

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PARA UNA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA.

Juan Esteban Ayala Ramírez

Sergio Esteban Zapata Madrid

Ingeniería Mecatrónica

Santiago Gómez Arango

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2016

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

Al indagar en la industria local que se enfoca en el área de la salud, específicamente en el desarrollo de proyectos de construcción de cabinas de seguridad biológica (SBC), se halla una gran falencia en cuanto a nivel tecnológico se refiere, ya que los procesos de funcionamiento ofrecidos son manuales; lo cual hace que dichos gabinetes carezcan de los estándares de seguridad obligatorios, tal como eran en su principio antes del desarrollo del filtro HEPA en 1962.

Con la implementación de los filtros HEPA (High Efficiency Particle Air), en un esfuerzo por proteger a los operarios y el ambiente de los peligros biológicos de laboratorio, se marca el inicio de los controles de ingeniería sobre las cabinas de bioseguridad, garantizando la existencia de un área de trabajo controlada. En la actualidad se requiere la intervención de la ingeniería para cumplir con estándares de calidad que rigen el uso de las cabinas mencionadas; hecho que evidencia la necesidad de avances tecnológicos a nivel local para cumplir con las normas nacionales e internacionales.

Teniendo en cuenta lo anterior y siendo conscientes de las falencias en la industria local, se diseña una cabina de seguridad biológica automatizada partiendo del análisis actual de la máquina, los componentes electromecánicos y sensores a implementar, al igual que el control necesario para los procesos que se llevan a cabo en tiempo real, esto último por medio de un controlador lógico programable (PLC) y una pantalla HMI.

Se implementa el diseño de un programa en el software Siemens TIA Portal V13, capaz de controlar todos los elementos del gabinete y un sistema usuario máquina incorporado al PLC, en el cual se simula el proceso real del manejo de la cabina de seguridad biológica por medio de un sistema SCADA HMI, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales.

Palabras clave: Cabina de seguridad biológica, controles de ingeniería, PLC, SCADA, HMI, TIA Portal V13.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios que nos prestó la vida y el conocimiento para hoy estar ad portas de culminar nuestro pregrado.

También agradecemos a nuestros padres infinitamente por brindarnos el apoyo y acompañamiento incondicional durante nuestros errores y aciertos, aconsejándonos y llenándonos de esperanza durante este largo proceso.

Otorgamos también una mención especial y un agradecimiento al profesor Santiago Gómez Arango quién fue nuestros asesor de proyecto de grado y a su semillero de electricidad y potencia, por darnos la oportunidad de trabajar a su lado y compartirnos sus conocimientos.

Agradecemos a todos nuestros mentores durante este proceso académico, quienes incentivaron y compartieron con nosotros el conocimiento, especialmente al profesor Wimar Moreno quien compartió con nosotros su amplia sabiduría y amistad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

Los acrónimos encontrados en este documento se definen a continuación:

- 1- PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
- 2- HMI: Human Machine interface (Interfaz Usuario Máquina).
- 3- SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, control y adquisición de datos).
- 4- SBC: Safety Biological Cabinets (Gabinetes de Bioseguridad).
- 5- HEPA: High Efficiency Particle Air (Filtro de partículas de alta eficiencia).
- 6- TIA: Totally Intregated Automation (Automatización Totalmente Integrada).
- 7- mm: Milímetros.
- 8- EC: Engineering Controls (Controles de Ingeniería).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Tabla de contenido

1. Introducción	6
1.1 Generalidades	6
1.2 Objetivo General	7
1.2.1 Objetivos Específicos	7
1.3 Organización del trabajo	7
2. Marco Teórico	8
2.1 Sistema de Filtrado de Aire	9
2.1.1 Filtro HEPA	9
2.2 Sistema Eléctrico	10
2.3 Sistema de control	10
2.3.1 PLC (Programmable Logic Controller)	10
2.3.2 HMI (Human Machine Interface)	11
2.3.3 TIA Portal	12
2.4 Sistema Mecánico	12
2.5 Proceso de mezclas	13
3. Metodología	15
4. Resultados y Discusión	20
5. Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro	27
5.1 Conclusiones	27
5.2 Recomendaciones	28
5.3 Trabajo Futuro	28
6. Referencias	29
7. Apéndice	30

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades.

Las cabinas de seguridad biológica BSC (Biological safety cabinets), hacen parte de un grupo de instrumentos biomédicos, utilizados en una serie de actividades para los laboratorios clínicos y la salud pública en general. Los procesos que se llevan a cabo en los gabinetes de bioseguridad abarcan actividades desde la electrónica, medicina veterinaria, hasta mezclas de soluciones químicas en laboratorios clínicos.

Las cabinas de seguridad biológica garantizan ambientes controlados para la protección ya sea del producto, del usuario o del medio ambiente. Su forma de operación es mediante la generación de presión negativa al interior del área de trabajo, obligando así a que el aire circule a través de los filtros HEPA (High Efficiency Particle Air), los cuales purifican en un 99.99% las partículas de aire contaminadas (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2002); además a este proceso se le agregan componentes eléctricos y mecánicos tales como luz ultravioleta, luz fluorescente y un ventilador, dispuestos para la desinfección, antes, durante y después de manipular los gabinetes.

Dado que las actividades con las cabinas de seguridad biológica deben ser constantemente reguladas, para los laboratorios clínicos cumplir con las normas y estándares que rigen el área de la salud, genera que cada vez, sea más exigente el desarrollo y construcción de los mencionados dispositivos. Controles de ingeniería se han desarrollado en torno a estos dispositivos biomédicos, con el fin no solo de brindar mejores condiciones laborales y ambientales, sino también de cumplir a cabalidad con las normas y estándares establecidos. Es un hecho que la industria local no cuenta aún con una línea de producción de cabinas de seguridad biológica que cumpla con los estándares nacionales e internacionales que rigen en la actualidad, lo cual obliga al área de la salud a indagar en mercados externos, dando como resultado un cuantioso aumento en el presupuesto para dicha adquisición, lo cual

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

conlleva que sean escasos estos dispositivos en los laboratorios clínicos de Antioquia (Validarr, 2011).

1.2 Objetivo General.

Diseñar una cabina de seguridad biológica automatizada.

1.2.1 Objetivos Específicos.

- Diseñar y dimensionar la instalación de elementos mecánicos.
- Diseñar el cableado eléctrico de acuerdo a las necesidades de trabajo.
- Diseñar un sistema SCADA mediante panel HMI para monitorear y controlar en tiempo real los procesos del gabinete de bioseguridad.

1.3 Organización del Trabajo.

El presente trabajo está dividido en cinco secciones que muestran detalladamente el proceso del diseño de una cabina de seguridad biológica automatizada. En la primera parte se muestra la introducción, la cual contextualiza las necesidades y datos importantes a suplir en este trabajo.

Seguidamente, en la sección dos, se tiene el marco teórico cuyo propósito fundamental dentro del proyecto es apoyar y dar base teórica a los conceptos planteados.

Continuando en la sección tres, se muestra la metodología implementada en etapas cronológicas, el diseño y desarrollo del software, al igual que el dimensionamiento de los componentes electromecánicos.

En la cuarta sección se encuentran los resultados obtenidos, presentando la manera en que se alcanzaron cada uno de los objetivos propuestos.

Por último, en la sección cinco se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones del funcionamiento del equipo, además de proponer desarrollos a futuro para mejorar las actividades que se llevan a cabo en las cabinas de seguridad biológica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Las cabinas de seguridad biológica BSC (Biological safety cabinets), hacen parte de un grupo de instrumentos biomédicos, utilizados en una serie de actividades para los laboratorios clínicos y la salud pública en general. En (OPS, 2002) también conocidas como gabinetes de seguridad, cabinas de flujo laminar o cabinas de bioseguridad, garantizan la existencia de ambientes controlados y prestan un servicio para mejorar las condiciones en el área de la investigación a la hora de reconocer microorganismos, proteger tanto la integridad de las personas como la del ambiente y los productos o cultivos de investigación que se lleven a cabo.

(OPS, 2002) En 1962 con el desarrollo de los filtros HEPA (High Efficiency Particular Air) se logra obtener un aire más puro, el cual podría ser reutilizado en la cabina o expulsado seguramente al ambiente; motivo por el cual aparecen los diversos tipos de cabinas existentes hoy en día. (NTP 233, 1988, pág. 1) Las cabinas de bioseguridad de acuerdo a su uso o sus características, están clasificadas en las siguientes clases (I, II, III) las cuales tienen que ver con la protección ya sea del trabajador, del medio ambiente, del producto o de todos al tiempo. Para este caso en particular nos enfocaremos en las cabinas de seguridad clase II, las cuales se caracterizan por prestar seguridad tanto al operario como al medio ambiente y al producto que se lleve a cabo.

Siguiendo con el desarrollo de las cabinas de bioseguridad, a nivel ingenieril (Zelian, 2011, Cabina de seguridad biológica). “En un esfuerzo por proteger a los operarios de los peligros biológicos de laboratorio y otros; y, a menudo para proteger los materiales en proceso por parte del operador, controles de ingeniería (EC) se han desarrollado y evolucionado a lo largo de los años. Los controles de ingeniería, con el fin de eliminar o reducir la exposición potencial de un producto o de riesgo a través del uso de equipo o maquinaria de ingeniería”. Los controles ingenieriles implementados en los gabinetes se han hecho posibles gracias a la variedad de microprocesadores que a través de la historia han permitido desarrollar

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

controles de ingeniería tales como automatizar procesos industriales o bien sea herramientas que prestan un servicio en un área específica, como es el caso de (James T. Wagner, 2007, Demystifying biological safety cabinets, pág. 108). quienes en su último desarrollo de la cabina de seguridad biológica clase II (BSC-1100II A2-X) lograron automatizarla Implementando un sistema de control con microprocesador y pantalla led con el fin de tener un mejor control de los procesos y variables que maneja dicha cabina, teniendo una completa visualización en tiempo real de las actividades y las variables físicas sin contactos directos e innecesarios con la misma.

Dado que la mira central de este proyecto estará puesta en el diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica (véase figura 1) como proyecto de grado hacia el mejoramiento de las condiciones laborales y de ambiente en laboratorios clínicos, será necesario plantear algunos parámetros que sirvan de ejes conceptuales sobre los cuales apoyar la lectura.

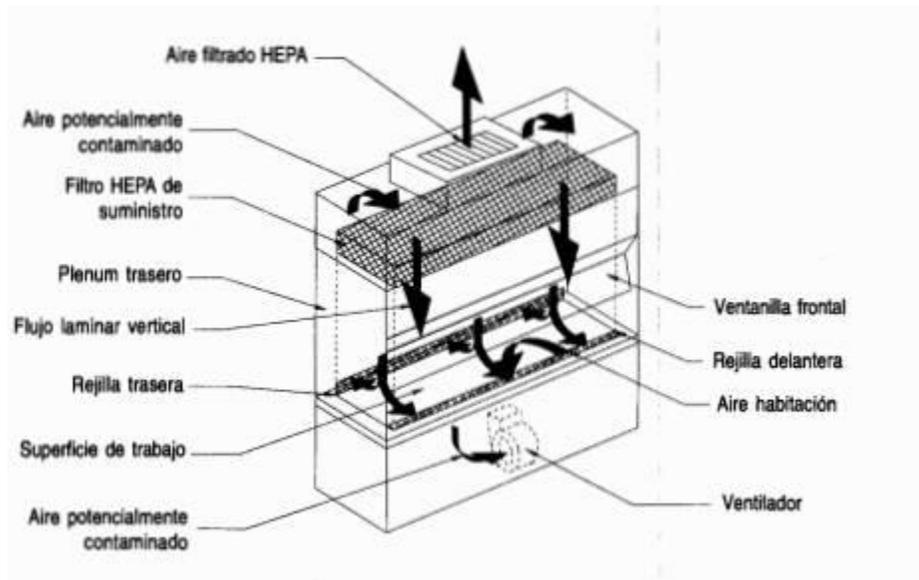


Figura 1. Cabina de bioseguridad clase 2 y sus componentes. **Fuente:**

Organización Panamericana de la Salud, 2002, cabinas de seguridad biológica, primera edición.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La cabina de seguridad biológica es el resultado de la combinación de elementos mecánicos y eléctricos, tales como, el ventilador, luz ultravioleta, luz fluorescente y el filtro HEPA, elementos de control como el PLC y la pantalla HMI. Este grupo de componentes están dispuestos al interior de una cabina construida con vidrio templado y lamina en acero que sirve como bastidor para soportar todos los elementos mencionados, con el fin de garantizar las mejores condiciones en el área de trabajo antes, durante y después de operar la máquina.

2.1 Sistema de filtrado de aire.

2.1.1 Filtro HEPA.

Los filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air), hacen parte de los equipos de protección respiratoria contra agentes biológicos en el aire. Los filtros HEPA (véase figura 2) son sistemas de filtración de partículas de aire de alta eficiencia y son usados comúnmente para reducir la emisión de aerosoles microbianos en el aire; estos filtros presentan una eficiencia del 99.97 % frente a partículas de hasta 0.3 μm de diámetro (Wen, Yang, Li, Wuang y Hu 2014, p. 83).

Los filtros HEPA en las cabinas de seguridad biológica, se usan para filtrar tanto el aire que va a recircular en el área de trabajo, como el aire que va a ser expulsado al medio ambiente.

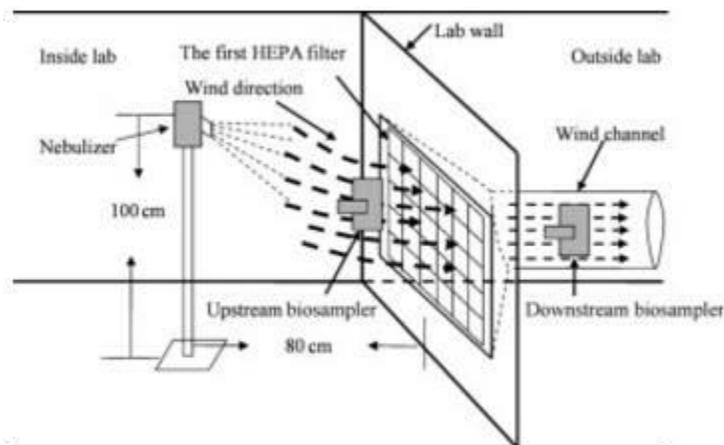


Figura 2. Filtro HEPA y sus componentes. Fuente: Wen et al., 2014, p. 82.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 Sistema Eléctrico.

El sistema eléctrico de la cabina de seguridad biológica está conformado por un circuito de potencia monofásico a 230 V AC, el cual suministra energía eléctrica a los siguientes componentes:

- Motor monofásico, ubicado en la ventilación, ($\frac{3}{4}$ HP, 208-230 V, 5.5 A).
- Lámpara UV (30 W, 110V).
- Lámpara Fluorescente (110-130V, 60 HZ).
- Interruptor tipo muletilla de 2 posiciones.
- Toma corriente monofásico (10 A, bipolar).

La fuente de alimentación suministra la energía para el PLC (Siemens 1200 6ES7212-1BE40-0XB0, CPU 1212C y SIMATIC HMI, KTP400 BASIC) y los sensores de temperatura, presión y finales de carrera.

2.3 Sistema de control.

El uso de computadores en el control de procesos permite resolver problemas específicos de regulación y de seguimiento de consignas con una mejor relación de funciones de supervisión, monitoreo y tratamiento de datos con un reducido costo adicional. (García Jaimes, 2010).

2.3.1. PLC (Programmable Logic Controller)

Los controladores lógicos programables, son dispositivos electrónicos de alta precisión y alta protección a ruidos electromagnéticos, similares a una computadora en su arquitectura interna. Son implementados constantemente en la ingeniería automática o la automatización industrial para realizar procesos electromecánicos de alta potencia como la automatización de líneas de producción, atracciones mecánicas, controles de fluidos, entre otros mucho más. (Hyde, Regué, & Cuspinera, 1997).

El PLC cuenta con dispositivos modulares que manipulan señales de entrada y salida tanto digitales como análogas, con el fin de hacer una comunicación de elementos tanto eléctricos como mecánicos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el diseño de la automatización en la cabina de seguridad biológica, se propuso el PLC Siemens 1200 6ES7212-1BE40-0XB0 con CPU 1212C, con módulos de entrada digitales y analógicos y módulo de salida digital (véase figura 3).



Figura 3. PLC SIMATIC S7 – 1200 con módulos de entradas y salidas. **Fuente:** https://cache.industry.siemens.com/dl/files/193/36524193/img_25469/v1/s7-1200_sys.jpg.

2.3.2 HMI (Human Machine Interface)

La interfaz de usuario o interfaz hombre-máquina (HMI), es una aplicación por medio de la cual, los operarios en la industria se comunican con el proceso en tiempo real. Una interfaz máquina hombre consiste básicamente en una pantalla, por lo general de tipo táctil con conexión de diferentes redes para realizar la comunicación con el controlador, esta posee su propia unidad de procesamiento la cual es capaz de enviar señales según la necesidad. Además de controlar, las interfaces HMI también permiten el monitoreo del proceso de forma remota o de forma local.

La pantalla que se propuso en la cabina de bioseguridad (véase figura 4) es utilizada para controlar los dispositivos electromecánicos (motores, luz UV, luz fluorescente, etc), configurar la puesta en marcha manual y semiautomática, apreciar alarmas, y además visualizar no solo las variables físicas en tiempo real, sino también el monitoreo del proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 4. SIMATIC HMI - KTP400 BASIC. Fuente:

<http://www.automation24.es/sistemas-de-control/panel-hmi-siemens-ktp400-basic-pn-6av2123-2db03-0ax0-i102-1728-0.htm>.

2.3.3 TIA PORTAL (Totally Integrated Automation).

TIA Portal es el innovador software de ingeniería de la empresa SIEMENS que permite configurar un entorno unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7 y WinCC, hecho que nos motivó a usar dicho software para programar tanto el PLC S7 1200 como la pantalla HMI, cuya función es seguir una serie de segmentos programados con el fin de realizar las tareas necesarias durante la operación de las cabinas de seguridad biológica.

2.4 Sistema mecánico.

Un mecanismo es un dispositivo que convierte el movimiento en un patrón deseable, y por lo general desarrolla fuerzas muy bajas y transmite poca potencia. Se define a un mecanismo como un medio de transmisión, control o restricción del movimiento relativo. Una máquina, en general, contiene mecanismos que están diseñados para producir y transmitir fuerzas significativas. (L. Norton, 2009).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El sistema mecánico de la cabina de bioseguridad está compuesto por la estructura de ventilación que consta de un ventilador con accesorio inyector de aire (blower) (véase figura 5), el cual genera el flujo de aire que recircula dentro de la cabina y una base en material inoxidable que sostiene todos los componentes.

- Ventilador (Centrifugo, eje medio, relación de transmisión directa con relación 1:1).
- Base (Dimensión: 1330mm x 750mm x 725mm, tipo de material: Tubo 1 ½" x Tubo 1 ½" Aero inoxidable calibre 20).



Figura 5. Ventilador con blower. **Fuente:**

http://www.controlsdrivesautomation.com/page_494430.asp

2.5 Proceso de mezclas.

Para la obtención de resultados en relación con la seguridad y salud de los trabajadores, la protección del medio ambiente y el control y seguridad de los productos trabajados, se han establecido y probado una serie de procedimientos que deben seguirse de forma ordenada para lograr un buen rendimiento y efectividad al trabajar con cabinas de seguridad biológica. Entre los más destacados se encuentran los siguientes (OPS, 2002).

La protección se logra mediante la combinación de elementos electromecánicos siguiendo el proceso descrito a continuación:

- Poner en marcha la cabina de seguridad biológica, actividad que consiste en encender el motor y la luz ultra violeta a fin de purgar los filtros y esterilizar la zona protegida.
- Apagar la luz ultravioleta y encender la luz fluorescente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Limpiar la superficie de trabajo con un producto adecuado (por ejemplo, alcohol etílico al 70%).
- Desarrollar los procedimientos.
- Al finalizar, dejar en marcha la cabina durante al menos 15 minutos.
- El ventilador permanece encendido durante todo el proceso.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

La metodología de este proyecto se centra en especificar la automatización de los procesos de una cabina de seguridad biológica, diseño de la interfaz usuario máquina HMI, diseño del software de automatización usando TIA Portal V13 y el dimensionamiento tanto de componentes mecánicos como de la instalación eléctrica.

Identificación de componentes y procesos manuales.

El conjunto de elementos que componen la cabina de seguridad biológica se puede dividir en dos grupos, los elementos mecánicos como el ventilador y el chasis, y los elementos eléctricos como el motor y las luces ultravioleta y fluorescente.

Los procesos de funcionamiento de los gabinetes de bioseguridad que se identificaron en el manual de operación de cabinas de flujo laminar horizontal (Validarr LTDA, 2011), en el cual se evidencia el proceso de funcionamiento, obligando al operario a estar pendiente del encendido del ventilador y las luces en cada procesos que se realiza en la cabina, además de estar pendiente de los tiempos en cada proceso.

Dada la anterior situación, el operario también está expuesto a un riesgo biológico, pues según el ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, (NTP 233, 1988). Afirma que; “Es un hecho aceptado que una buena parte de las infecciones adquiridas en los laboratorios son debidas, además de a los accidentes que pueden tener lugar (roturas, salpicaduras, cortes y pinchazos, etc.), a la inhalación de aerosoles con potencialidad infectiva que se generan en las diversas operaciones del laboratorio clínico, como por ejemplo: pipeteo, flameado, apertura de recipientes a diferente presión de la atmosférica, agitación, centrifugación, etc.” En nuestro trabajo se garantizan todas estas características de seguridad que brindan dichas cabinas por medio de la automatización.

Diseño de software para el sistema de control.

Para el control de los elementos y variables de la cabina de bioseguridad se diseña un programa en cual se opera de forma manual y automática las secuencias de los procesos y actividades en el gabinete de seguridad.

Dada la secuencia de trabajo descrita por (OPS, 2002). Se realiza la programación del PLC (Véase la tabla 1.).

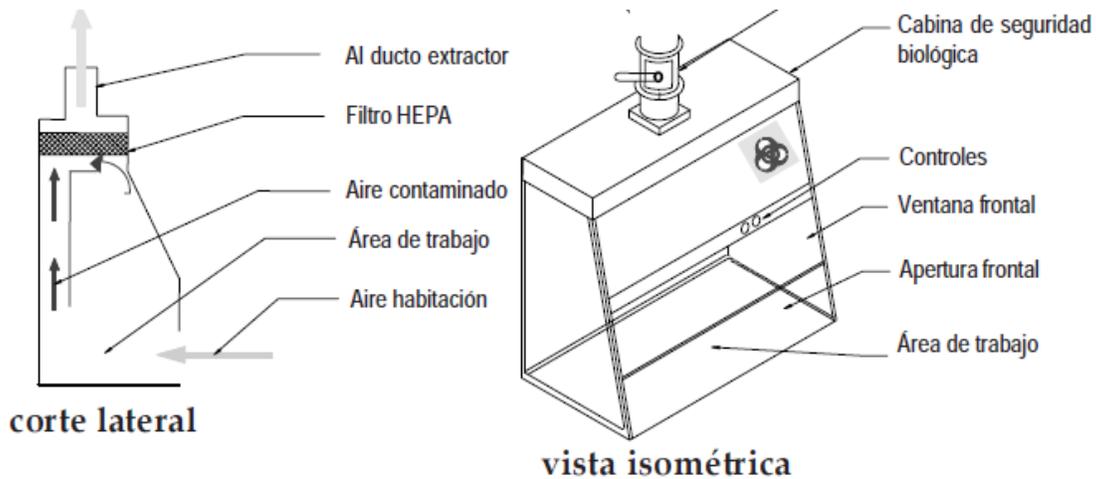


Figura 6. Imagen detallada de la parte superior de la cabina de bioseguridad.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud, 2002, cabinas de seguridad biológica, primera edición.

Actividad	Descripción
	Colocar en marcha la cabina durante 5-10 minutos, a fin de purgar los filtros y esterilizar la zona protegida. Esto se logra girando perilla derecha de encendido de motor y la luz ultravioleta.
	Comprobar que el manómetro situado en la parte superior se estabiliza e indica la presión adecuada (varía con el modelo de cabina).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Al iniciar el trabajo.	<p>Apagar la luz ultravioleta (si estuviera encendida) y encender la luz fluorescente. Esto se logra girando perilla del medio de encendido de lámparas.</p>
	<p>Limpiar la superficie de trabajo con un producto adecuado (por ejemplo, alcohol etílico al 70%).</p>
	<p>Antes y después de haber trabajado en una cabina deberían lavarse con cuidado manos y brazos, prestando especial atención a las uñas</p>
	<p>Se aconseja emplear batas de manga larga con bocamangas ajustadas y guantes de látex. Esta práctica minimiza el desplazamiento de la flora bacteriana de la piel hacia el interior del área de trabajo, a la vez que protege las manos y brazos del operario de toda contaminación</p>
	<p>En determinados casos, además es recomendable el empleo de mascarilla.</p>
Durante la manipulación.	<p>Todo el material a utilizar (y nada más) se sitúa en la zona de trabajo antes de empezar. De esta forma se evita tener que estar continuamente metiendo y sacando material durante el tiempo de operación.</p>
	<p>Es aconsejable haber descontaminado el exterior del material que se ha introducido en la cabina.</p>
	<p>Mantener al mínimo la actividad del laboratorio en el que se localiza la cabina en uso, a fin de evitar corrientes de aire que perturben el flujo. El flujo laminar se ve fácilmente alterado por las corrientes de aire ambientales provenientes de puertas o ventanas abiertas, movimientos de personas, sistema de ventilación del laboratorio.</p>
	<p>Cuando deban emplearse asas de platino es aconsejable el incinerador eléctrico o, mejor aún, asas desechables.</p>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	No se utilizará nunca una cabina cuando esté sonando alguna de sus alarmas.
	Es conveniente recordar que cuanto más material se introduzca en la cabina, la probabilidad de provocar turbulencias de aire se incrementa.
Al finalizar el trabajo.	Limpiar el exterior de todo el material que se haya contaminado.
	Vaciar la cabina por completo de cualquier material.
	Limpiar y descontaminar con alcohol etílico al 70% o producto similar la superficie de trabajo.
	Dejar en marcha la cabina durante al menos 15 minutos.
	Conectar si fuera necesario la luz ultravioleta (UV). Conviene saber que la luz UV tiene poco poder de penetración por lo que su capacidad Descontaminante es muy limitada.

Tabla 1. Secuencia de trabajo. **Fuente:** Manual y operación de cabina de flujo laminar horizontal, Validarr LTDA, 2011.

Luego de la identificación de los procesos manuales y basados en la secuencia de la tabla anterior, se dio paso a la clasificación de los componentes de la cabina idóneos para la debida automatización, los finales de carrera para los topes en el cierre y apertura del vidrio frontal, los sensores de presión en el área de trabajo y los filtros para monitorear la presión de vacío necesaria para el uso de la cabina y el sensor de temperatura que indica el lumbral ideal para hacer las mezclas sin riesgo a pérdida de la solución a realizar.

Las entradas y salidas se muestran a continuación (véase tabla 2 y tabla 3).

Nombre	Tabla de variables	Tipo de dato	Dirección
FinalCarrera_Up	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.0
FinalCarrera_Down	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.1
Sensor1_Presion	Tabla de variables estándar	Int	%IW64
Sensor2_Presion	Tabla de variables estándar	Int	%IW66
Sensor3_Temperatura	Tabla de variables estándar	Int	%IW68

Tabla 2. Entradas digitales y análogas. **Fuente:** Autores.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Nombre	Tabla de variables	Tipo de dato	Dirección
MotorAc	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.0
Luz_Uv	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.1
Luz_Fluorescente	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.2
Sirena	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.3

Tabla 3. Salidas digitales. **Fuente:** Autores.

Para las entradas físicas del PLC se tienen

Final de carrera de puerta arriba: es la señal producida por el final de carrera alto indicando el límite de apertura máximo de la puerta. Su nombre es FinalCarrera_Up y su dirección de memoria es I0.0.

Final de carrera de puerta abajo: Es la señal producida por el final de carrera bajo indicando el límite de inferior máximo de la puerta. Su nombre es FinalCarrera_Down y su dirección de memoria es I0.1.

Sensor de presión 1: Este sensor de presión está ubicado en los filtros y su señal análoga se usa para monitorear la presión de vacío. Su nombre es Sensor1_Presion y su dirección de memoria es IW64.

Sensor de presión 2: Este sensor de presión está ubicado en el área de trabajo y su señal se usa para monitorear la presión de vacío. Su nombre es Sensor2_Presion y su dirección de memoria es IW66.

Sensor de temperatura: Este sensor está ubicado en el área de trabajo y brinda una señal, la cual le da seguridad al usuario de poder realizar la mezcla sin riesgo de pérdida. Su nombre es Sensor3_Temperatura y su dirección memoria es IW68.

Para las salidas físicas del PLC se tienen

Ventilador: Este componente se usa para el flujo de aire a través de los filtros, y para la generación de la presión de vacío. Su nombre es MotorAC y su dirección Q0.0.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Luz Ultravioleta: Éste dispositivo es el encargado del proceso de esterilización antes y después de manipular el área de trabajo. Su nombre es Luz_Uv y su dirección de memoria es Q0.1.

Luz Fluorescente: Se activa durante el proceso de mezcla como herramienta de ayuda luminaria. Su nombre es Luz_Fluorescente y su dirección de memoria es Q0.2.

Sirena: Este dispositivo se activa cuando la presión o la temperatura muestran una variación no deseada que pueda afectar al operario o a la mezcla. Su nombre es Sirena y su dirección de memoria es Q0.3.

Diseño de cableado eléctrico.

Se realiza un levantamiento de señales y energización de componentes para generar un plano eléctrico, en el cual se incluyen las dos etapas de potencia de baja tensión que se necesitan en la cabina de seguridad biológica (230V AC y 110V AC), la distribución de los componentes de acuerdo a su alimentación y se incluye las señales de accionamiento generadas por el autómata programable.

Diseño mecánico.

Se dimensiona el área de trabajo de acuerdo a la disposición que necesita cada uno de los sistemas que se van a integrar para la automatización del gabinete de bioseguridad. Dadas las anteriores condiciones y para optimizar espacio, se selecciona la transmisión entre el motor y ventilador tipo directo con relación 1:1, las dimensiones de la cabina se toman de las tolerancias permitidas por las normas nacionales e internacionales, en cuanto a la estructura de acero que sostiene todos los elementos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensionamiento mecánico

Esta son las medidas que se logran dimensionar para el diseño de la nueva cabina de seguridad biológica. Basados en la información y dimensiones suministrada por (OPS 2002) y (Validarr 2011), (véase tabla 4).

Dimensionamiento		
VIDRIOS LATERALES	Dimensiones	611mm x 622mm x 5mm
	Color	Transparente
	Dureza	Laminado 3 + 3.
	Espesor	5mm
VIDRIO FRONTAL	Dimensiones	1270mm x 302mm x 5mm
	Color	Transparente
	Dureza	Laminado 3 + 3
	Espesor	5 mm.
BASE	Dimensión	1330mm x 750mm x 725 mm.
	Tipo de material	Tubo 1 ½" x Tubo 1 ½" Aero inoxidable calibre 20.
	Niveladores	4 rodachinas de 3/8". Soporte de neopreno rígido.

Tabla 4. Dimensionamiento mecánico. **Fuente:** Autores.

Cableado eléctrico

El plano eléctrico de la cabina (véase figura 7), hace referencia al nuevo diseño del cableado, partiendo del control del PLC sobre los sistemas que intervienen en los procesos del gabinete de bioseguridad.

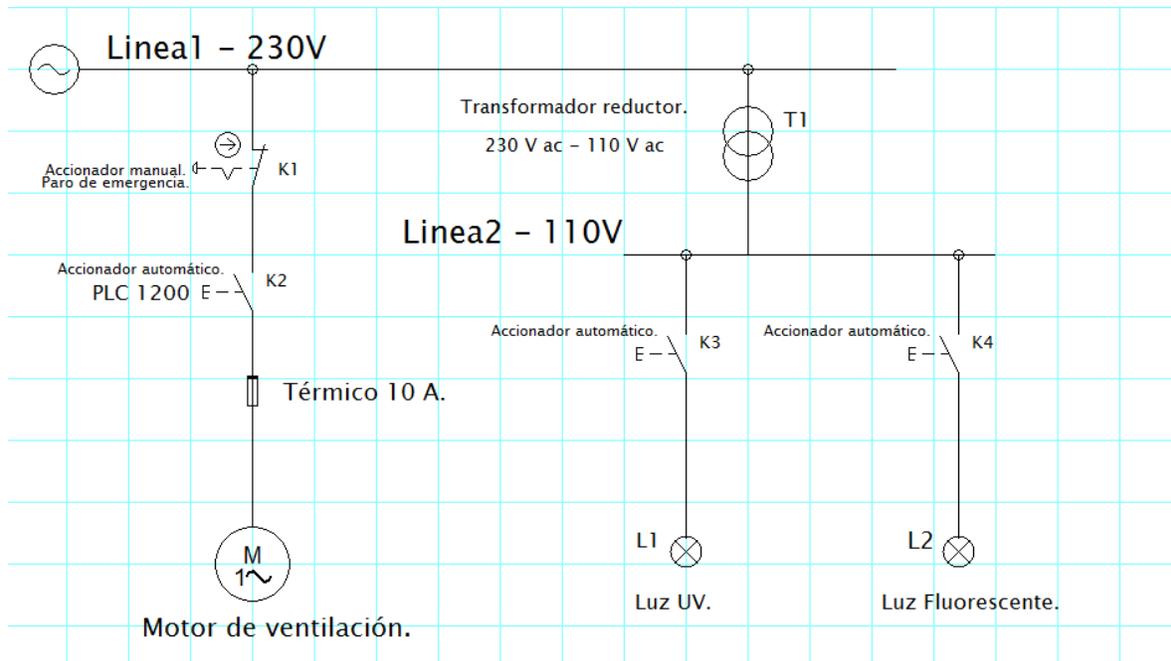


Figura 7. Plano eléctrico. **Fuente:** Autores del proyecto.

En la figura 7 se aprecia los requerimientos técnicos del cableado para una instalación que contempla dos etapas de baja tensión, una a 230V AC y una de 110V AC, desarrollado en el software ProfiCAD.

Diseño del software implementado

Evaluación de puesta en marcha

Del proceso de caracterización e identificación del sistema técnico se obtuvo: La transformación de todos los procesos que se hacían en la cabina por medio de botones mecánicos, a una interfaz táctil usuario – máquina, la cual contiene dos modos de operación, modo manual y modo automático (véase figura 8).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 8. Pestaña Home Panel táctil HMI. **Fuente:** Autores.

Como se observa en la figura 8, el nuevo ambiente con la interfaz de control para los componentes tanto eléctricos y mecánicos como cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la realización de actividades de mezcla, brinda al operario un control en tiempo real y minimizar el riesgo biológico al tener un contacto más lejano y preciso.

La interfaz permite al usuario dos modos de operación: modo manual y modo automático.

Modo Manual

En este modo se le otorga al usuario controlar de forma independiente cada elemento y proceso, con el fin de verificar un buen funcionamiento y facilitar las labores de mantenimiento (véase figura 9).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 9. Pestaña Modo manual Panel HMI. **Fuente:** autores.

Los botones táctiles ***Motor***, ***Luz Ultravioleta*** y ***Luz Fluorescente*** están programados de manera tal, que el usuario al tocarlos por primera vez, active el ítem seleccionado y si este los toca de nuevo, el componente dará por finalizada su tarea, procediendo a apagarse.

Modo automático

En este modo de operación el usuario solo realiza la orden de ***inicio*** o ***final del proceso*** (véase figura 10).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 10. Pestaña Modo Automático Panel HMI. **Fuente:** autores.

Cuando el usuario presiona **Iniciar Proceso**, se da paso a la intervención del PLC generando las secuencias automáticas programadas, garantizando como primera instancia la purga de los filtros y la esterilización de la máquina con el encendido de la luz ultra violeta y el ventilador durante un tiempo controlado, evitando así que el operario deba realizar dicho proceso de forma manual, luego del tiempo de inicio de proceso se apaga la luz ultravioleta y se enciende la luz fluorescente, indicando así al operario que puede empezar a manipular el área de trabajo. En la pantalla aparece un último botón el cual se llama **Finalizar Proceso**, este es un requerimiento, pues luego de manipular el área de trabajo se debe realizar una limpieza adecuando que consiste en encender la luz ultravioleta y el ventilador por un determinado tiempo estandarizado por normas internacionales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

De este proceso automático vale la pena resaltar como se le brinda una mano al operario tanto en términos de salud como en eficiencia para la realización y conservación de las mezclas por medio de la automatización de dichos procesos.

Los botones **Arriba** y **abajo**, presentes en las pestañas Modo Manual y Modo automático del panel HMI, no son más que dos indicadores de límite máximo de apertura y cierre del vidrio o puerta frontal, que cambiaran su color al estar en las mencionadas posiciones.

Tabla de marcas del sistema.

MOn_auto	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.0
Tag_3	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.1
MmotorACauto	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.1
MLuvAuto	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.2
MLuzFluAuto	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.3
Mpuertaup	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.0
Mpuertadown	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.1
Marcas_Manual	Tabla de variables estándar	Int	%MW4
MotorAcOnman	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.0
MotorAcOffMan	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.1
LuvOnMan	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.2
LuvOffMan	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.3
LuzfluOnMan	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.4
LuzfluOffMan	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.5
Marcas_Auto	Tabla de variables estándar	Int	%MW8
Inicio_Auto	Tabla de variables estándar	Bool	%M8.4
BotonFinal_Auto	Tabla de variables estándar	Bool	%M8.5
Boton_MotorAC	Tabla de variables estándar	Bool	%M10.0
Boton_Uv	Tabla de variables estándar	Bool	%M10.1
Boton_Lflu	Tabla de variables estándar	Bool	%M10.2
Tag_1	Tabla de variables estándar	Bool	%M10.3
BotonPuerta_Up	Tabla de variables estándar	Bool	%M12.0
BotonPuerta_Down	Tabla de variables estándar	Bool	%M12.1
Boton_ModoAuto	Tabla de variables estándar	Bool	%M14.0
SegPresion1	Tabla de variables estándar	Bool	%M50.0
SegPresion2	Tabla de variables estándar	Bool	%M50.1
SegTemperatura	Tabla de variables estándar	Bool	%M50.2
Presion1_Normalizada	Tabla de variables estándar	Real	%MD80

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Presion1_escalada	Tabla de variables estándar	Real	%MD84
Presion2_Normalizada	Tabla de variables estándar	Real	%MD88
Presion2_escalada	Tabla de variables estándar	Real	%MD92
Temperatura_Normalizada	Tabla de variables estándar	Real	%MD96

Variables a controlar propuestas para aumentar la eficiencia del sistema.

Al analizar el sistema se pudo determinar que habían dos variables a controlar para aumentar la eficiencia en el proceso de realización de las mezclas, dichas variables son la temperatura y el monitoreo de la presión de vacío en el área de trabajo y en los filtros. Estas variables envían la información al controlador para un constante monitoreo y así generar alarmas en caso perturbaciones.

Costos

Los costos del equipo de seguridad biológica automatizada son estimados en doce millones ochocientos cuarenta y tres mil seiscientos noventa y siete pesos. En la tabla 5 se prestan los valores cotizados.

<i>Ítem</i>	<i>Precio (COP)</i>
<i>Cabina de seguridad biológica</i>	10.856.000
<i>Siemens PLC 1200 CPU 1212C</i>	887.697
<i>Simatic HMI KTP 400 basic</i>	1.100.000

Tabla 5. Lista de precios.

La cabina de seguridad biológica fue cotizada en la empresa Validarr LTDA, en su precio se incluyen tanto la cabina de seguridad como los componentes eléctricos y mecánicos, mientras que los valores cotizados del PLC y la pantalla HMI fueron facilitador por el Ingeniero Juan Felipe Betancourt, Gerente Administrativo de la empresa SIMAC.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

- ✓ Se llevó a cabo la evaluación de los sistemas mecánico, eléctrico y de control manual en la cabina de seguridad biológica. La automatización de los procesos en cada una de las actividades de los gabinetes, logra que la puesta en marcha, uso durante el proceso de mezcla y finalización de proceso, cumplan con los requisitos de su normal funcionamiento de forma autónoma y agradable al usuario en comparación como se realizaba en modelo anterior.

- ✓ Con el análisis del área de trabajo a intervenir, fueron dimensionadas las medidas convenientes para acoplar al equipo el PLC, logrando mantener los espacios necesarios para el normal funcionamiento de los equipos mecánicos.

- ✓ Se desarrolló un sistema de cableado eléctrico que permitiera un cumplimiento acorde a las necesidades caracterizadas para el suministro eléctrico y la intervención del PLC sobre los componentes a controlar, repercutiendo en la disminución de desperdicios y el consumo eléctrico.

- ✓ Se diseñó un programa que facilita la comunicación de la máquina con el operario, permitiendo que la máquina procese secuencias automáticas con poca intervención humana y resultados precisos. El sistema SCADA monitorea en tiempo real variables físicas que pueden afectar la mezcla, optimizando el uso de los recursos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2 Recomendaciones.

- ✓ Tener cuidado a la hora de manipular el software diseñado en TIA Portal V13, puesto que los tiempos de temporizado y las márgenes permitidas en las variables análogas fueron previamente establecidas de acuerdo a normas internacionales.
- ✓ Para una buena simulación, se recomienda revisar la secuencia de trabajo descrita en la metodología, con el fin de hacer un buen uso de los modos manual o automático en la pantalla HMI.

5.3 Trabajo futuro.

- ✓ Implementar la construcción de la cabina de seguridad biológica automatizada que se propone en el presente proyecto, haciendo uso de los elementos y software propuesto.
- ✓ Diseñar un software modificable en el cual se implementen recetas establecidas para que el operario pueda realizar trabajos con diferentes materiales de mezcla, con el fin de expandirse a nuevos procesos.
- ✓ Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo basado en el modo manual, a fin de comprobar periódicamente el correcto funcionamiento tanto del software como los elementos mecánicos y eléctricos que intervienen en los procesos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

Organización Panamericana de la Salud, 2002, cabinas de seguridad biológica, primera edición, páginas 1-77, Organización Panamericana de la Salud, Washington D.C, U.S.A.

Zelian Equipamento de laboratorio, 2011, Cabina de seguridad biológica, Clase II tipo A2.

James T. Wagner, 2007, Demystifying biological safety cabinets – getting the most out of the primary engineering controls used in microbiology laboratories, Clinical Microbiology Newsletter, volume 29, Pages 105–111.

Wen, Z., Yang, W., Li, N., Wang, J., Y Hu, L. (2014). Assessment of the risk of infectious aerosols leaking to the environment from BSL-3 laboratory HEPA air filtration systems using model bacterial aerosols. Particuology volume 13, 82-87.

García Jaimes, L. E. (2010). Control Digital Teoría y prácticas. Colombia: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

L. Norton, R. (2009). Diseño de Maquinaria síntesis y análisis de máquinas y mecanismos. Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

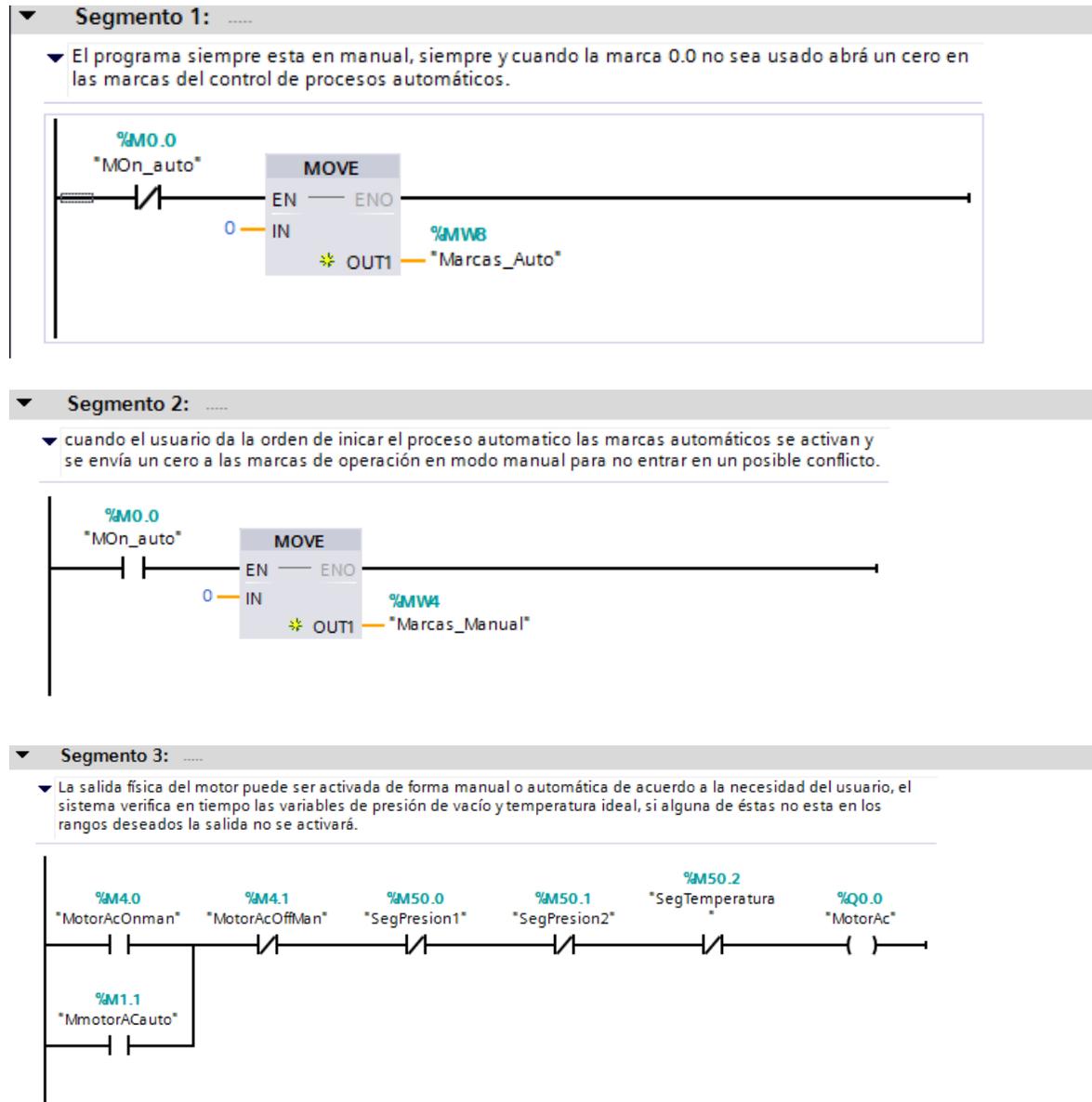
Manual y operación de cabina de flujo laminar horizontal, Validarr LTDA, 2011.

NTP 233 (1988). Nota técnica de prevención de cabinas de seguridad biológica - Centro nacional de condiciones de trabajo - España: NTC.

APÉNDICE

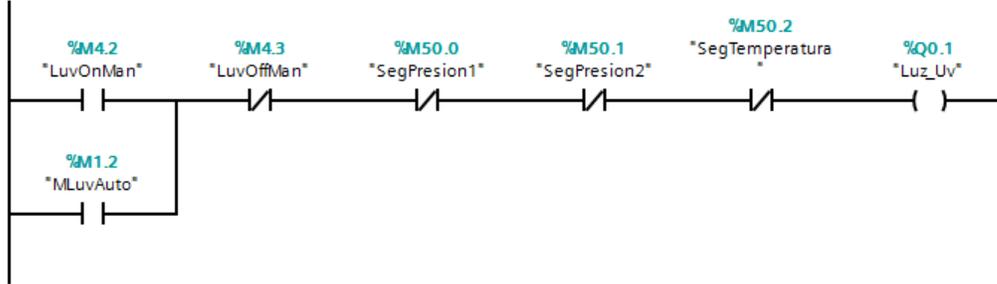
Programación en lenguaje Ladder.

Bloque de programación [OB1]



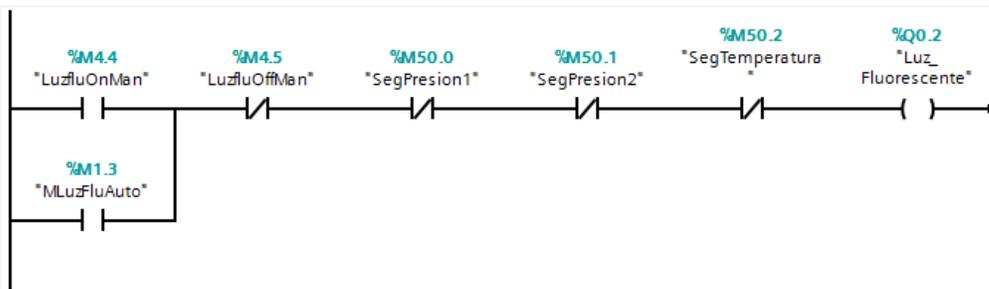
▼ **Segmento 4:**

▼ La salida física de la luz ultravioleta puede ser activada de forma manual o automática de acuerdo a la necesidad del usuario, el sistema verifica en tiempo las variables de presión de vacío y temperatura ideal, si alguna de éstas no esta en los rangos deseados la salida no se activará.



▼ **Segmento 5:**

▼ La salida física de la luz fluorescente puede ser activada de forma manual o automática de acuerdo a la necesidad del usuario, el sistema verifica en tiempo las variables de presión de vacío y temperatura ideal, si alguna de éstas no esta en los rangos deseados la salida no se activará.



▼ **Segmento 6:**

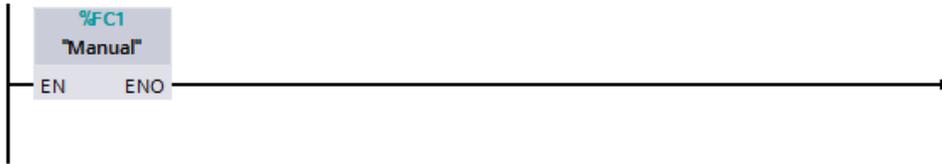
▼ La alarma se activa cuando algunos de los sensores presente anomalías en los rangos programados.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

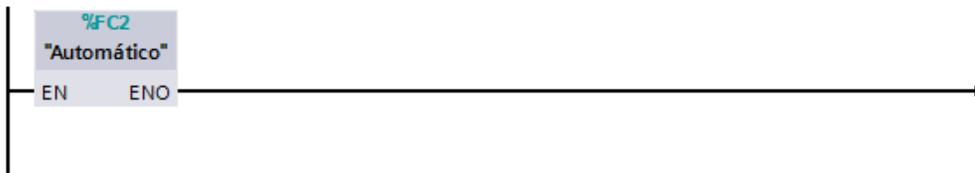
▼ **Segmento 7:**

Activación del bloque de función del proceso manual.



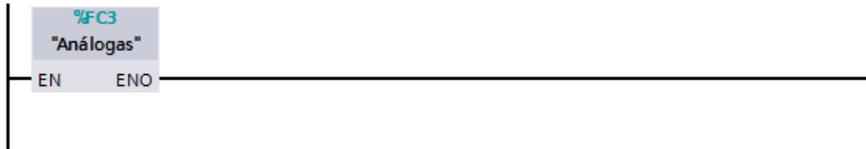
▼ **Segmento 8:**

Activación del bloque de función del proceso automático.



▼ **Segmento 9:**

Activación del bloque de función del control de las variables físicas.



Bloque de función manual [FC1]

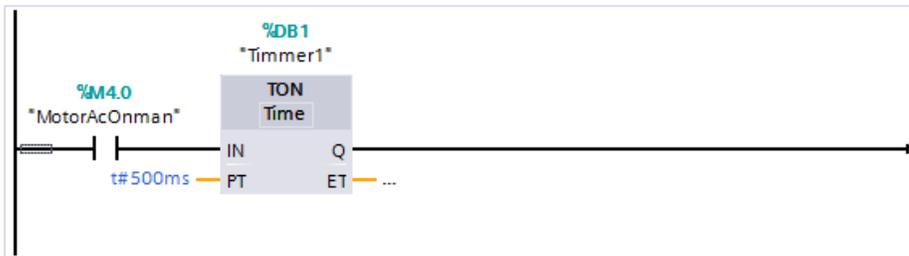
▼ **Segmento 1:**

- ▼ cuando el usuario presiona por primera vez el boton del motor, la marca 4.0 activa la salida física del motor.



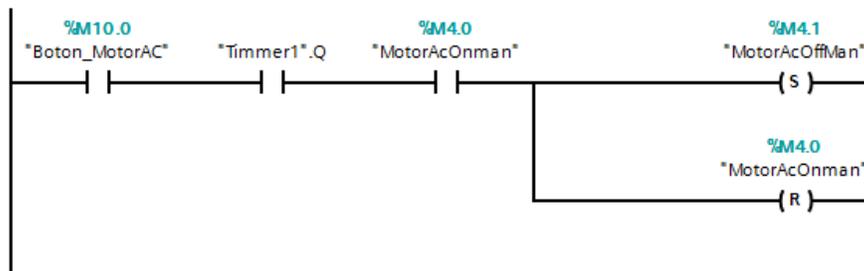
▼ **Segmento 2:**

Temporizador que se activa para generar una señal de translapado de marcas.



▼ **Segmento 3:**

▼ El traslapo anterior se toma en este bloque y genera que el motor pare marcha cuando el usuario selecciona por segunda vez el boton del motor.



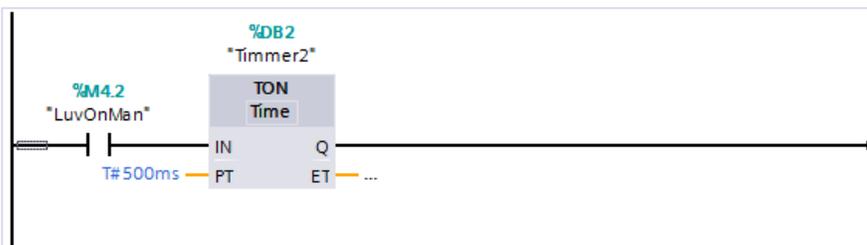
▼ **Segmento 4:**

▼ cuando el usuario presiona por primera vez el boton de Luz UV, la marca 4.2 activa la salida física de la luz



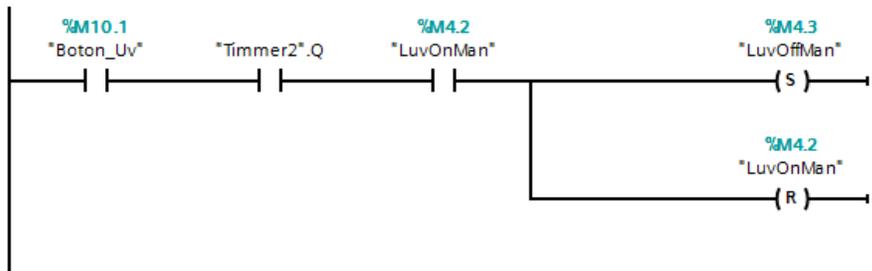
▼ **Segmento 5:**

Temporizador que se activa para generar una señal de translapado de marcas.



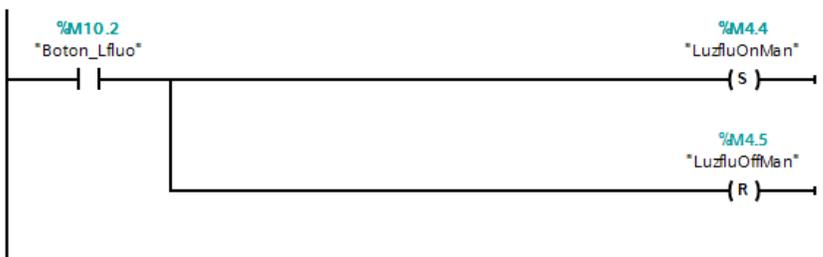
▼ **Segmento 6:**

- ▼ El traslape anterior se toma en este bloque y genera que la luz se apague cuando el usuario selecciona por segunda vez el boton del luz uv.



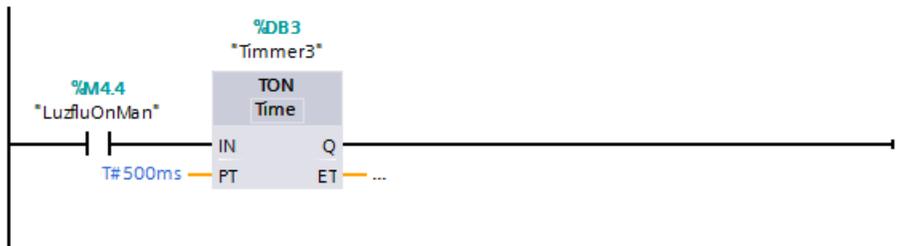
▼ **Segmento 7:**

- ▼ cuando el usuario presiona por primera vez el boton de Luz fluorescente, la marca 4.4 activa la salida física de la luz



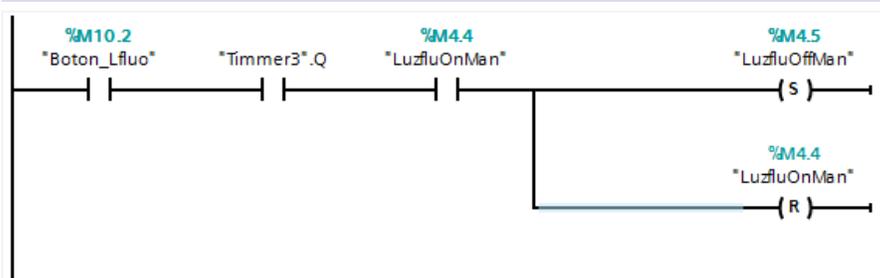
▼ **Segmento 8:**

Temporizador que se activa para generar una señal de traslapo de marcas.



▼ **Segmento 9:**

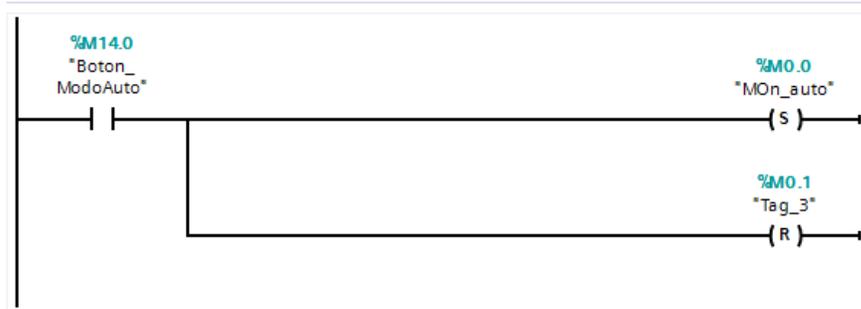
- ▼ El traslape anterior se toma en este bloque y genera que la luz se apague cuando el usuario selecciona por segunda vez el boton del luz fluorescente.



Bloque de función automático [FC2]

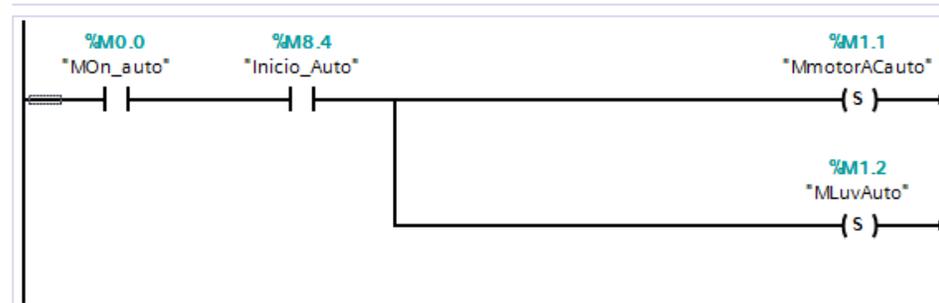
Segmento 1:

- El modo automatico posee dos botones, uno de inicio y uno de finalizado de proceso. cuando se selecciona el boton de inicio el sistema pone en altos las marcas del proceso automático.



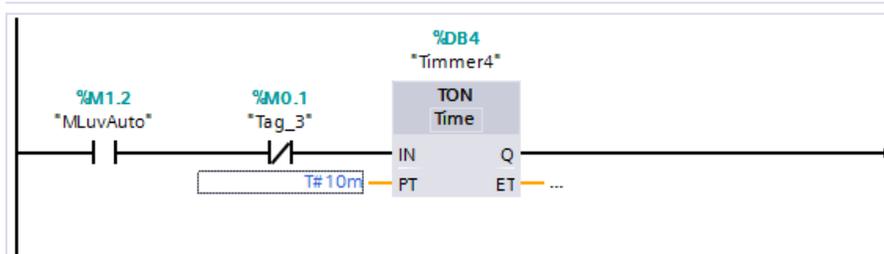
Segmento 2:

- cuando las marcas del modo automático y el inicio del mismo está activadas se encienden tanto el motor como la luzuv para comenzar con el proceso de esterilización.



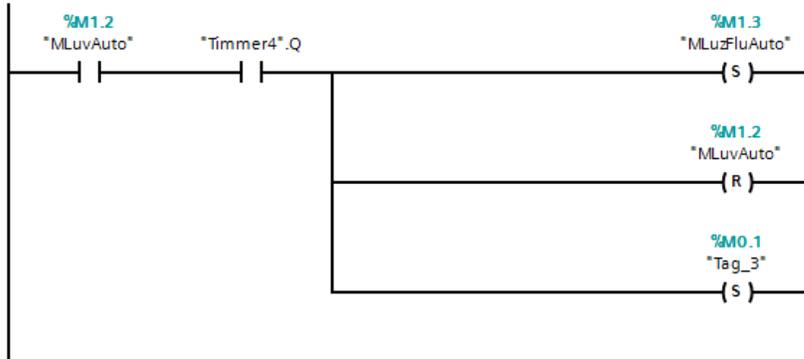
Segmento 3:

- El proceso anterior tiene un tiempo estandarizado de 10 minutos.



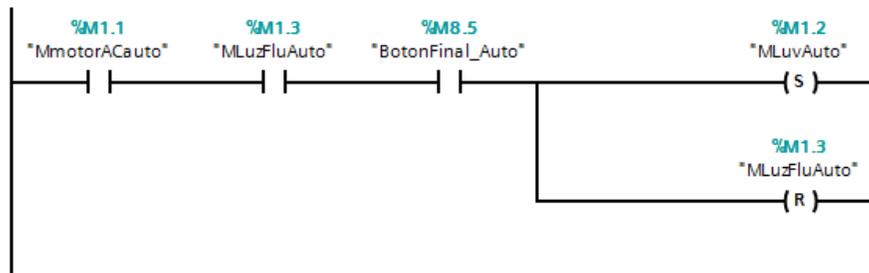
▼ **Segmento 4:**

▼ Luego de que pasan los 10 minutos se apaga la luz uv, se enciende la luz fluorescente y así se le indica al operario que puede empezar el proceso de mezcla.



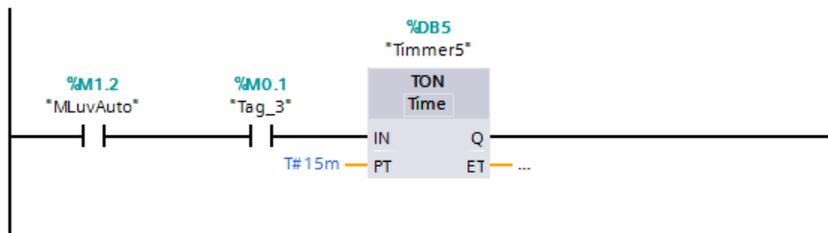
▼ **Segmento 5:**

▼ cuando el operario termina el proceso de mezclado debe de indicarselo al sistema mediante el boton de final de proceso para que la luz fluorescente se apague y se encienda la luz uv para la desinfección del area de trabajo.



▼ **Segmento 6:**

el proceso de limpieza final dura 15 minutos.



▼ **Segmento 7:**

▼ Pasados los 15 minutos el sistema procede al apagado de la luzuv y el motor, al mismo tiempo que resetea las marcas del modo automático para cuando el usuario desee usar de nueva el sistema.



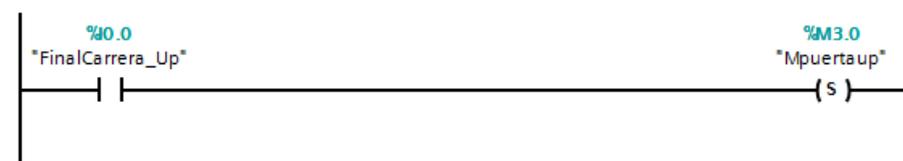
▼ **Segmento 8:**

cuando el final de carrera llega a su tope minimo se le mostrará en pantalla al usuario.



▼ **Segmento 9:**

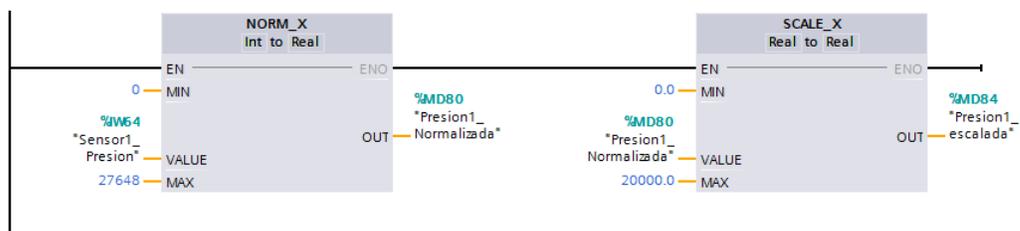
cuando el final de carrera llega a su tope maximo se le mostrará en pantalla al usuario.



Bloque de función análoga [FC3]

▼ **Segmento 1:**

▼ Se toma la entrada física análoga del sensor de presión1 ubicado en el área de trabajo y se normaliza para cambiar los valores a datos que el plc entienda, luego con ese dato normalizada se escala para mostrar equivalencia con los valores reales del sensor.
 0 = 0
 27648 = 20000 PSI



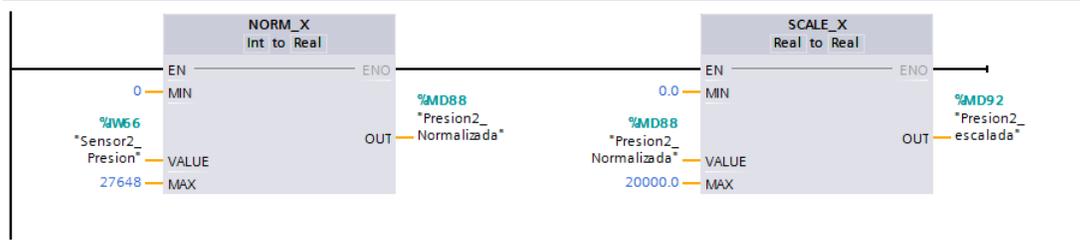
Segmento 2:

una vez escalizados los valores del plc, se toma dicho valor entero y acota en los valores que según las normas internacionales son las idoneas para realizar el proceso de mezcla, si el valor se sale de los rangos acotados activará la marca que dará paso a la alarma.



Segmento 3:

Se toma la entrada física análoga del sensor de presión2 ubicado en el área de filtros y se normaliza para cambiar los valores a datos que el plc entienda, luego con ese dato normalizada se escala para mostrar equivalencia con los valores reales del sensor.
 0 = 0
 27648 = 20000 PSI



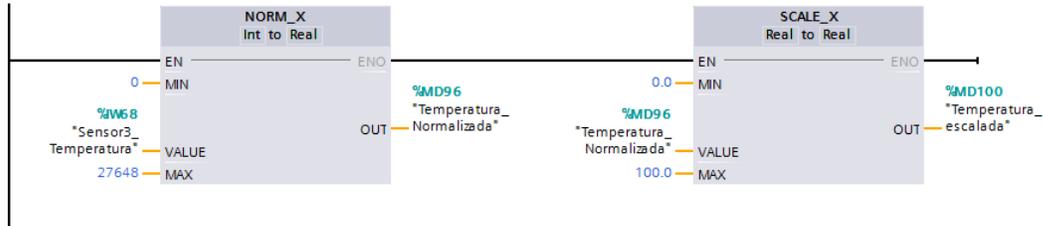
Segmento 4:

una vez escalizados los valores del plc, se toma dicho valor entero y acota en los valores que según las normas internacionales son las idoneas para realizar el proceso de mezcla, si el valor se sale de los rangos acotados activará la marca que dará paso a la alarma.



▼ **Segmento 5:**

▼ Se toma la entrada física análoga del sensor de temperatura ubicado en el área de trabajo y se normaliza para cambiar los valores a datos que el plc entienda, luego con ese dato normalizado se escala para mostrar equivalencia con los valores reales del sensor.
 0 = 0
 27648 = 100 grados centígrados.



▼ **Segmento 6:**

▼ una vez escalados los valores del plc, se toma dicho valor entero y acota en los valores que según las normas internacionales son las idoneas para realizar el proceso de mezcla, si el valor se sale de los rangos acotados activará la marca que dará paso a la alarma.



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



FIRMA ESTUDIANTES _____



FIRMA ASESOR _____



FECHA ENTREGA: 17/11/16

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO ___ ACEPTADO ___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES ___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FECHA ENTREGA: _____