluye una impresora y un puerto de unidad flash USB para registrar datos de esterilización. La serie de autoclaves HP utiliza una conveniente pantalla táctil para administrar casi todas las configuraciones de esterilización.  <b>Especificaciones SAT-600HPD</b> Capacidad de la cámara 350 litros Tamaño de la cámara (diámetro x profundidad) 810x1200 mm Dimensiones generales (ancho x alto x profundidad) 900x1800x1550 mm Voltaje 230/380 (Trifásico) Calentador (KW) 12 Llenado de agua Canalizado: utiliza tuberías de agua locales		211.756.000,00	1	211.756.000,00

Tiempo de entrega: Ver información en Item  
 Condiciones de pago: Anticipo 50% Antes De La Entrega 50%

Valor Total	211.756.000,00
Total IVA 19%	40.233.640,00
<b>Total</b>	<b>251.989.640,00</b>

Pago a Equipos y Laboratorio de Colombia SAS  
 NIT 900.355.024-5  
 Cra 51 No 6 sur - 36 Medellín

Aceptación por escrito, sello de la empresa, fecha y firma

Nota. Datos tomados de Cotización 96383 – Equipos y Laboratorio DE Colombia S.A.S

## 8. Conclusiones

- Mediante un correcto perfilamiento de los criterios del diseño de la automatización, donde se perfilan todas las variables involucradas en el proceso de esterilización e interacción de fases, permiten una correcta axiomática de las características a tener en cuenta en elementos claves como la instrumentación, el control, los cuales al no ser debidamente perfilados, no van hacer los idóneos, en el proceso del diseño de la automatización del autoclave por consiguiente la gestión del diseño se verán afectados.
- Para asegurar que el equipo este trabajando bajo condiciones estándares de esterilización, se hace necesario realizar las pruebas de funcionamiento del equipo, siempre que inicie su primer encendido, este permite evaluar la efectividad de los procesos y asegura que la autoclave mantiene los parámetros determinados para cada ciclo, cumpliendo con los estándares de calidad de la esterilización.
- El diseño de la autoclave es un caso específico, en el cual se hace un rediseño de un equipo médico, utilizado para la desinfección de instrumental para medicina, este equipo debido a su larga vida útil, cayó en atraso tecnológico por la evolución tecnológica, debido a esta instancia requiere hacerle una actualización para desligar la intervención humana aplicando métodos de automatización, esta implementación de métodos de automatización de hará utilizando el perfilamiento de la secuencia de eventos de activación, desactivación y monitoreo de variables, para poder mediante estos eventos discretos, poder crear las condiciones estructuradas, que permitan ejercer la gestión automática.

- El diseño de eventos discretos y continuos, permiten a través de una metodología expresar al detalle los diferentes parámetros necesarios para el funcionamiento correcto del equipo, aplicando normativa en protocolos de comunicación y diseño de scada, esta concatenación de procesos es directamente favorable en la optimización de los tiempos, con la potenciación de ciclos de trabajo, con esto reducirá las horas de funcionamiento del autoclave y directamente reducirá los mantenimientos en el equipo, los cuales son acciones fundamentales periódicas, para el sostenimiento del equipo ya que con este se consigue localizar las posibles fallas y tomar acciones correctivas para mantener la vida útil del autoclave.

## 9. Referencias

- Betül Altınsu, Onur Koçak, Ali Akpek (2017). Design and Analysis of an Autoclave Simulation Using MATLAB/Simulink, Universidad Estambul, Turquía y Massachussetts, EE.UU.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7863081>[Citado 2022].
- Bricos (4-abril-2022) Tableros de distribución, Bricos.  
<https://bricos.com/2012/10/tableros-de-distribucion/>[Citado 2022].
- CDC-info (17-febrero-2022) Reducción de la contaminación cruzada, Centro para el control y la prevención de enfermedades.  
[https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/bbp\\_sp/bodyart\\_sp/contamination\\_sp.html](https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/bbp_sp/bodyart_sp/contamination_sp.html)  
[Citado 2022].
- Clínica universidad de navarra. (2022) Diccionario médico.  
<https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/autoclave> [Citado 2022].
- Clínica universidad de navarra. (2022) Diccionario médico.  
[https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/esterilización](https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/esterilizacion) [Citado 2022].
- Córdoba Nieto Ernesto. (2006). Universidad nacional de Colombia. Manufactura y automatización Ing. Investiga. Volumen 26 No.3.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092006000300014](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000300014)

[Citado 2022].

- Creus Sole A. (2010). Instrumentación y control (8<sup>a ed.</sup>). Alfa Omega.  
[https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11\\_11-19-12139942.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-02-11_11-19-12139942.pdf)  
[Citado 2022].
- Criado Alvarez (3-abril-2022) La prueba o test de Bowie-Dick, el autoclave.wordpress.  
<https://elauclave.wordpress.com/2018/08/20/la-prueba-o-test-de-bowie-dick/> [Citado 2022].
- Dunn C. W. (2006). Fundamentos de la instrumentación industrial y control de procesos (2<sup>a ed.</sup>). Mc Grau Hill.  
<https://www.amazon.com/-/es/William-Dunn/dp/0071457356> [Citado 2022].
- Eicos (5-enero-2022) cotización sensor, Eicos.  
<http://www.eicos.com/sensor-de-nivel/montaje-vertical/LE502-1-M12/> [Citado 2022].
- Industria GSL(6-marzo-2022) Que es un PLC y cómo funciona, Industria GSL.  
<https://www.industriasgsl.com/blog/post/que-es-un-plc-y-como-funciona#:~:text=Es%20una%20computadora%20industrial%20que,los%20sistemas%20que%20la%20componen> [Citado 2022].

- Ingemecanica (6-abril-2022) Grados de Protección proporcionado por las Envolturas de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos.  
[https://ingemecanica.com/tutoriales/grado\\_proteccion\\_ip.html](https://ingemecanica.com/tutoriales/grado_proteccion_ip.html) [Citado 2022].
- Martinez Bernabé (6-abril-2022) Proceso funcionamiento autoclave  
<https://www.youtube.com/watch?v=vrEHn-9gYRs> [Citado 2022].
- Maury A. María P. (2007) Diseño de un sistema de control automático para una autoclave a vapor de la e.s.p. hospital san Antonio de Padua ubicada en simití- bolívar. [Tesis de pregrado Universidad Tecnológica de bolívar] Cartagena, colombia.  
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062412.pdf> [Citado 2022].
- Ministerio de la Protección Social. Decreto 4725 de 2005. Artículo 37 (2005) >  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-4725-de-2005.pdf> [Citado 2022].
- Oyawale Festus and Olaoye A.E.(2007). Design and Construction of an Autoclave, Volumen 8 N° 2, Universidad de Ibadán, Nigeria.  
[https://www.researchgate.net/publication/242234753\\_Design\\_and\\_Construction\\_of\\_an\\_Autoclave](https://www.researchgate.net/publication/242234753_Design_and_Construction_of_an_Autoclave)  
[http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf) [Citado 2022].



- Potencia y tecnología (7-abril-2022) Cajas y tableros, Potencia y tecnología.  
<https://potenciaytecnologia.com/cajas-y-tableros/> [Citado 2022].
- QUIMICA.ES (23- febrero-2022) Condensación, quimica.es.  
<https://www.quimica.es/enciclopedia/Condensaci%C3%B3n.htm> [Citado 2022].
- QuimiNet (3-abril-2022) La esterilización por calor húmedo. QuimiNet.  
<https://www.quiminet.com/articulos/la-esterilizacion-por-calor-humedo-23012.htm>  
[Citado 2022].
- Quintero A. Diego A. (2017). Estandarización de procesos críticos de la central de esterilización del hospital san José para los subprocesos de empaque, rotulación y esterilización por método de peróxido de hidrogeno, según los requisitos de la NTC ISO 9001:2015 para mejorar la seguridad del paciente y optimizar el uso de los recursos.  
[Tesis de pregrado, Universidad católica de Colombia]. Bogotá, Colombia.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22367/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20DIEGO%20QUINTERO.pdf> [Citado 2022].
- Sánchez C. María de los Ángeles, González F. Tania, Ayora T. Teresa del Rosario, Martínez N. Zahaed E., López P. Aracely (2017). Revista ciencia volumen 68 número 2.  
[http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf](http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/QueSonMicrobios.pdf)  
[Citado 2022].

- Sánchez Macas María Elena, (2011). Técnica de lavado y secado del instrumental quirúrgico. Universidad nacional de Loja.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiR7t\\_5za30AhWZSjABHaMUC3AQFnoECAMQAw&url=http%3A%2F%2Fspace.unl.edu.ec%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F7601%2F1%2FS%25C3%25A1nchez%2520Macas%2520Mar%25C3%25ADa%2520Elena.pdf&usg=AOvVaw1SlkmOzsEO-kJSWL0D10dQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiR7t_5za30AhWZSjABHaMUC3AQFnoECAMQAw&url=http%3A%2F%2Fspace.unl.edu.ec%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F7601%2F1%2FS%25C3%25A1nchez%2520Macas%2520Mar%25C3%25ADa%2520Elena.pdf&usg=AOvVaw1SlkmOzsEO-kJSWL0D10dQ) [Citado 2022].
- Sánchez S. Lidia, González D. Yaima, Hernández D. Carlos, Dávila C. de Villa E. (2014). Cienfuegos. Manual de instrumental quirúrgico, Medisur Volumen 12 No.5.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2014000500014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2014000500014) [Citado 2022].
- Smar (6-marzo-2022) Hart, Smar  
<https://www.smar.com/hart> [Citado 2022].
- Tello V. Deisy J. y Mariño S. Angélica (2010). Diseño y construcción de un dispositivo médico de esterilización para la industria odontológica. [Tesis de grado, Universidad san buenaventura]. Bogotá, Colombia.  
<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/64705.pdf> [Citado 2022].
- Universidad de Santander (10-enero-2022) Instructivo de operación de la autoclave vertical paffor.

[https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar\\_estudiantil/instructivos/IB](https://www.uis.edu.co/intranet/calidad/documentos/bienestar_estudiantil/instructivos/IB)  
E.11.pdf [Citado 2022].

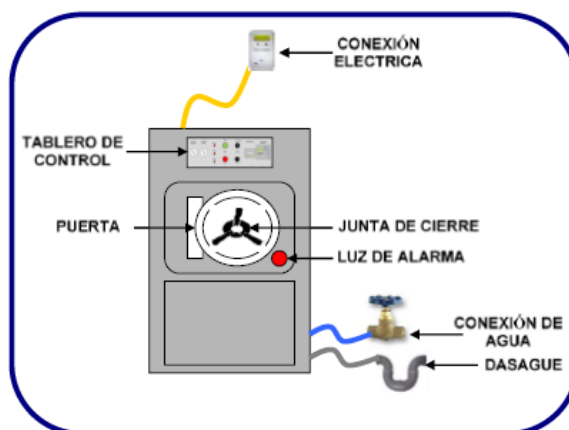
## 10. Apéndice

### Apéndice A

#### Instructivo De Operación Del Autoclave Vertical Paffor Uis

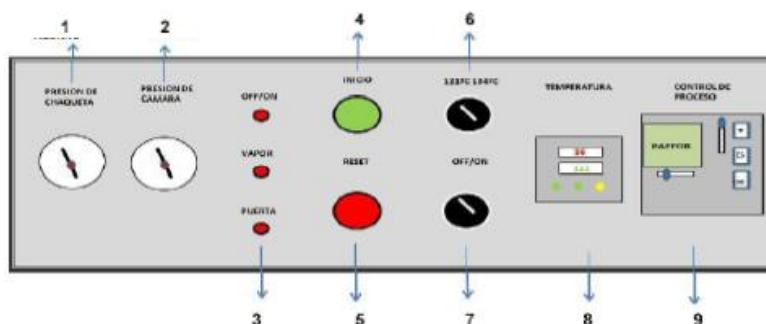
##### *Figura A1*

##### *Diagrama general*



*Nota:* Datos tomados manual paffor (2022)

Autoclave: Es un aparato hermético de paredes resistentes que sirve para esterilizar material e instrumental, utilizando vapor de agua a alta presión y temperaturas elevadas para destruir gérmenes patógenos. La función de la autoclave es esterilizar por vapor con alta presión, que permite alcanzar temperaturas superiores a 100 °C por aumento del punto de ebullición del agua. Es el método más sencillo, económico y práctico para esterilizar, no presentando efectos tóxicos ni corrosivos, debiéndose mantener precauciones especiales con instrumentos oxidables, filosos y termolábiles.

**Figura A2***Tablero principal*

*Nota:* Datos tomados manual paffor (2022)

### **Precauciones**

Para conseguir un perfecto funcionamiento de la autoclave:

- No llenar de forma excesiva la autoclave. Es necesario dejar espacio entre los paquetes para permitir la circulación de vapor.
- Colocar los paquetes grandes en la parte baja de la autoclave, y los pequeños en la parte alta.
- No vaciar el contenido de la autoclave inmediatamente, dejar transcurrir diez minutos con la tapa sin cierre hermético y entreabierto, para que salga el vapor y no entre la humedad exterior.

### **Mantenimiento**

#### **Rutina Diaria:**

- Limpie diariamente la cámara de esterilización (en frío) con una solución detergente suave, con ayuda de un paño que no desprenda hilachas.
- Limpie con un trapo húmedo los paneles frontales del equipo donde se acumule el polvo. Igualmente se limpiará la puerta y la junta de cierre.

- Verifique el estado de manómetros y termómetros.
- Asegúrese del buen estado de las válvulas.
- Controle que no existan fugas de vapor.

**Rutina Semanal:**

Antes de efectuar los siguientes pasos deje que el esterilizador y el equipo de carga se enfríen a temperatura ambiente y estén desenergizados.

- Lave el interior de la cámara de esterilizador. Use detergente, si el interior es de acero inoxidable NO USE CLORO.
- Enjuague el interior de la cámara con un paño limpio y humedecido con agua común.
- Seque el interior de la cámara con un trapo seco que no deje pelusa.
- Lave los carros de carga, rejillas y transportador con una solución de detergente suave y séquelos muy bien.
- Nunca use artículos de limpieza abrasivos, cepillos de alambre o fibras de acero.

**Rutina Mensual:**

Engrase el mecanismo de seguro de la puerta con grasa para alta temperatura.

**Fallas Técnicas***Tabla A1**Fallas técnicas comunes de la autoclave*

FALLA TÉCNICA	ACCIÓN A REALIZAR
El equipo no enciende	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que haya energía en la red eléctrica.</li> <li>• Revisar los contactos.</li> </ul>
El equipo no esteriliza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar la trampa termostática y el solenoide de descargue de vapor y solenoide de vacío.</li> <li>• Verificar valores en el indicador de temperatura</li> </ul>
El equipo no hace llenado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que haya agua en la línea y/o el solenoide de llenado de agua o la bomba de llenado.</li> </ul>
El equipo no hace secado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar la válvula solenoide de descargue.</li> <li>• Revisar la trampa termostática.</li> <li>• Verificar el tiempo de secado.</li> </ul>
El equipo se inunda de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el solenoide de llenado o verificar los sensores de nivel</li> </ul>

*Nota:* Datos tomados manual paffor (2022)

### Almacenamiento Y Caducidad Del Material Esterilizado

- Durante el almacenamiento de los materiales o instrumental ya esterilizado es fundamental mantener una atmósfera seca y una temperatura constante.
- Es fundamental evitar la colonización bacteriana exterior, protegiendo los paquetes del polvo mediante recipientes cerrados.
- La conservación de la esterilidad depende también del material envoltorio, asegurando una esterilidad del mismo de hasta un año.
- Dado que los paquetes deben llegar estériles hasta el lugar de destino, se deben tener las siguientes precauciones:
  - No mezcle paquetes estériles con no estériles.
  - Procure una manipulación mínima de los paquetes
  - Proteja los paquetes de la humedad y el polvo durante su distribución y conservación en el departamento de destino y de objetos punzantes.
  - Manipule asépticamente el paquete en el momento de extracción del contenido para conservar la esterilidad del mismo.
  - Un objeto no pierde la esterilidad si no es contaminado del exterior

## Apéndice B

### Decreto 4725 de noviembre 26 de 2005

**Equipo biomédico de tecnología controlada:** Son aquellos dispositivos médicos sometidos a un control especial, por estar incluidos en alguna de las siguientes situaciones:

- a) De acuerdo con su clasificación de alto riesgo y el grado de vulnerabilidad asociado a estos dispositivos; así como los derivados del diseño, fabricación, instalación, manejo y su destino previsto;
- b) Los prototipos que conlleven a nuevos desarrollos científicos y tecnológicos;
- c) Los que sean objeto de control de la oferta mediante la utilización de estándares que permitan la distribución eficiente de la tecnología, por zonas geográficas en el país, según los parámetros del artículo 65 de la Ley 715 de 2001.
- d) Que corresponda a equipo usado o repotenciado;
  - e) Que para su adquisición, instalación y utilización requieren una inversión superior a los 700 salarios mínimos legales vigentes, sean clasificados IIb y III conforme a lo establecido en el presente decreto y se encuentren bajo los parámetros del artículo 65 de la Ley 715 de 2001.

**repotenciado:** Incluye todos los equipos que han sido utilizados en la prestación de servicios de salud o en procesos de demostración, en los cuales, y que parte de sus subsistemas principales, han sido sustituidos con piezas nuevas por el fabricante o el repotenciador autorizado por el fabricante y que cumplen con los requisitos especificados por este y las normas de seguridad bajo el cual fue construido.



**Artículo 37.** Dispositivos médicos considerados como equipo biomédico usado o repotenciado. Se podrá autorizar la importación, adquisición o donación de equipo biomédico usado clase I o IIa, los cuales serán considerados como de tecnología controlada.

- a) No se podrá autorizar la importación, adquisición o donación de equipo biomédico usado de clases IIb y III.
- b) Para la comercialización y venta en el país de equipos biomédicos usados clase I o IIa, previo a su registro de importación, deberá anexar la siguiente documentación:
- c) Los requisitos establecidos para el permiso de comercialización;
- d) Certificado expedido por el fabricante o su representante en el país de origen o importador, en el que conste que los equipos no tienen más de cinco (5) años de fabricados y que se encuentran en estado óptimo de operación y funcionamiento, incluyendo sus sistemas de seguridad;
- e) Número de serie del equipo;
- f) Fecha de fabricación del equipo.

Se permitirá el ingreso al país de equipos biomédicos repotenciados clase I, IIa, IIb y III siempre y cuando cumplan con los requisitos del equipo biomédico y se acompañen de la certificación de buen funcionamiento emitida por el fabricante legal o su representante en el país y anexando la misma documentación exigida para los equipos biomédicos usados. Estas importaciones serán consideradas como de tecnología controlada.

El repotenciamiento de ninguna manera podrá alterar el diseño inicial del equipo y el fabricante o su representante oficial, o el repotenciador autorizado por el fabricante deberá garantizar que el equipo biomédico cuenta con las mismas características y efectividad del equipo cuando estaba nuevo.

Solo se podrá importar o comercializar equipos repotenciados por el fabricante o el repotenciador autorizado.

**Parágrafo 1°.** Se excluyen de lo previsto en este artículo, todos los dispositivos médicos diseñados para ser utilizados una sola vez.

**Parágrafo 2°.** Los equipos biomédicos que ingresen al país a través de una donación, deberán ser destinados única y exclusivamente a una Institución Prestadora de Servicios de Salud y no deberán encontrarse en etapa de experimentación; además deberán ajustarse a las normas aduaneras vigentes en el país y no podrán ser comercializados ni utilizados con fines lucrativos.

**Parágrafo 3°.** Los equipos donados nuevos correspondientes a las clases I, IIa, IIb y III que cualquier Institución Prestadora de Servicios de Salud, importe, adquiera o reciba, serán de importación controlada y deberán cumplir con lo dispuesto en el presente decreto.

**Parágrafo 4°.** El Ministerio de la Protección Social reglamentará lo relacionado con la importación de equipo biomédico usado, remanufacturado y/o repotenciado en el país. Hasta tanto el Ministerio de la Protección Social no expida la reglamentación pertinente, el equipo biomédico repotenciado o remanufacturado se considerará como equipo usado.

### **ABC dispositivos médicos INVIMA**

**Regla 15** Dispositivo Médico para desinfección o esterilización de Dispositivo Médicos se consideran de clasificación IIa.

## Apéndice C

### Normativa Técnica Colombiana 2050

**210-22. Cargas máximas.** La carga total no debe superar la corriente nominal del circuito ramal y no debe

superar las cargas máximas especificadas en el Artículo 210-22.a) a c), bajo las condiciones especificadas allí.

**a) Cargas accionadas por motores y combinadas.** Cuando un circuito suministra corriente sólo a cargas accionadas por motores, se debe aplicar la Sección 430. Cuando un circuito suministra corriente sólo a equipos de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, se debe aplicar la Sección 440. En circuitos que alimenten cargas consistentes en equipos de utilización fijos con motores de más de 95 VA (1/8 HP), junto con otras cargas, la carga total calculada debe ser el 125 % de la carga de motor más grande, más la suma de todas las demás cargas.

**b) Cargas Inductivas de Alumbrado.** Para los circuitos que alimenten equipos de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, la carga calculada se debe basar en la capacidad de corriente total de dichas unidades y no en la potencia total de las bombillas (en vatios).

**c) Otras cargas.** La corriente nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos ramales que alimentan cargas continuas, como la iluminación de las tiendas y otras cargas similares, no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá tener una capacidad de corriente igual o superior al de carga no continua más el 125 % de la carga continua. Se acepta aplicar factores de demanda para cargas de estufas según la Tabla 220-19, incluyendo la nota 4.

*Excepción. Los circuitos alimentados por un conjunto de conductores y conectores que, junto con sus dispositivos de protección contra sobrecorriente, estén certificados para funcionamiento continuo al 100% de su corriente nominal.*

**220-2. Tensiones.** Si no se especifican otras tensiones para el cálculo de cargas del alimentador y los circuitos ramales, se deben aplicar las tensiones nominales de 120,120/240,208Y/120,220Y/127,240,347,440Y/254,480Y/277,480,600Y/347 y 600 V. Los valores de tensión de 220Y/127 V y 440Y/254 V son valores existentes en algunos sistemas, pero se recomienda que no se utilicen en la construcción futura de instalaciones nuevas.

**220-3. Cálculo de los circuitos ramales.** Las cargas de los circuitos ramales se deben calcular como se indica en los siguientes apartados a) a d).

**a) Cargas continuas y no continuas.** La capacidad nominal del circuito ramal no debe ser menor a la carga no continua más el 125 % de la carga continua. El calibre mínimo de los conductores del circuito ramal, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe tener una capacidad de corriente igual o mayor que la de la carga no continua más el 125 % de la carga continua.

*Excepción. Cuando el conjunto, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente, esté certificado para funcionamiento continuo al 100% de su capacidad nominal.*

**b) Cargas de alumbrado para ocupaciones listadas.** La carga mínima de alumbrado por metro cuadrado de superficie del suelo, no debe ser menor a la especificada en la [Tabla 220-3. b\)](#) para las ocupaciones relacionadas. La superficie del suelo de cada planta se debe calcular a partir de las dimensiones exteriores de la edificación, unidad de vivienda u otras áreas involucradas. Para las unidades de vivienda, la superficie calculada del suelo no debe incluir los porches abiertos, los garajes ni los espacios no utilizados o sin terminar que no sean adaptables para su uso futuro.

**Otras cargas para todo tipo de lugares.** En todo tipo de lugares, la carga mínima para cada salida de tomacorriente de uso general y salidas no utilizadas para alumbrado general, no debe ser

menor a las siguientes (las cargas utilizadas se basan en la tensión nominal de los circuitos ramales):

- 1) Salida para un artefacto específico u otra carga, excepto para motores. Amperios nominales del artefacto o carga conectada.
- 2) Salida para motor (ver Artículos [430-22](#) y [8430-32](#) y [Sección 440](#)).
- 3) Una salida para elementos de alumbrado empotrados debe tener la máxima capacidad nominal en VA para la que esté calculado dicho elemento o elementos.
- 4) Salida para portalámparas de servicio pesado...600 VA.
- 5) Rieles de alumbrado (ver Artículo [410-102](#)).
- 6) Avisos eléctricos e Iluminación de contorno...1.200VA para cada circuito ramal exigido, como se especifica en el Artículo [600-5.a](#)).
- 7) Otras salidas \*... 180 VA por salida.

En las salidas de tomacorriente, cada tomacorriente sencillo o múltiple de un puente se debe considerar a menos de 180 VA.

**\* Esta disposición no se debe aplicar a las salidas de tomacorriente conectadas a los circuitos especificados en los Artículos [220-4. b](#)) y [c](#))**

Excepciones:

- 1) Cuando haya conjuntos de salidas múltiples fijas, cada 1,5 m o fracción de cada tramo independiente y continuo, se debe considerar como una salida de capacidad no menor a 180 VA, excepto si es probable que se vayan a utilizar varios artefactos simultáneamente. En este caso, cada 30 cm o fracción se debe considerar como salida de capacidad no menor a 180 VA. Los requisitos de esta excepción no se aplican a unidades de vivienda o a habitaciones de huéspedes de hoteles o moteles.
- 2) Para calcularla carga de las estufas eléctricas domésticas, se permite aplicarla [Tabla 220-19](#).

3) Por cada metro lineal de vitrina, medido horizontalmente a lo largo de su base, se permite una carga no menor a 650 VA en vez de la carga unitaria especificada por salida.

4) No se deben tener en cuenta para los cálculos las cargas de las salidas para conmutadores y cuadros de distribución de centralitas telefónicas.

5) El Artículo [220-18](#) se puede considerar como método permitido de cálculo de la carga de una secadora eléctrica doméstica de ropa.

#### **d) Cargas para ampliación de las instalaciones existentes.**

**1) Unidades de vivienda.** Las cargas para ampliaciones estructurales de una unidad de vivienda existente o de una parte de una unidad de vivienda en la que no existía instalación, si superan 46 m<sup>2</sup>, se deben calcular según el anterior apartado b). Las cargas de circuitos nuevos o ampliados en unidades de vivienda con instalación anterior, se deben calcular según los anteriores apartados b) o c).

**2) Edificios que no sean viviendas.** Las cargas para circuitos nuevos o ampliados en edificaciones que no sean de viviendas, se deben calcular según los anteriores apartados b) o c).

**220-14. Motores.** Las cargas de motores se deben calcular según los Artículos [430-24](#), [430-25](#) y [430-26](#).

**384-5. Ubicación de los cuadros de distribución.** Los cuadros de distribución que tengan partes expuestas energizadas deben estar situados en lugares permanentemente secos, donde estén vigilados por personal competente y sólo sean accesibles a personas calificadas. Los cuadros de distribución deben instalarse de modo que la probabilidad de daños por equipos o procesos se reduzca al mínimo.

**384-9. Aislamiento de los conductores.** Cualquier conductor aislado que se utilice dentro de un cuadro de distribución debe estar certificado, ser retardante de la llama y tener una tensión

nominal no inferior a la que vaya a soportar y no inferior a la tensión aplicada a otros conductores o barras colectoras con las que pueda estar en contacto.

**384-11. Puesta a tierra de los marcos o armazones de los cuadros de distribución.** Los marcos de los cuadros de distribución y las estructuras que soporten los elementos de conmutación, deben estar puestos a tierra.

**430-53. Varios motores o cargas en un circuito ramal.** Se permite conectar al mismo circuito ramal dos o más motores o uno o más motores y otras cargas, en las condiciones especificadas en los siguientes apartados a), b) o c):

**a) No mayor de 746 W (1 HP).** En un circuito ramal de 120 V nominales protegido a no más de 20 A o en un circuito ramal de 600 V nominales o menos protegido a no más de 15 A, se permite conectar varios motores, ninguno de los cuales supere 746 W (1 HP) de potencia nominal, si se cumplen todas las condiciones siguientes:

- 1) La corriente nominal a plena carga de cada motor no supera los 6 A.
- 2) Que no se supere la capacidad nominal del dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, rotulada en cualquiera de los controladores.
- 3) Que la protección individual contra sobrecarga cumpla lo establecido en el Artículo [430-32](#).

**b) Si se protege el motor de menor potencia nominal.** Si se elige el dispositivo protector del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, de modo que no supere el valor permitido en el Artículo [430-52](#) para el motor de menor potencia nominal, se permite conectar al circuito ramal dos o más motores o uno o más motores y otra(s) carga(s), siempre que cada motor tenga protección individual contra sobrecarga cuando se pueda establecer que el dispositivo protector del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra no se abrirá en las peores condiciones de servicio que puedan darse.

**c) Otras instalaciones en grupos.** Se permite conectar dos o más motores de cualquier capacidad o uno o más motores y otra(s) carga(s), cada motor con protección individual contra sobrecarga, a un circuito ramal cuando el controlador o controladores de los motores y los dispositivos de sobrecarga estén: 1) instalados como un conjunto certificado y el dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra se suministre como parte del conjunto o esté especificado por rotulado en el conjunto; o 2) el dispositivo de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, el controlador o controladores de los motores y los dispositivos de sobrecarga se instalen en sitio como conjuntos independientes certificados para dicho uso y con instrucciones del fabricante para usarlos unos con otros; y 3) se cumplan todas las condiciones siguientes:

- 1) Que cada dispositivo de protección del motor contra sobrecarga esté certificado para su instalación en grupo con un fusible o con un interruptor automático de tiempo inverso de una capacidad nominal especificada, o los dos.
- 2) Que todos los controladores de los motores estén certificados para instalación en grupo con un fusible o con un interruptor automático de capacidad nominal especificada, o los dos.
- 3) Que los interruptores automáticos sean de tiempo inverso y estén certificados para instalación en grupo.
- 4) Que el circuito ramal esté protegido por fusibles o interruptores automáticos de tiempo inverso con una capacidad nominal que no supere la especificada en el Artículo [430-52](#) para el motor de mayor potencia conectado al circuito ramal más una cantidad igual a la suma de las corrientes nominales a plena carga de todos los demás motores y cargas conectadas al circuito. Cuando de este cálculo se deduzca una capacidad nominal menor a la capacidad de corriente de los conductores de suministro, se permite aumentar la capacidad nominal máxima de los fusibles o del interruptor automático hasta un valor que no supere el permitido por el Artículo [240-3. b](#)).



5) Que los fusibles o interruptores automáticos de tiempo inverso del circuito ramal no sean mayores que los permitidos por el Artículo 430-40 para el relé de sobrecarga que proteja el motor de menor potencia nominal del grupo.

**Nota. Respecto a la impedancia y otras características del circuito, véase el Artículo 110-10.**

**d) Derivación para un solo motor.** Para las instalaciones en grupo descritas anteriormente, no se requiere que los conductores de cualquier derivación, que alimenten un solo motor, lleven un dispositivo individual de protección del circuito ramal contra cortocircuito y falla a tierra, siempre que cumplan alguna de las condiciones siguientes: 1) que ningún conductor al que vaya conectado el motor tenga una capacidad de corriente menor que la de los conductores del circuito ramal, o 2) que ningún conductor al que vaya conectado el motor tenga una capacidad de corriente menor que un tercio de la de los conductores del circuito ramal, con un mínimo de acuerdo con el Artículo 430-22; que los conductores a los que va conectado el dispositivo de sobrecarga del motor no tengan más de 7,60 m de largo y estén protegidos contra daños físicos.

### **501-3. Medidores, instrumentos y relés.**

**a) Clase I División 1.** En los lugares Clase I División 1 los medidores, instrumentos y relés, incluidos los medidores de contadores de kilovatio hora, los transformadores de instrumentos, las resistencias, rectificadores y tubos termoiónicos, deben estar dotados de encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1.

Los encerramientos aprobados para lugares Clase I División 1 son: 1) los que son a prueba de explosión y 2) los dotados de dispositivos de purga y presurización.

**Nota. Véase Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment, ANSI/NFPA 496-1993.**

**b) Clase I División 2.** En los lugares Clase I División 2 los medidores, instrumentos y relés deben cumplir los siguientes requisitos:

**1) Contactos.** Los interruptores, interruptores automáticos y contactos de cierre y apertura en pulsadores, relés, timbres de alarma y sirenas, deben estar en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 2 según el anterior apartado a).

Excepción. Se permite utilizar encerramientos de propósito general si los contactos de corte de corriente están: a) sumergidos en aceite, b) metidos en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores, c) en circuitos no incendiarios, o d) parte de un componente no incendiario certificado.

**2) Resistencias y equipos similares.** Las resistencias, dispositivos a base de resistencia, tubos termoiónicos, rectificadores y equipos similares que se utilicen en o en conexión con medidores, instrumentos y relés, deben cumplir el anterior requisito a).

Excepción. Se permite utilizar encerramientos del tipo de propósito general, si dichos equipos no tienen contactos de cierre y apertura o contactos deslizantes, excepto lo establecido en el anterior requisito b). 1), y si la temperatura máxima de funcionamiento de cualquier superficie expuesta no supera el 80% de la temperatura de ignición en del gas o vapor que haya, o que se haya ensayado y visto que es incapaz de inflamar el gas o vapor. Esta excepción no se aplica a los tubos termoiónicos.

**3) Sin contactos de cierre y apertura.** Los devanados de los transformadores, bobinas, en encerramientos. Se permite que esos encerramientos sean del tipo de propósito general.

**4) Conjuntos de propósito general.** Cuando un conjunto esté formado por componentes para los que sean aceptables los encerramientos de propósito general, tal como se establece en los anteriores apartados b).1), b).2) y b).3), es aceptable para el conjunto un encerramiento de propósito general. Cuando el conjunto incluya algunos de los equipos descritos en el anterior apartado b).2), en el exterior del encerramiento debe estar clara y permanentemente indicada la temperatura superficial máxima que puede alcanzar cualquier componente. Como alternativa, se

permite que los equipos aprobados se rotulen indicando el rango de temperatura para el que resultan adecuados, mediante los números identificativos de la Tabla 500-3. d).

**5) Fusibles.** Cuando los anteriores apartados b).1), b).2), b).3) y b).4) permitan utilizar encerramientos de propósito general, se permite montar en ellos fusibles para la protección contra sobrecorriente de los circuitos de instrumentos no expuestos a sobrecargas en funcionamiento normal, si precediendo a cada fusible se instala un interruptor que cumpla el anterior requisito b).1).

**6) Conexiones.** Para facilitar su sustitución, se permite conectar los instrumentos de control de procesos mediante cordón flexible, clavija y tomacorriente siempre que: .1) se instale un interruptor que cumpla el anterior requisito b). 1) de modo que no se dependa de la clavija para interrumpir la corriente, 2) la corriente no supere los 3A-120 V nominales, 3) el cordón de alimentación no tenga más de 0,9 m, sea de un tipo aprobado para trabajo extra pesado o para trabajo pesado si está protegido por su ubicación y está alimentado a través de una clavija y tomacorriente tipo de seguridad y con polo a tierra, 4) sólo se instalen los tomacorrientes necesarios y 5) el tomacorriente lleve una etiqueta que advierta “no desenchufar bajo carga”.

**501-4. Métodos de alambrado.** Los métodos de alambrado deben cumplir los siguientes

**a) Clase I División 1.**

**1) Alambrado Fijo.** En los lugares Clase I División 1, el alambrado se debe hacer en tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT o cables tipo MI con accesorios de terminación aprobados para esos lugares. Todas las cajas, accesorios y juntas de unión deben ser roscados para conectarlos a los tubos o terminaciones de los cables y deben ser a prueba de explosión. Las juntas roscadas deben tener por lo menos cinco hilos que queden completamente metidos. Los cables tipo MI se deben instalar y soportar de modo que se eviten esfuerzos de tensión en sus accesorios terminales.

**Nota. Véase el Capítulo 3 para los requisitos de los diferentes tipos de tubos conduit y cables.**

Excepciones:

1) Se permite usar tubo conduit rígido no metálico, en cumplimiento de la [Sección 347](#), cuando esté embebido en concreto con una cubierta de espesor mínimo de 50 mm y entonado ano menos de 0,60 m del nivel del suelo. Se permite omitir la cubierta de concreto cuando esté sujeto a las disposiciones de los Artículos [511-4](#) Excepción, [514-8](#) Excepción 2 y [515-5.a](#)).

Cuando se utilice tubo conduit rígido no metálico, se debe usar tubo metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT o tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT en los últimos 0,60 m del tramo subterráneo hasta que salga de la tierra o hasta el punto de conexión con la canalización que vaya sobre el suelo. Se debe incluir un conductor de puesta a tierra de los equipos para dar continuidad eléctrica a las canalizaciones y para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente.

2) En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo acceden a la instalación personas calificadas, se permite utilizar cables tipo MC certificados para su uso en lugares Clase I División 1, con blindaje continuo de aluminio corrugado hermético al gas y al vapor, una chaqueta externa de un polímero adecuado, conductores independientes de puesta a tierra que cumplan lo establecido en el Artículo [250-95](#) y dotados de accesorios terminales certificados para esa aplicación.

3) En establecimientos industriales con acceso restringido al público, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado atenderá las instalaciones, se permite el uso de cable tipo ITC, certificado para uso en lugares Clase I, División 1, con una cubierta continua de aluminio corrugado hermética al gas y al vapor y

chaqueta total adecuada de material polimérico, conductores) separado(s) de puesta a tierra y dotado con accesorios terminales certificados para esa aplicación.

**2) Conexiones Flexibles.** Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, como en los terminales de motores, se deben utilizar accesorios flexibles certificados para lugares Clase I. Excepción. Se permite cable o cordón flexible instalado según las disposiciones del Artículo [501-11](#).

**b) Lugares Clase I División 2.** En los lugares Clase I División 2 está permitido emplear como métodos de alambrado: tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, conductos de barras empaquetados, conductos de alambres empaquetados, cables tipo PLTC que cumplan lo establecido en la [Sección 725](#), cables tipo ITC en bandejas cortacables, en canalizaciones, soportados por cables mensajeros o directamente enterrados, cuando el cable esté certificado para ese uso; o cables tipo MI, MC, MV o TC con accesorios terminales aprobados. Se permite instalar cables tipo ITC, PLTC, MI, MC, MV o TC en bandejas cortacables de modo que se eviten esfuerzos de tracción en los accesorios terminales. No es necesario que las cajas, accesorios y juntas sean a prueba de explosión, excepto si lo exigen las disposiciones de los Artículos [501-3. b\).1\)](#), [501-6. b\).1\)](#) y [501-14. b\).1\)](#). Cuando se requiera una flexibilidad limitada, como en los terminales de motores, se deben usar accesorios metálicos flexibles, tubo metálico flexible con accesorios aprobados, tubo metálico flexible y hermético a los líquidos con accesorios aprobados, tubo no metálico flexible hermético a los líquidos con accesorios aprobados o cables flexibles aprobados para uso extra pesado y provistos con accesorios pasa cables.