

**ADAPTACIÓN DEL PROCESO Y SU ESTRATEGIA DE CONTROL EN LA
MÁQUINA EXTRUSORA DE ACEITE DE LA SEMILLA DE ALGODÓN PARA LA
OBTENCIÓN DE CONDICIONES DE ALTA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN
FUTURA DE BIOCOMBUSTIBLES.**

OSCAR JAVIER GARCIA BARON



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN
SECCIONAL BUCARAMANGA
2009**

**ADAPTACIÓN DEL PROCESO Y SU ESTRATEGIA DE CONTROL EN LA
MÁQUINA EXTRUSORA DE ACEITE DE LA SEMILLA DE ALGODÓN PARA LA
OBTENCIÓN DE CONDICIONES DE ALTA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN
FUTURA DE BIOCOMBUSTIBLES.**

OSCAR JAVIER GARCIA BARON

PROYECTO DE GRADO

**ING. JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACIÓN
SECCIONAL BUCARAMANGA
2009**

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, Diciembre de 2009

Bucaramanga, Diciembre de 2009

A Dios, por estar siempre a mi lado y darme fuerzas para seguir adelante, por permitirme crecer y compartir cada día de mi vida con mi familia, ante todo por

la oportunidad de brindarme la oportunidad de ir tras de mis sueños.

A mi padre y a mi madre por amarme tanto, por su apoyo constante e incansable por enseñarme la grandeza de trabajar por mis sueños y seguir adelante.

A mi hermana Kelly por el ánimo constante y por sus consejos oportunos y por la confianza brindada.

Al Ingeniero Juan Carlos, por su colaboración y su insistencia en el valor del trabajar día a día, por su apoyo como un gran amigo y ser humano.

A Ludwig y Víctor por sus servicios prestados en el mantenimiento de la maquina.

A todos y cada uno de los ingenieros y doctores que enriquecieron con su aporte el desarrollo del proyecto de grado.

Oscar Javier García Barón

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Juan Carlos Mantilla por la orientación, apoyo, cordialidad y disposición con la que nos apoyo en las situaciones que se presentaron.

Agradecemos al ingeniero Alfonso Santos quien nos oriento y apoyo durante el proceso de ejecución del proyecto.

Al personal de mantenimiento y los ingenieros que nos colaboraron y orientaron en todos los aspectos en el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN.....	1
1. PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN.....	2
1.1. ACEITE VEGETAL.....	2
1.1.1. Métodos de extracción.....	2
1.2. BIOCOMBUSTIBLES.....	3
1.2.1. Beneficios de los biocombustibles.....	4
1.3. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROCESO.....	4
1.3.1. Estructura y elementos mecánicos de la maquina.....	5
1.3.2. Automatización del proceso.....	6
2. MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS OPERATIVAS DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE	9
2.1. SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y HUMIDIFICACIÓN DE LA SEMILLA.....	9
2.2. SISTEMA DE ASPERSIÓN.....	10
2.3. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	11
2.4. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL.....	12
2.4.1. Diagrama de flujo de la estrategia.....	13
2.4.2. Estimación de los parámetros PID del controlador.....	14
2.4.3. Interfaz Gráfica.....	20

2.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ETHERNET ENTRE EL PLC Y EL PC SUPERVISOR.....	25
2.6 MANUAL DE OPERACIÓN ACTUALIZADO.....	26
3. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN.....	27
3.1. TEMPERATURA FIJA HUMEDAD VARIABLE.....	27
3.1.1. Humedad 10% HR.....	28
3.1.2. Humedad 8% HR.....	29
3.1.3. Humedad 6% HR.....	29
3.1.4. Humedad 4% HR.....	31
3.2. HUMEDAD FIJA TEMPERATRURA VARIABLE.....	32
3.2.1. Temperatura 50°C.....	32
3.2.2. Temperatura 60°C.....	32
3.2.3. Temperatura 70°C.....	34
3.2.4. Temperatura 80°C.....	35
3.3. TEMPERATURA VARIABLE HUMEDAD VARIABLE.....	36
3.3.1. Temperatura 50°C – Humedad 10% HR.....	36
3.3.2. Temperatura 50°C – Humedad 8% HR.....	37
3.3.3. Temperatura 50°C – Humedad 6% HR.....	38
3.3.4. Temperatura 50°C – Humedad 4% HR.....	39
3.3.5. Temperatura 60°C – Humedad 10% HR.....	40
3.3.6. Temperatura 60°C – Humedad 8% HR.....	41
3.3.7. Temperatura 60°C – Humedad 6% HR.....	42

3.3.8. Temperatura 60°C – Humedad 4% HR.....	43
3.3.9. Temperatura 70°C – Humedad 10% HR.....	44
3.3.10. Temperatura 70°C – Humedad 8% HR	45
3.3.11. Temperatura 70°C – Humedad 6% HR	46
3.3.12. Temperatura 70°C – Humedad 4% HR.....	47
3.3.13. Temperatura 81°C – Humedad 10% HR.....	48
3.3.14. Temperatura 81°C – Humedad 8% HR	49
3.3.15. Temperatura 81°C – Humedad 6% HR.....	50
3.3.16. Temperatura 81°C – Humedad 4% HR.....	51
3.4. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA EXTRUSORA.....	52
3.4.1. EFICIENCIA A 50°C.....	53
3.4.2. EFICIENCIA A 60°C.....	53
3.4.3. EFICIENCIA A 70°C.....	54
3.4.4. EFICIENCIA A 81°C.....	55
3.4.5. EFICIENCIA A 4% RH.....	55
3.4.6. EFICIENCIA A 6% RH.....	56
3.4.7. EFICIENCIA A 8% RH.....	57
3.4.8. EFICIENCIA A 10% RH.....	57
RECOMENDACIONES.....	60
CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXOS.....	141

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Características del motor antiatasco implementado.....	10
Tabla 2. Valores de sintonización PID.....	16
Tabla 3. Valores teóricos de la sintonización PID.....	16
Tabla 4. Cantidad de enlaces soportados por el módulo Ethernet.....	26
Tabla 5. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	28
Tabla 6. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	29
Tabla 7. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	29
Tabla 8. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	30
Tabla 9. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	32
Tabla 10. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	33
Tabla 11. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	34
Tabla 12. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	35
Tabla 13. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	36
Tabla 14. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	37
Tabla 15. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	38
Tabla 16. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	39
Tabla 17. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	40
Tabla 18. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	41
Tabla 19. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	42
Tabla 20. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	43

Tabla 21.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	44
Tabla 22.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	45
Tabla 23.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	46
Tabla 24.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	47
Tabla 25.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	48
Tabla 26.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	49
Tabla 27.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	50
Tabla 28.	Datos iniciales, medios y finales tabla Excel.....	51
Tabla 29.	Datos de la eficiencia a 50°C.....	53
Tabla 30.	Datos de la eficiencia a 60°C.....	53
Tabla 31.	Datos de la eficiencia a 70°C.....	54
Tabla 32.	Datos de la eficiencia a 80°C.....	55
Tabla 33.	Datos de la eficiencia a 4%HR.....	55
Tabla 34.	Datos de la eficiencia a 6%HR.....	56
Tabla 35.	Datos de la eficiencia a 8%HR.....	57
Tabla 36.	Datos de la eficiencia a 10%HR.....	57

LISTA DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Equipos de extracción de aceite.....	3
Figura 2. Proceso de producción de biocombustible.....	3
Figura 3. Proceso implementado en el sistema de extracción.....	5
Figura 4. Maquina extrusora.....	6
Figura 5. Instrumentación de control.....	6
Figura 6. Instrumentos finales de control.....	7
Figura 7. Elementos de control.....	7
Figura 8. Bloque de funcionamiento del nivel de instrumentación.....	8
Figura 9. Ductos de calentamiento y humidificación etapa anterior.....	9
Figura 10. Sistema de calentamiento y humidificación mejorado.....	10
Figura 11. Filtro del sistema de aspersión.....	10
Figura 12. Motor antiatasco anterior y mejorado.....	11
Figura 13. Hélices o aspas del eje del motor antiatasco.....	12
Figura 14. Diagrama de flujo del programa del proceso.....	13
Figura 15. Curva experimental en forma de s.....	14
Figura 16. Gráfica curva temperatura y tangente.....	15
Figura 17. Menú de la configuración del asistente PID.....	17
Figura 18. Menú de la introducción de los parámetros PID.....	17
Figura 19. Menú de la entrada de lazo.....	18

Figura 20.	Menú de la opción de alarmas.....	18
Figura 21.	Menú de la asignación de memoria para PID.....	19
Figura 22.	Menú de la asignación de nombres de subrutinas para PID.....	19
Figura 23.	Menú de la finalización del asistente PID.....	20
Figura 24.	Imagen principal de la HMI desarrollada.....	21
Figura 25.	Imagen del modo manual de la HMI.....	22
Figura 26.	Imagen de la planta en automático.....	23
Figura 27.	Imagen de la gráfica en tiempo real.....	24
Figura 28.	Imagen del histórico de las variables.....	25
Figura 29.	Cable TP Ethernet.....	26
Figura 30.	Salida del bagazo de la semilla.....	27
Figura 31.	Aceite extraído.....	27
Figura 32.	Gráfica Humedad 10%HR y temperatura fija.....	28
Figura 33.	Gráfica humedad 8%HR y temperatura fija.....	29
Figura 34.	Gráfica humedad 6%HR y temperatura fija.....	30
Figura 35.	Gráfica humedad 4%HR y temperatura fija.....	31
Figura 36.	Gráfica temperatura 50°C y humedad fija.....	33
Figura 37.	Gráfica temperatura 60°C y humedad fija.....	33
Figura 38.	Gráfica temperatura 70°C y humedad fija.....	34
Figura 39.	Gráfica temperatura 80°C y humedad fija.....	35
Figura 40.	Gráfica temperatura 50°C y humedad 10%HR.....	37
Figura 41.	Gráfica temperatura 50°C y humedad 8%HR.....	38

Figura 42.	Gráfica temperatura 50°C y humedad 6%HR.....	39
Figura 43.	Gráfica temperatura 50°C y humedad 4%HR.....	40
Figura 44.	Gráfica temperatura 60°C y humedad 10%HR.....	41
Figura 45.	Gráfica temperatura 60°C y humedad 8%HR.....	42
Figura 46.	Gráfica temperatura 60°C y humedad 6%HR.....	43
Figura 47.	Gráfica temperatura 60°C y humedad 4%HR.....	44
Figura 48.	Gráfica temperatura 70°C y humedad 10%HR.....	45
Figura 49.	Gráfica temperatura 70°C y humedad 8%HR.....	46
Figura 50.	Gráfica temperatura 70°C y humedad 6%HR.....	47
Figura 51.	Gráfica temperatura 70°C y humedad 4%HR.....	48
Figura 52.	Gráfica temperatura 80°C y humedad 10%HR.....	49
Figura 53.	Gráfica temperatura 80°C y humedad 8%HR.....	50
Figura 54.	Gráfica temperatura 80°C y humedad 6%HR.....	51
Figura 55.	Gráfica temperatura 80°C y humedad 4%HR.....	52
Figura 56.	Gráfica eficiencia a 50°C.....	53
Figura 57.	Gráfica eficiencia a 60°C.....	54
Figura 58.	Gráfica eficiencia a 70°C.....	54
Figura 59.	Gráfica eficiencia a 80°C.....	55
Figura 60.	Gráfica eficiencia a 4%HR.....	56
Figura 61.	Gráfica eficiencia a 6%HR.....	56
Figura 62.	Gráfica eficiencia a 8%HR.....	57
Figura 63.	Gráfica eficiencia a 10%HR.....	58

Figura 64.	Muestras de aceite de las pruebas realizadas.....	59
Figura 65.	Muestras de aceite de las pruebas realizadas.....	59
Figura 66.	Residuos de torta en el tornillo.....	60
Figura 67.	Torta acumulada en el cilindro.....	60

LISTA DE ANEXOS

	Pag
ANEXO A. Programa cargado al PLC.....	68
ANEXO B. Hoja de cálculo de Excel de la curva tangente y parámetros.....	84
ANEXO C. Manual de operación actualizado.....	87
ANEXO D. Pantallazos funcionamiento del PID.....	100

GLOSARIO

Eficiencia. Es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados.

Sintonización. Determinación de los parámetros del controlador que cumplan con las especificaciones en estado transitorio y en estado estable del sistema en lazo cerrado.

Transesterificación. Reacción química catalizada con (KOH ó NaOH) en la que interviene aceite vegetal y un alcohol (Metanol o Etanol) para producir ésteres de alquilo de ácidos grasos (Biodiesel) y glicerina.

Torta. Semilla residual a la cual se le ha extraído el aceite (Bagazo).

PID. El controlador PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ADAPTACIÓN DEL PROCESO Y SU ESTRATEGIA DE CONTROL EN LA MÁQUINA EXTRUSORA DE ACEITE DE LA SEMILLA DE ALGODÓN PARA LA OBTENCIÓN DE CONDICIONES DE ALTA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN FUTURA DE BIOCOMBUSTIBLES.

AUTOR: OSCAR JAVIER GARCIA BARON

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR(A): JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

RESUMEN

Se realizó la adaptación del proceso y su estrategia de control en la máquina extrusora de aceite de semilla de algodón para obtener las condiciones de alta calidad con miras a producir biocombustible en el futuro. Se implementaron algunas mejoras en el proceso para una mejor eficiencia del proceso en la parte mecánica como en el software de programación y la interfaz gráfica para un mejor funcionamiento de la planta. La definición de una estrategia de control requiere saber que parámetros o variables intervienen en el proceso. Por lo tanto, se realizaron pruebas variando los valores de las variables a estudiar y se determinó cuales eran los valores que entregan una mejor eficiencia del proceso, igualmente se implemento un control PID al control de temperatura para mejorar la respuesta en tiempo y exactitud, claro está que esta sintonización no es la estándar del proceso ya que la planta se encuentra en periodo de prueba. La interfaz grafica se mejoro para un mejor entendimiento del manejo de la planta extrusora de aceite de semilla de algodón.

PALABRAS CLAVE: Maquina Extrusora, Elementos Finales, Control, Software, Interfaz Grafica, Sintonización PID, Eficiencia, Temperatura, Humedad

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: ADAPTATION PROCESS AND ITS CONTROL STRATEGY IN THE MACHINE EXTRUDER OIL COTTON SEED FOR OBTAINING HIGH-QUALITY CONDITIONS IN PRODUCTION OF BIOFUELS FUTURE.

AUTHOR(S): OSCAR JAVIER GARCIA BARON

FACULTY: ELECTRONIC ENGINEERING

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

ABSTRACT

Adaptation was made of the process and its control strategy in the extruder machine cottonseed oil for high-quality conditions in order to produce biofuel in the future. Some improvements were implemented in the process for improved process efficiency on both the mechanical and the programming software and the graphical interface for better performance of the plant. The definition of a control strategy requires knowing which parameters or variables involved in the process. Therefore, tests were performed by varying the values of the variables to be studied and determined which were the values that deliver improved process efficiency, also was implemented PID control temperature control that improves response time and accuracy, Obviously, this is not the standard tuning of the process since it required knowing the exact conditions. The graphical interface was improved for a better understanding of managing the extruder plant cotton seed oil.

KEYWORDS: Extruders, Final Elements, Control, Software, GUI, PID tuning, efficiency, temperature, humidity

V° B° THESIS DIRECTOR

INTRODUCCION

Los biocombustibles son combustibles de procedencia biológica obtenida de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o algodón. Todos ellos reducen el volumen total de CO₂ que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

La semilla de algodón es una de las fuentes de aceite vegetal y su proceso de extracción requiere del control de las variables del proceso que permitan determinar las condiciones indicadas para la extracción de aceite de alta calidad para la producción de biocombustible.

Una buena calidad de aceite se obtiene bajo ciertos parámetros como temperatura y humedad, donde también la eficiencia de extracción depende de las mismas.

La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga cuenta con una máquina extrusora de aceite debidamente automatizada. Este proyecto plantea e implementa una mejoras a la parte mecánica de la extrusora así como el desarrollo de la estrategia de control adecuada implementando un control PID para realizar los diferentes ensayos de acuerdo a los diferentes valores de las variables de proceso a estudiar, establecer y así determinar la verdadera eficiencia de extracción en las diferentes pruebas.

Este proyecto es el inicio o la base de próximos estudios al aceite extraído bajo las condiciones de mayor eficiencia y propiedades más cercanas al biodiesel.

1. PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN

1.1. ACEITE VEGETAL

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas vegetales y de otras partes de las plantas (Fruto-Nuez) a través de procesos de extracción mecánico, químico o procedimientos que combinen ambas técnicas.

En Colombia las semillas que se han utilizado para la producción de aceite vegetal son principalmente: frijol soya, fruto y almendra de palma de aceite, semilla de algodón, semilla de ajonjolí, aunque en la actualidad, dado la reducción de las extensión en los cultivos las fuentes fundamentales de aprovisionamiento están dadas por el fruto y la almendra de la palma.

1.1.1. Métodos de Extracción. Los métodos de obtención del aceite vegetal son muy variados y van desde la simple extracción por prensado (Proceso Mecánico), fusión y mezcla de la materia prima originaria, hasta procedimientos químicos complejos. [1]

- **Pre-presión y extracción por disolventes.** Tras la extracción con extrusor se obtiene un producto denominado “torta”, que contiene parte del aceite que no ha sido posible extraer y que se puede hacer con disolvente. [5]
- **Extracción por disolvente.** Se hace a partir de la semilla preparada o de la “torta”. Los tipos de disolvente son: hexano, benceno, tricloroetileno y sulfuro de carbono. La forma de extracción puede ser por percolación, inmersión o mixta. Del extractor se obtiene el aceite disuelto en el disolvente o miscela. La separación de ambos se hace por filtración y destilación de la miscela, recuperándose el disolvente.[5]
- **Prensa extrusor.** Es un **extractor mecánico continuo**, donde el aceite se exprime de la materia prima en un solo paso, bajo alta presión. El extractor de aceite es un tornillo de alta presión usado para extraer aceites de semilla y cascara, como la semilla de algodón. Ver figura [1]

Este método de extracción es el utilizado para este proyecto mediante el cual se va a medir la eficiencia.



Figura 1: Equipos de Extracción de Aceite [2]

1.2. BIOCOMBUSTIBLES

El biodiesel es un biocombustible que se fabrica a partir de cualquier grasa animal o aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. Se suele utilizar girasol, canola, soja o algodón, los cuáles, en algunos casos, son cultivados exclusivamente para producirlo. Se puede usar puro o mezclado con gasoil en cualquier proporción en Motores diesel. [7]

El biodiesel es un combustible que se obtiene por la reacción de transesterificación de un triglicérido con un alcohol, típicamente metanol o etanol, utilizando hidróxido de sodio como catalizador. Ver figura [2]

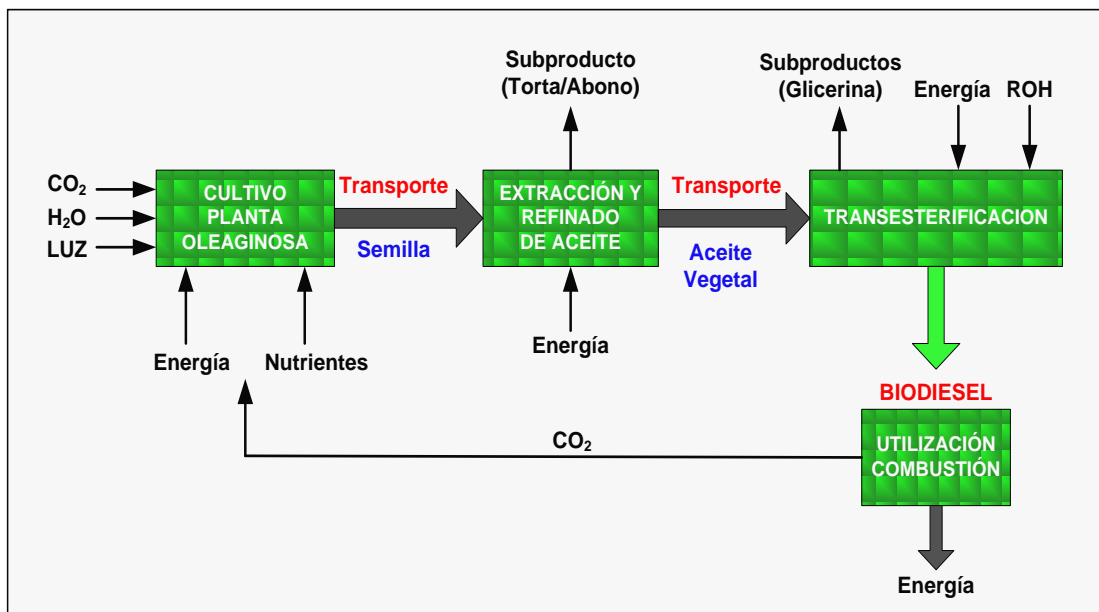


Figura 2: Proceso de Producción de Biocombustible [4]

1.2.1. Beneficios de los biocombustibles. Las reservas de combustibles fósiles son limitadas, y por ende muchos países buscan intensamente alternativas. Una de ellas, el biodiesel que reemplaza al gas oíl, puede obtenerse a partir de aceites de cultivos tradicionales de nuestro país -como la soja, el girasol y el algodón. [7]

También puede obtenerse de aceites vegetales usados. Se trata de un proceso sencillo, que no requiere la utilización de maquinaria o instalaciones complejas ni costosas. Una de las ventajas del biodiesel es que es 100% biodegradable y su combustión origina una cantidad sensiblemente menor de gases contaminantes y hollín. Tampoco es necesario realizar modificaciones a los motores diesel. Este combustible tiene una serie de ventajas respecto del diesel derivado de petróleo. [3]

Lo que constituye la mayor fuerza impulsora para su utilización, es el considerablemente menor impacto ambiental. Al ser producido a partir de aceites vegetales o grasas de cualquier origen, o sea recursos renovables, produce una ventaja neta en lo que se refiere al ciclo de carbono, no produciendo acumulación del mismo en el ambiente, dado que lo que se genera al usarlo como combustible, se reutiliza en la fotosíntesis de por ejemplo la oleaginosa. En este sentido, es importante caracterizar el aceite (composición en ácidos grasos, contenido de agua, valor de Peróxido) para determinar la correlación entre ellos y la posibilidad de convertir el aceite en biodiesel. [7]

En nuestro país se encuentra en estudio un proyecto de ley para imponer el uso de biodiesel como obligatorio, en un porcentaje bajo aún no definido, entre 3 y 5%.

1.3 CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROCESO

El proceso se realiza por medio de una maquina que extrae aceite vegetal de la semilla de algodón. Esta máquina está constituida por un sistema de precalentamiento y humidificación seguido de una etapa de compresión a través de un tornillo sin fin y por ultimo una etapa de recolección del aceite y la torta producto de la compresión. El aceite recolectado se utilizara en una etapa de investigación en la cual se le realizara un proceso químico que evaluara sus características. Ver figura [3]

Las variables que intervienen en el proceso de la maquina deben ser controladas y monitoreadas con el fin de evaluar la eficiencia del proceso y las condiciones que determinan la calidad del aceite vegetal extraído. El control, monitoreo y

evaluación se realizara a través de equipos e instrumentos de control y medición y elementos finales de control.

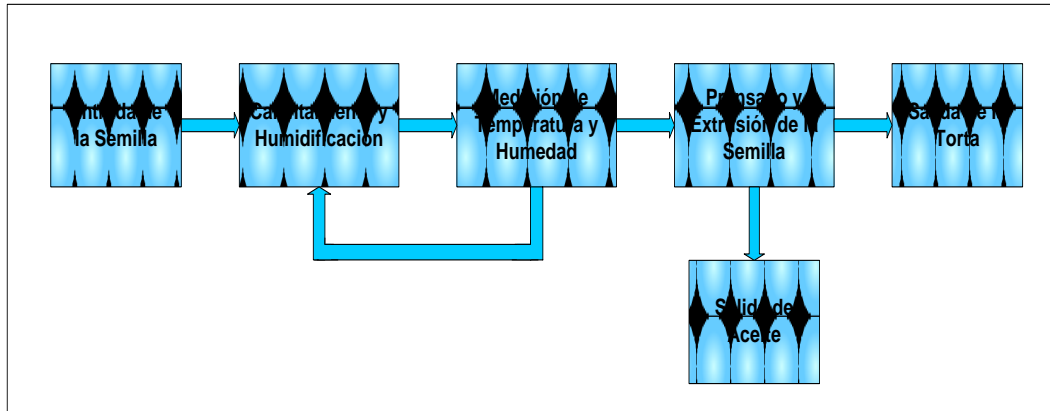


Figura 3: Proceso Implementando en el Sistema de Extracción [6]

1.3.1. Estructura y Elementos mecánicos de la maquina. El sistema de extracción esta conformado por:

- Tornillo sin fin
- Canastilla de compresión
- Laminas y bridas de sujeción
- Tubo de transporte
- Cono de contrapresión
- Rodamientos
- Porta rodamientos
- Sistema de calentamiento y humidificación
- Tolva
- Resistencias eléctricas
- Sistema de aspersión
- Soplador

El sistema de calentamiento y humidificación permite establecer las condiciones de temperatura y humedad de la semilla que ingresa al sistema de extracción. En la entrada del ducto de calentamiento está instalado un soplador encargado de suministrar un flujo de aire constante, a continuación en la sección cilíndrica del ducto se instalaron dos resistencias de calentamiento que permiten que se eleve la temperatura del flujo de aire y por último se ubica una boquilla de aspersión que hace parte del sistema de aspersión conectado a una válvula ON/OFF, a través de la cual se controla la entrada de agua al sistema, esto con el fin de aumentar la

humedad del flujo de aire caliente. Este flujo de aire precalentado y humidificado ingresa a la tolva a través de un tubo que presenta orificios con el fin de distribuir el aire a la semilla procesada. [6] Ver figura [4]

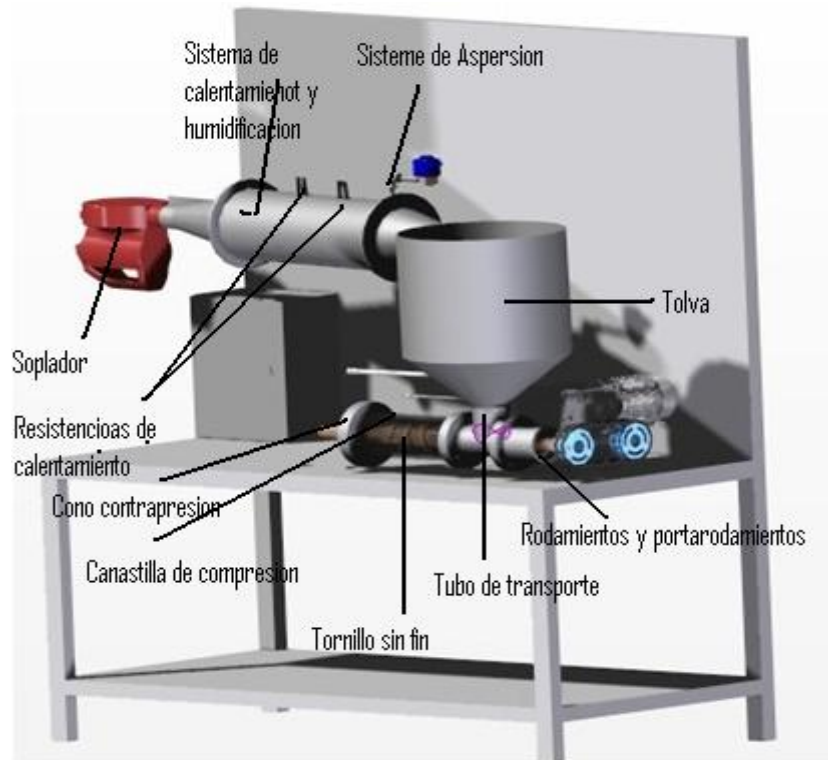


Figura 4: Máquina Extrusora [6]

1.3.2. Automatización del proceso. En el proceso actúan otros elementos que permiten el funcionamiento de la máquina extrusora: Instrumentos de control (Sensores) sensor capacitivo de Humedad u sensor de Temperatura RTD PT100. Ver figura [5]

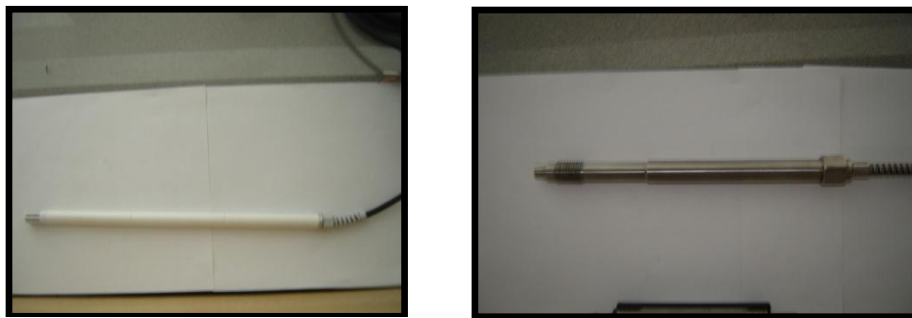


Figura 5: Sensor Humedad y Temperatura

- Elementos finales de control (Motor tornillo, Válvula de aspersión, Resistencias). Ver figura [6]



Figura 6: instrumentos finales de control

- Sistema de control (PLC, Software). Ver figura [7]

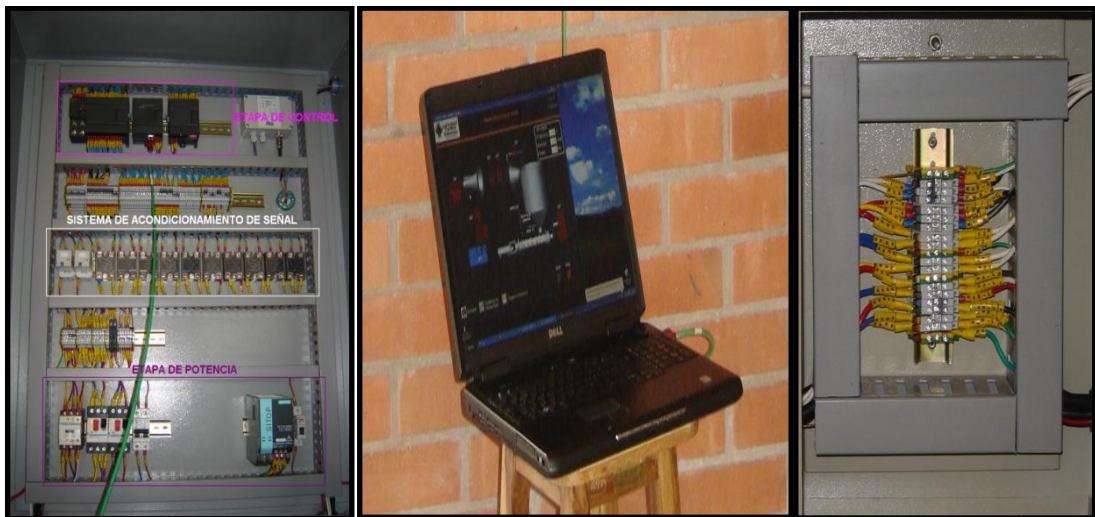


Figura 7. Elementos de control

Al implementar el sistema de extracción en la maquina, la estrategia de control se fundamenta en la evaluación de las señales eléctricas de los instrumentos (sensores) de temperatura y humedad a través del PLC y posteriormente el establecimiento del estado de los elementos finales de control que a este se encuentren relacionados a través del software de programación STEP 7 de MicroWin y la interfaz grafica en WinCC Flexible. Ver figura [8]

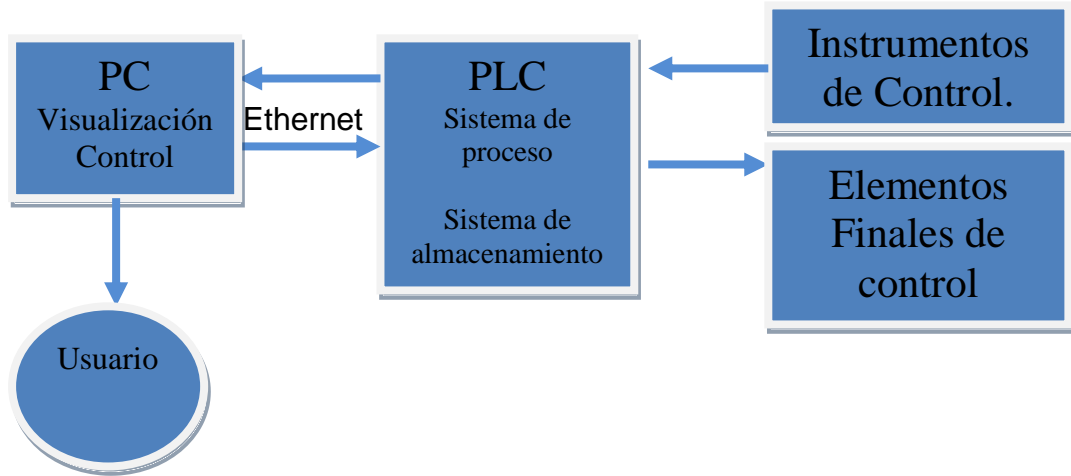


Figura 8: Bloque de funcionamiento del nivel de Instrumentación [9]

2. MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS OPERATIVAS DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ACEITE

Para realizar un buen estudio y análisis del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón es necesario contar con un buen estado de los elementos que hacen parte de dicho proceso y que también cumplan su función al cien por ciento durante la operación de la maquina sin ningún inconveniente que se pueda presentar.

Al termina la primera etapa (automatización de la planta) no se tuvieron en cuenta algunos inconvenientes que podía presentar la maquina en su funcionamiento en la parte física, al igual que modificación en la parte de software para un mejor rendimiento de la misma. Al realizar las mejoras apropiada e indicada se desea obtener un mejor funcionamiento y eficiencia de la planta como tal, tanto como en la etapa de proceso como en la de control de las variables.

2.1. SISTEMA DE CALENTAMIENTO Y HUMIDIFICACION DE LA SEMILLA

Uno de los primeros cambios que se realizó fue el del sistema de calentamiento y humidificación que es el encargado de llevar el aire caliente y húmedo a la semilla que se encuentra en la tolva, y que consistía en tres ductos en el interior que no suministraban el aire uniformemente y por encima. Con el nuevo sistema de un solo ducto mas largo permitiendo calentar y humedecer la semilla que se encuentra abajo y con pequeñas perforaciones en la parte baja del dicto para una mejor distribución del aire. Ver Figura [9] [10]



Figura 9: ductos de calentamiento y humidificación anterior [2]



Figura 10: sistema de calentamiento y humidificación mejorado [9]

2.2 SISTEMA DE ASPERSION.

Otro cambio importante y necesario para el buen funcionamiento del proceso es la colocación de un filtro en la boquilla de aspersión puesto que el orificio de salida del sistema de aspersión es demasiado pequeña, y en cualquier momento puede ocurrir un taponamiento de dicho orificio con pequeñas impurezas de la maquina, obstaculizando la salida del agua para humedecer la semilla y a la vez retrasando el proceso por completo. Ver figura [11]



Figura 11: Filtro del sistema de aspersión [9]

2.3 SISTEMA DE DOSIFICACION DE LA SEMILLA.

Un buen sistema de dosificación permite el flujo normal de la semilla sin ningún atasco, problema que se presentaba debido a que el motor antes instalado presentaba un torque muy bajo, no obstante el peso de la semilla hacia que el motor se detuviera provocando un atasco y no permitiendo el paso de la semilla hacia el tornillo extrusor. Para mejorar ese inconveniente se instaló un motor con un torque mucho mas alto capaz de remover la semilla completa sin detenerse durante el tiempo del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón. Ver figura [12]

Función del Motor	Alimentación	Corriente Nominal	Frecuencia de Operación	Nº de Fases	Potencia	RPM
Motor Antiatasco	110/120VAC	669.2 mA aprox.	50/60 Hz	1	8 W	5/6

Tabla 1: Características del motor antiatasco implementado [9]

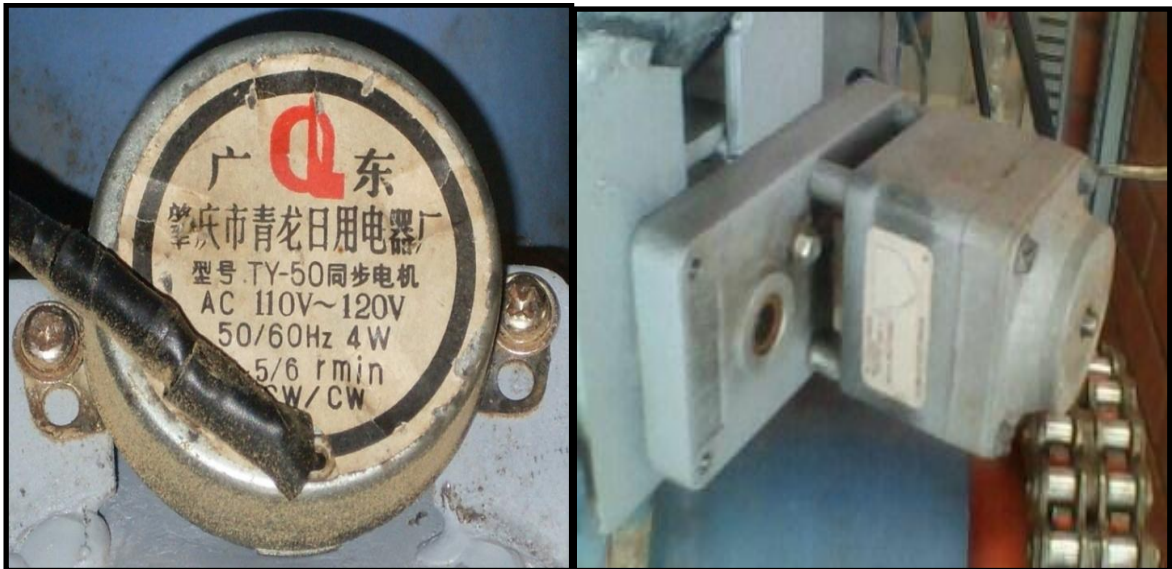


Figura 12: Motor antiatasco anterior y mejorado [6] [9]

Igualmente se rediseñó la nueva forma de las hélices del eje del motor para remover la semilla y no permitir que se acumule en el fondo de la tolva formando un atasco, dichas hélices están formadas por dos aspas soldadas y ubicadas con un ángulo de 180°. Ver figura [13]



Figura 13. Hélices o aspas del eje del motor antiatasco [9]

2.4 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE CONTROL.

El desarrollo de la estrategia de control se lleva a cabo en el nivel centro de control. En este nivel centraliza el mando del sistema. Está compuesto por estaciones de trabajo constituidas por tableros de control y computadores con software de programación, software de adquisición de datos y supervisión, servidores de intercambio de datos y periféricos que permiten que le dan la oportunidad de interactuar con los elementos involucrados en el proceso. [6]

El centro de control implementado para la automatización de la maquina extrusora está constituido por el Software de Programación SIMATIC STEP 7-MicroWIN V4.0.4.16, el cual está diseñado para trabajar con la CPU 224 XP y con los Módulos EM 23 y CP 243-1 implementados en el proceso. Al igual se dispone del Software de Ingeniería SIMATIC WinCC Flexible Advanced y el Software de Visualización SIMATIC WinCC Flexible Runtime. [6]

Se desarrolló un nuevo programa para controlar el proceso y se mejoro y adapto la interfaz grafica o hmi para un mejor entendimiento del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón y a la vez para un posterior estudio del comportamiento de las variables procesadas adjuntando archivos en formato Excel.

2.4.1 Diagrama de flujo del programa. El diagrama de flujo del programa muestra el seguimiento que se hace o debe seguir el proceso para la obtención de las variables deseadas. Ver figura [14]

VP= Valor de proceso
SP= Set Point

T= Temperatura
H= Humedad

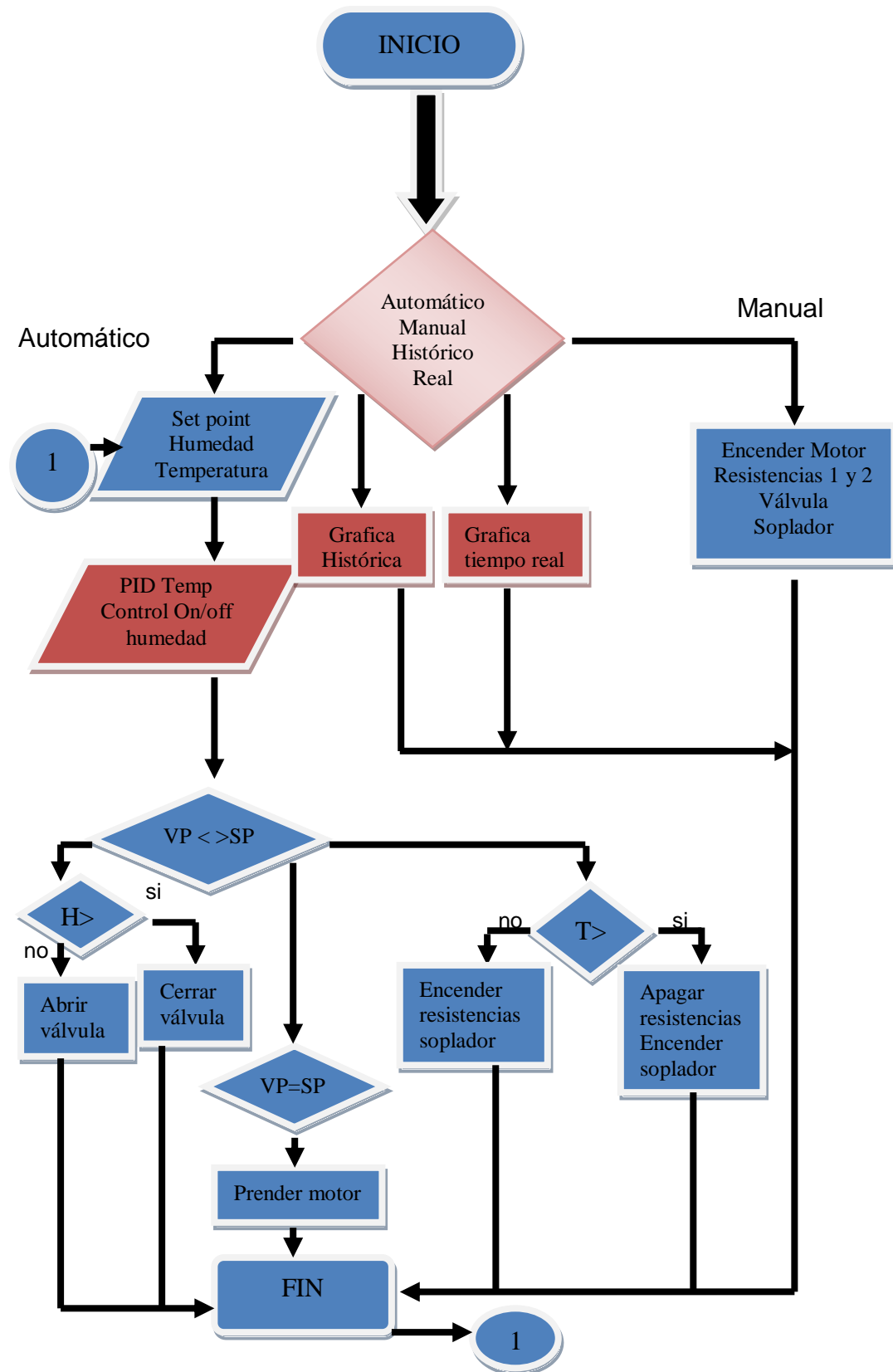


Figura 14. Diagrama de flujo del programa del proceso [9]

2.4.2. Cálculo de los parámetros PID del controlador. Los cálculos de los parámetros PID como K_p , T_i , T_d , BP se realizaron con el método de Reglas de Ziegler-Nichols para sintonización de controladores PID.

Se obtiene experimentalmente la respuesta de la planta a una entrada escalón y si la respuesta no tiene oscilaciones y además posee un retardo tal que se forma una “ese”, puede obtenerse los parámetros del controlador PID utilizando este método. En la figura 10 se observa la respuesta en forma de s. [10]

Esta respuesta se caracteriza con el tiempo de atraso y la constante de tiempo Y se puede aproximar por un sistema de primero orden con atraso de transporte. Ver figura [15]

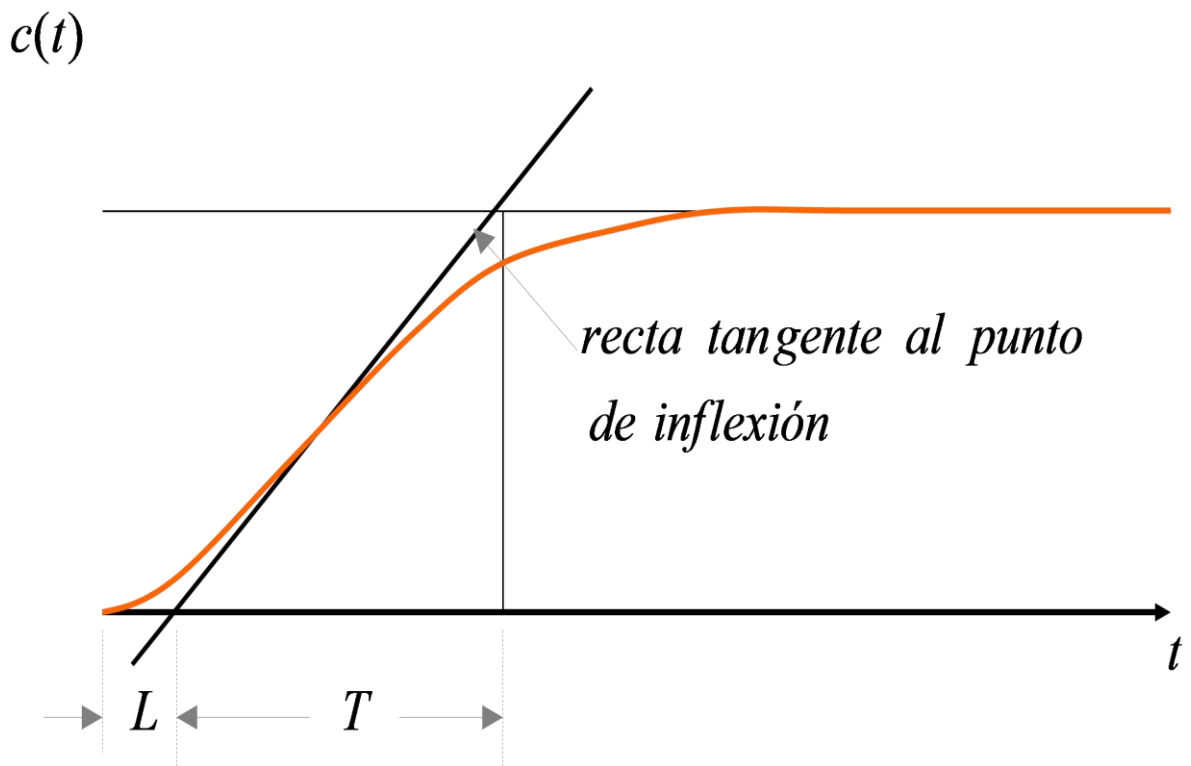


Figura 15. Curva experimental en forma de s [10]

Para obtener L y T , se traza una recta tangente al punto de inflexión de la respuesta, la intersección con el eje del tiempo y con el valor final de la amplitud forman las distancias L y T . Con L y T , se obtienen los parámetros del controlador PID utilizando la tabla 2. [10] Ver figura [16]

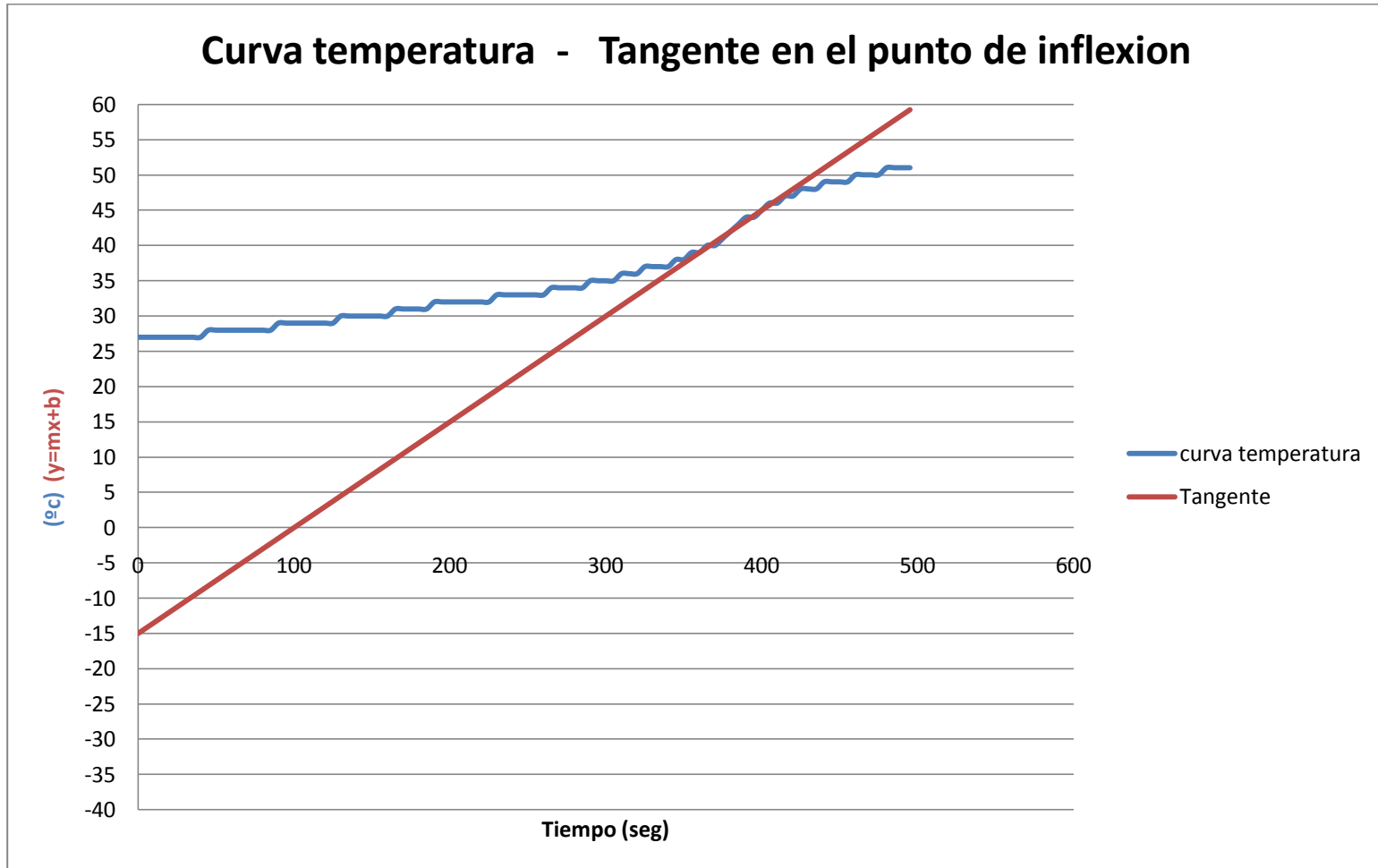


Figura 16. Grafica de la curva de temperatura (°c) Vs tiempo (seg), grafica de la tangente en le punto de inflexión

Tipo de controlador	K_p	τ_i	τ_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Tabla 2. Valores de sintonización. [10]

A continuación se muestra la sintonización PID para la temperatura 70°C, con una temperatura de inicio de 27°C con una tasa de muestreo cada 5 seg para un total de 994 datos de temperatura. Bajo el formato de Excel se definió el valor de la pendiente a través de la derivada y los promedios de los valores de temperatura, igualmente se definió la tangente por medio de la ecuación $y=mx+b$. Ver tabla [3]

M	0.15
Tc	380
Tc	42
B	-15
L	100
A	42
A/L	0.42
Kp	0.02142857
Bp	4666.66667
Ti	300

Tabla 3. Valores teóricos de la sintonización

Donde a es la suma del punto donde la tangente corta con el eje Y y el punto donde comienza la curva.

Kp es igual 0.9 dividido por a.

Bp es el resultado de dividir 100 entre Kp.

Ti se obtiene de multiplicar 3 por L.

A continuación se muestra los pantallazos de la configuración de los parámetros del PID implementado en el proceso. Ver figura [17][18][19][20][21][22][23]

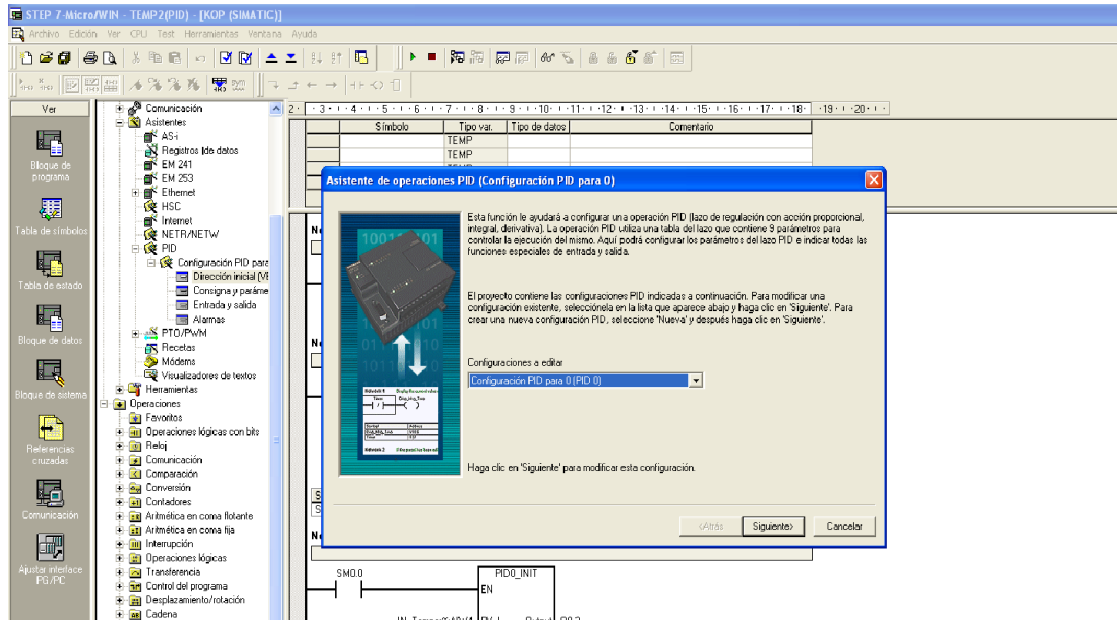


Figura 17. Menú de la configuración del asistente PID [9]

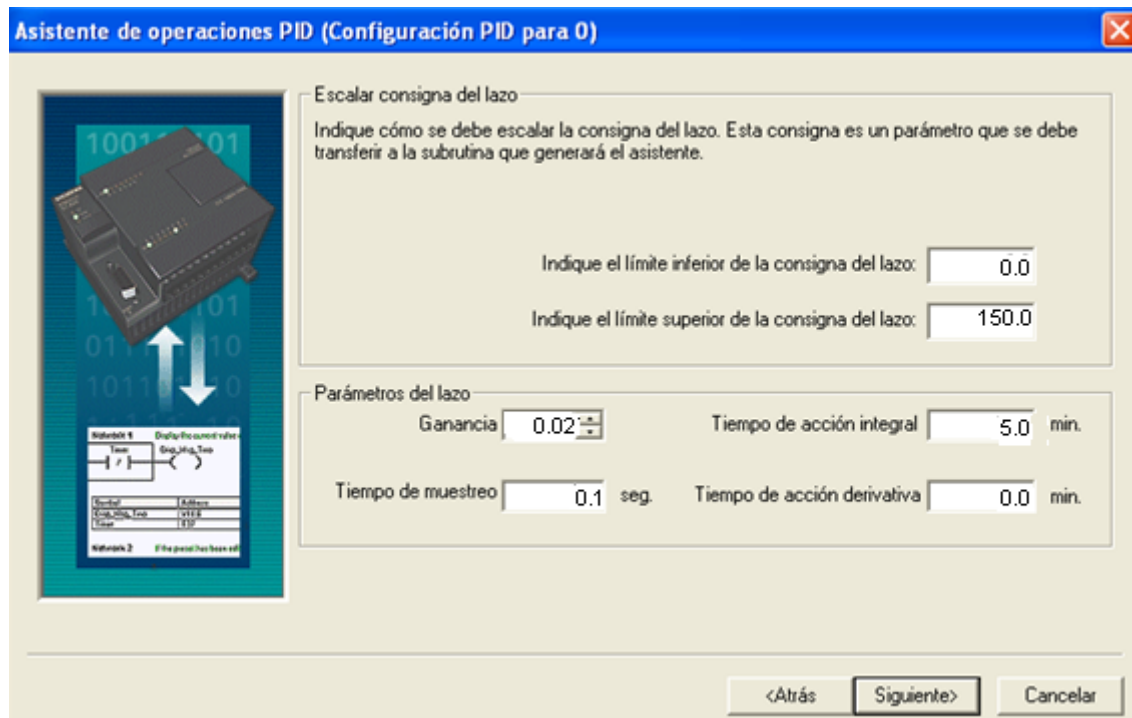


Figura 18. Menú de la introducción de los parámetros PID [9]

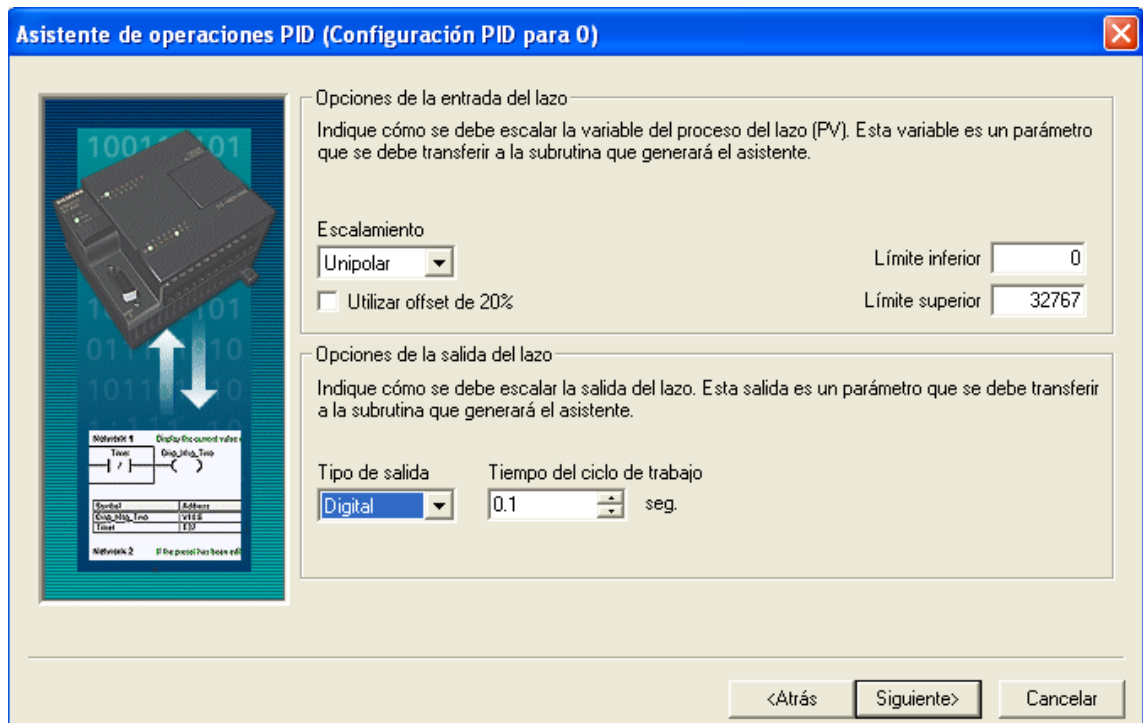


Figura 19. Menú de la entrada de lazo [9]

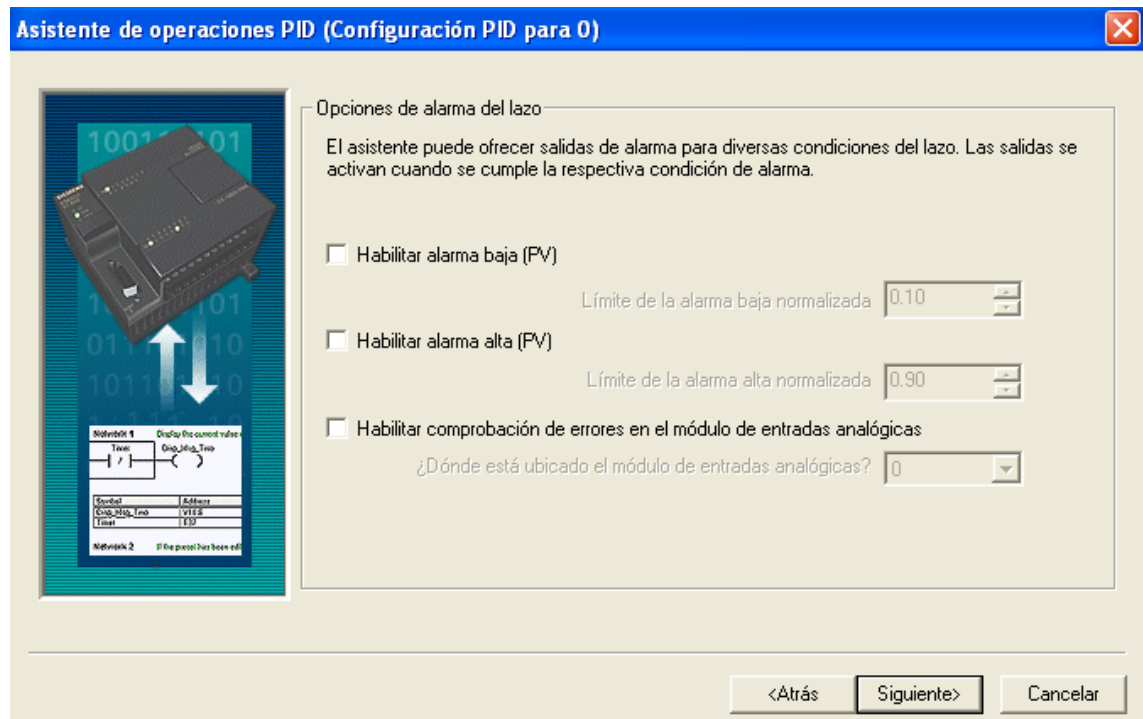


Figura 20. Menú de la opción de alarmas [9]

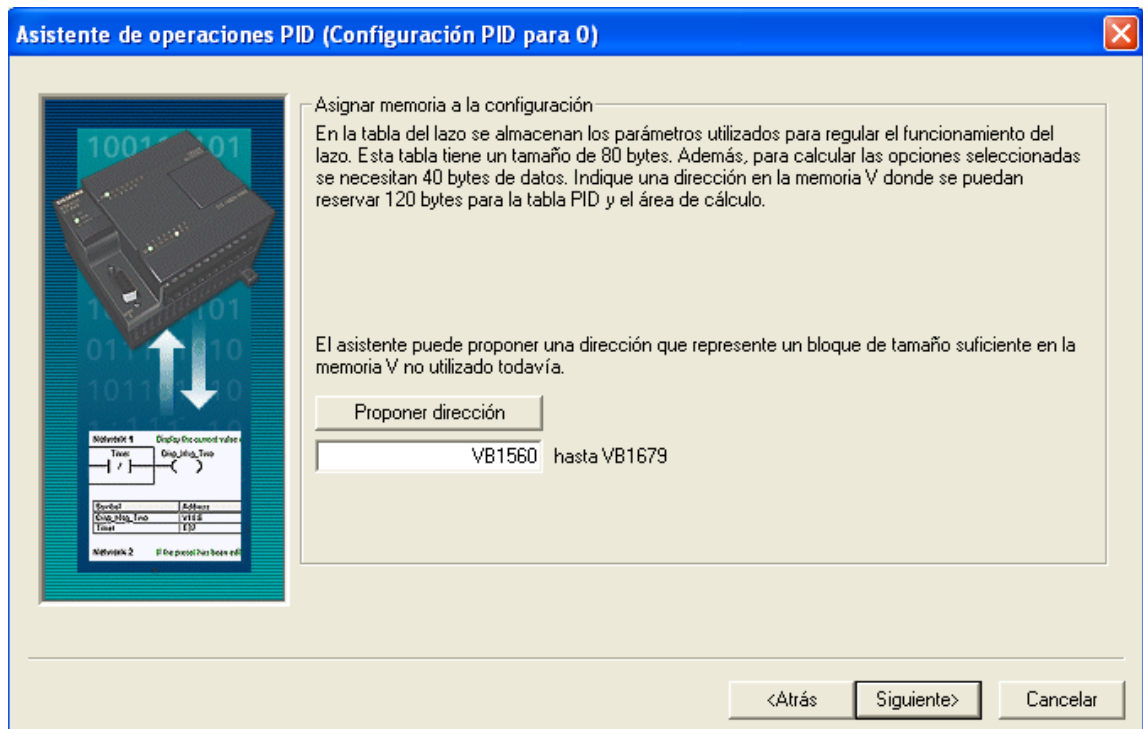


Figura 21. Menú de la asignación de memoria para PID [9]

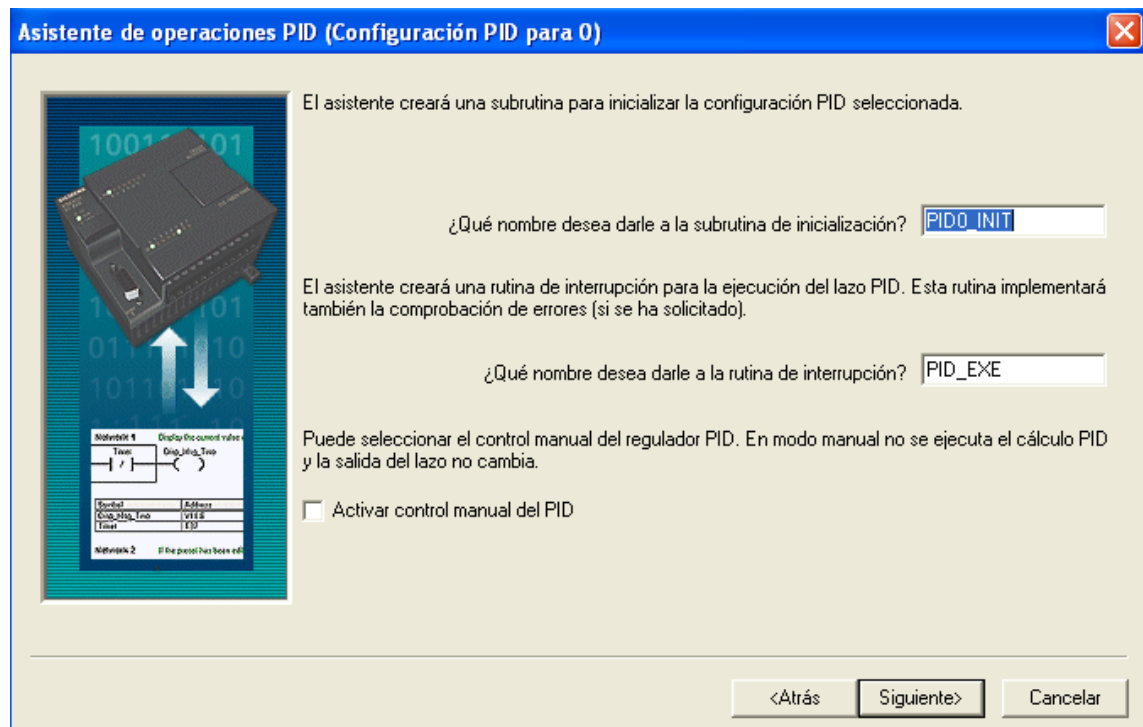


Figura 22. Menú de la asignación de nombres de subrutinas para PID [9]

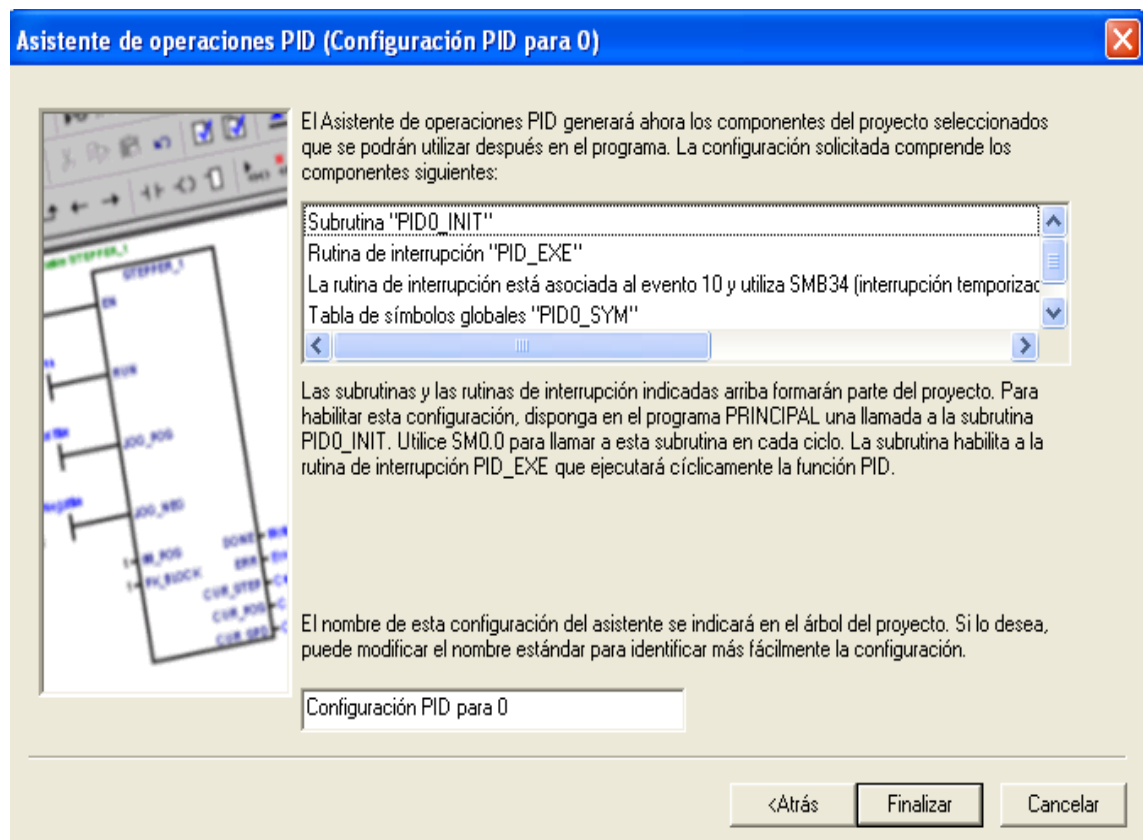


Figura 23. Menú de la finalización del asistente PID [9]

A continuación se muestra la grafica de la tangente y los valores de la anterior tabla.

El punto de inflexión se eligió en el valor de la temperatura igual a 38°C y el tiempo igual a 180 segundos que representan a “y” y a “x” respectivamente. A partir de estos valores y de la grafica se calculan los parámetros o variables necesarias para la sintonización.

2.4.3. Interfaz grafica o HMI.

Imagen principal. Esta imagen muestra el nombre de la maquina así como la imagen real de la misma. Al igual que se muestra un menú para poder acceder a los diferentes imágenes o funciones como el funcionamiento de la planta en automático, verificación de la instrumentación, y las graficas en tiempo real y el histórico de las variables. Ver figura [24]



Figura 24. Imagen principal de la HMI desarrollada [9]

- **Verificación de la instrumentación.** Se accede desde el menú principal y allí se verifica el buen funcionamiento de cada uno de los instrumentos independientemente como el soplador, la resistencia 1 y la resistencia 2, la válvula on/off, el motor del tornillo.

Desde acá también se puede acceder al menú principal presionando el botón donde dice principal.

Los instrumentos cambian de color rojo a verde dependiendo del estado en que se encuentren si es apagado o encendido. Ver figura [25]



Figura 25. Imagen de la verificación de la instrumentación de la hmi [9]

- **Automático.** A esta se accede oprimiendo el botón de automático en el menú principal. Esta imagen es la más relevante de la interface, pues en esta se muestra el estado de los actuadores y de las variables de proceso en tiempo real, permitiendo que el operario este informado de la evolución del proceso.

En esta ventana no se puede ejercer un control manual de los actuadores dado a que opera como un control automático ejecutando las acciones de control programadas en el PLC.

Esta pantalla muestra la planta con todos los elementos que la conforman: reactor (donde se calienta y humidifica el aire que entra a la semilla), tanque o tolva (donde se encuentra la semilla que va a ser procesada), tornillo extrusor (el encargado de procesar la semilla y extraer el aceite), los sensores y actuadores (Ver figura 26).

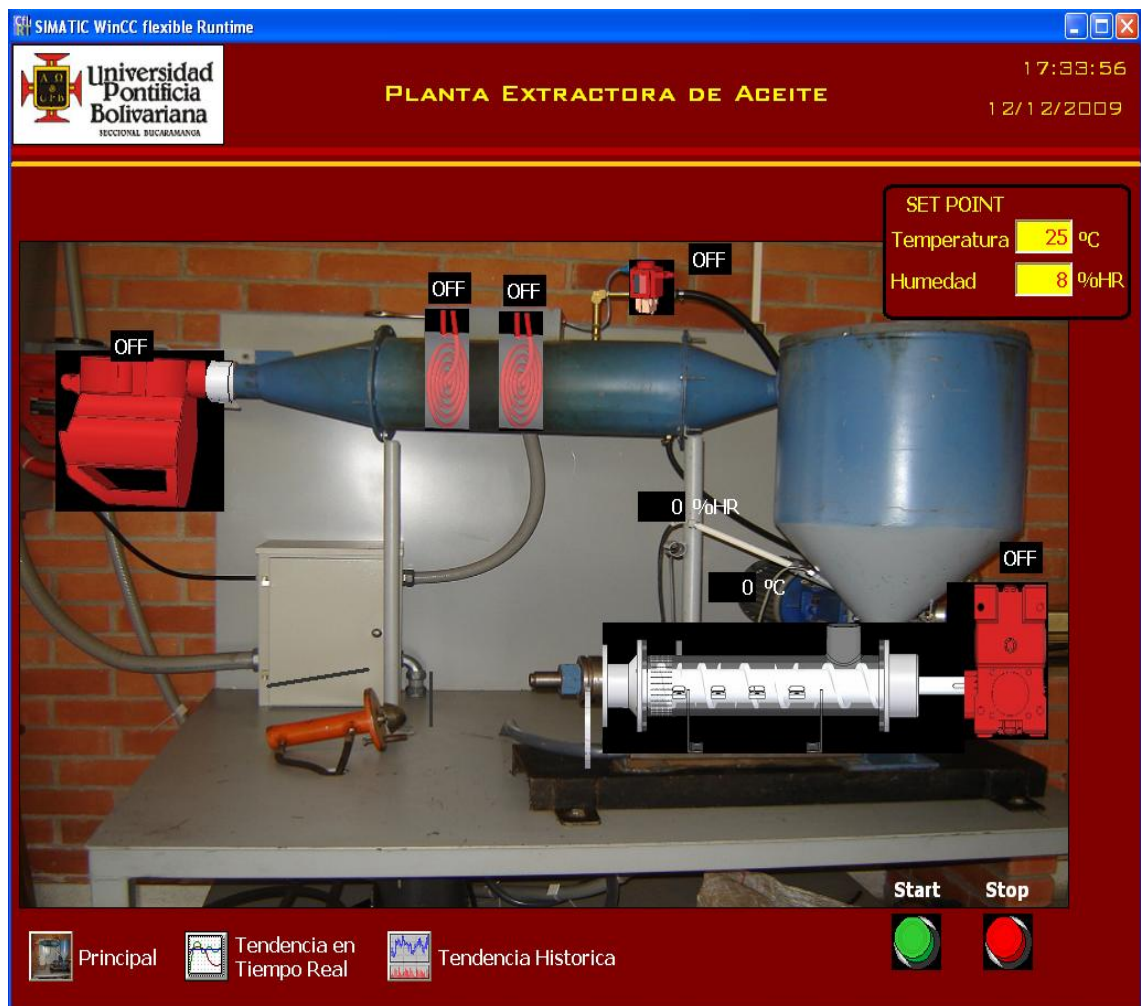


Figura 26. Imagen de la planta en automático [9]

- **Tendencia en tiempo real.** Esta imagen presenta una curva de respuesta continua de cada una de las variables del sistema. Esta imagen cuenta con un objeto campo de entrada que permite seleccionar cual de las dos variables se quiere observar (Ver figura 27), dado a que el espacio de los ejes coordinados donde se presenta la tendencia de cada variable ocupa gran parte de la imagen.

Cada una de las variables (Humedad, Temperatura) posee su propio eje coordinado y presentan en este tanto el valor esperado de dicha variable (Set Point), como el comportamiento real de la variable a través del proceso. (Ver figura 27)

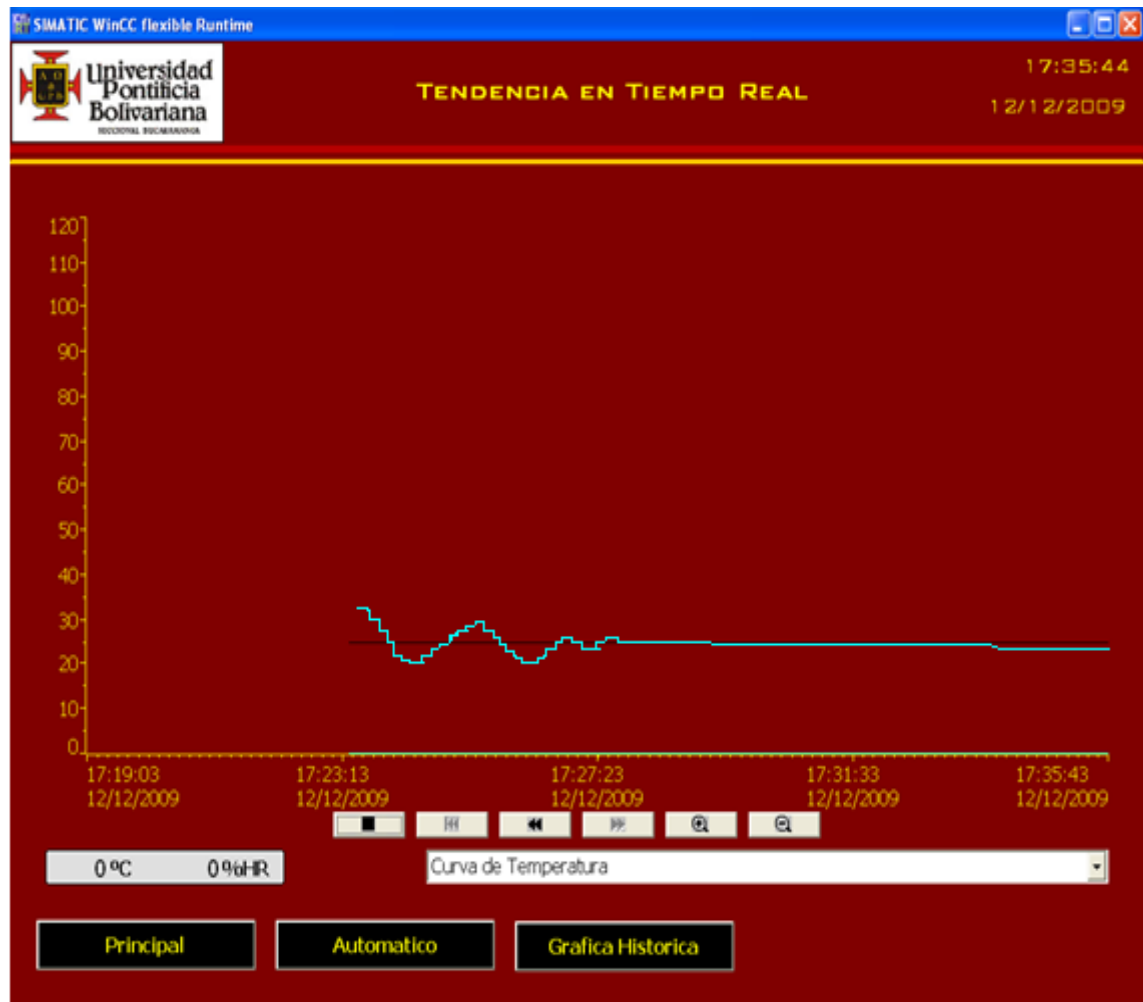


Figura 27. Imagen de tendencia en tiempo real [9]

- **Histórico.** Esta imagen muestra al operario la respuesta en forma grafica de cada una de las variables obtenidas con anterioridad (datos guardados en ficheros de Excel), para que este pueda visualizarlas y realizar un estudio o un análisis posterior sobre estas. En esta imagen se presentan las dos graficas al mismo tiempo repartidas a través de la imagen de la interfaz en ejes coordenados individuales para cada variable.

Estas graficas presentan la representación histórica de cada una de las variables, permitiendo realizar un estudio sobre la respuesta del sistema, y así poder mejorar las estrategias de control implementadas en el PLC para el proceso. (Ver figura 28)

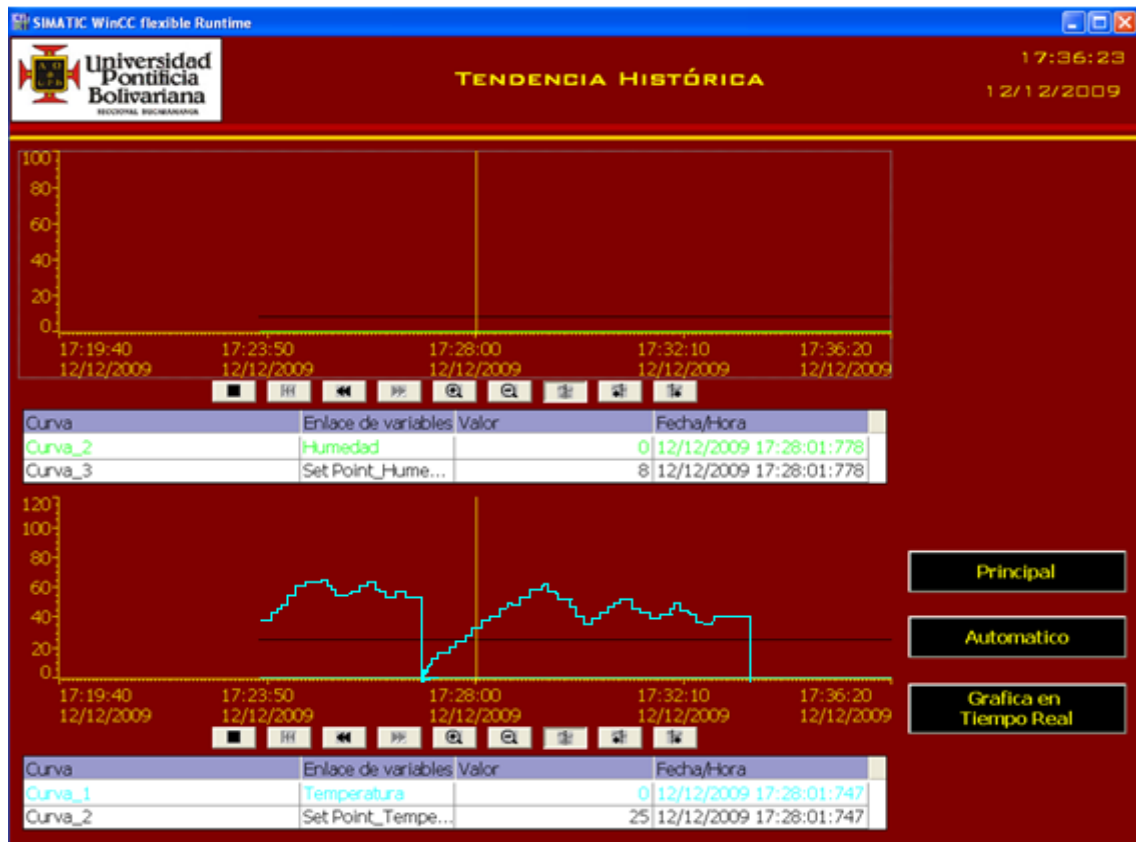


Figura 28. Imagen del histórico de las variables [9]

2.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ETHERNET ENTRE EL PLC Y EL PC SUPERVISOR.

Ethernet es una estándar de redes de computadores de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD. Ethernet define las características del cableado y señalización de nivel físico.

El S7-200 soporta diferentes tipos de redes de comunicación como:

- Cable multimaestro PPI.
- Procesadores de comunicaciones.
- Tarjetas de comunicación Ethernet.

Por tanto, las CPU S7-200 soportan los siguientes protocolos para comunicación:

- Interfaz punto a punto (PPI).
- PROFIBUS.
- TCP/IP.

En la primera etapa se configuro la CPU para hacer la comunicación con una interfaz punto a punto (PPI). Para este proyecto se decidió realizar la comunicación con una interfaz TCP/IP. La CPU 224XP soporta la comunicación Ethernet TCP/IP vía un módulo de ampliación Ethernet (CP243-1).

Modulo	Velocidad de Transferencia	Enlaces
Modulo Ethernet (CP 243-1)	10 Mbit/s a 100 Mbit/s	8 Enlaces de Carácter General

Tabla 4: Cantidad de Enlaces Soportados por el Modulo Ethernet [9]

Se utiliza un Cable TP Industrial Ethernet Cruzado 4x2 Cord RJ45/RJ45, Categoría 6 para realizar la conexión entre el S7-200 con el software de programación y la HMI (Human Machine Interface). (Ver figura 29)



Figura 29: Cable TP Industrial Ethernet 6XV1870-3RH20 [9]

Utilizar la comunicación TCP/IP para cualquier proceso reduce el costo del mismo puesto que el cable PPI es mucho más costoso y limitado. Así podemos adaptar cómodamente el jugar de trabajo.

Para configurar el modulo Ethernet se debe configurar con el asistente Ethernet del STEP7 de Micro/Win, donde se indica la posición del modulo Ethernet que en este caso esta ubicado en la posición 0 del gabinete.

Luego se definen las características de la red Ethernet como la dirección IP: 169.254.31.252, mascara de subred: 255.255.0.0.

2.6. MANUAL DE OPERACIÓN ACTUALIZADO.

Se realizo un manual con todas las mejoras realizadas en esta etapa que se encuentra incluido en el anexo C de este documento.

3. ANALISIS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLA DE ALGODÓN.

Debido a que la obtención del biodiesel se basa en la reacción química de la transesterificación, se debe resaltar que hay variables como la humedad, la temperatura, la acidez, el tiempo de reacción entre otras que afectan significativamente el proceso. [11]

La temperatura y la humedad son de los parámetros determinantes de la viabilidad del proceso de transesterificación del aceite vegetal. Para que se realice la reacción completa se necesita un valor de ácidos grasos libres menor al 3%, valor que se determina con análisis en el laboratorio. [11]

La presencia de humedad disminuye el rendimiento del proceso ya que el agua reacciona con los catalizadores formando impurezas, así mismo el proceso se puede realizar a diferente temperatura, teniendo un mejor rendimiento la más alta.

Las siguientes pruebas se realizaron con cierta cantidad de semilla, 2 kilogramos para ser exactos. Ver figura [30] y [31]



Figura 30. Salida del bagazo de la semilla



Figura 31. Aceite extraído

3.1. TEMPERATURA FIJA HUMEDAD VARIABLE

Para esta prueba del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón se definió manejar las variables de la siguiente forma, con una temperatura ambiente

de la tolva y variando la humedad desde 10% HR hasta la mínima que registra el actuador de 4% HR.

3.1.1. Humedad 10% HR. Comenzamos con una humedad relativa de 10% y la humedad ambiente de 28°C, donde el valor inicial de la humedad es 38% HR, y una rata de muestreo cada 5 segundos. Figura [32].

A continuación se muestra una tabla con algunos datos iniciales, medios y finales del fichero de Excel de la prueba. Ver Tabla [5]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Humedad	24/08/2009 14:25	38	1	Temperatu	28
Humedad	24/08/2009 14:25	38	1	Temperatu	28
.
.
.
Humedad	24/08/2009 14:41	10	1	Temperatu	28
Humedad	24/08/2009 14:41	10	1	Temperatu	28
.
.
.
Humedad	24/08/2009 14:57	9	1	Temperatu	29
Humedad	24/08/2009 14:58	9	1	Temperatu	29

Tabla 5. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

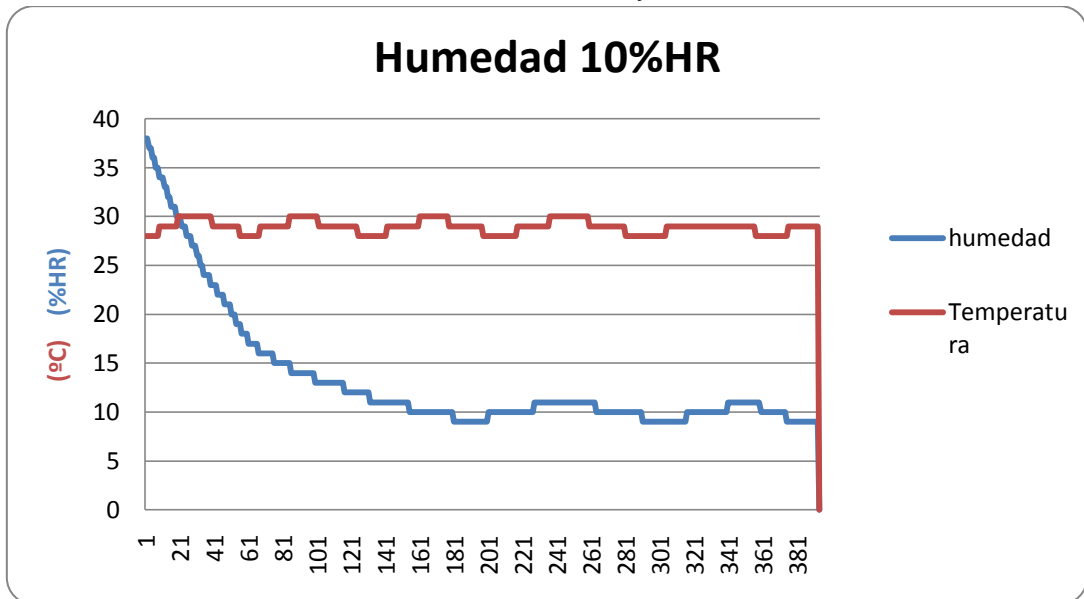


Figura 32. Gráfica humedad 10%HR y temperatura fija.

Podemos observar el comportamiento de la humedad donde va disminuyendo con el pasar de los segundos y alcanza su valor de entrada a los 785 segundos o 13 minutos.

3.1.2. Humedad 8% HR. La humedad inicial es de 40% HR a la temperatura ambiente con la rata de tiempo de 5 segundos. Figura 33. El set point lo logra a los 865 segundos o 14.4 minutos. Ver Tabla [6]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Humedad	27/08/2009 14:25	40	1	Temperatu	28
Humedad	27/08/2009 14:25	40	1	Temperatu	28
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	27/08/2009 14:39	8	1	Temperatu	29
Humedad	27/08/2009 14:39	8	1	Temperatu	29
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	27/08/2009 14:56	8	1	Temperatu	28
Humedad	27/08/2009 14:56	7	1	Temperatu	28

Tabla 6. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

3.1.3. Humedad 6% HR. El valor de inicio de la humedad es de 35% HR, con el tiempo de muestreo igual a los anteriores. El set point lo alcanza a los 1030 segundos o 17.2 minutos. Ver Tabla [7]. Ver Figura [34]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Humedad	31/08/2009 18:22	35	1	Temperatu	28
Humedad	31/08/2009 18:22	35	1	Temperatu	28
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	31/08/2009 18:39	6	1	Temperatu	28
Humedad	31/08/2009 18:39	6	1	Temperatu	28
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	31/08/2009 18:56	6	1	Temperatu	28
Humedad	31/08/2009 18:56	6	1	Temperatu	28

Tabla 7. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

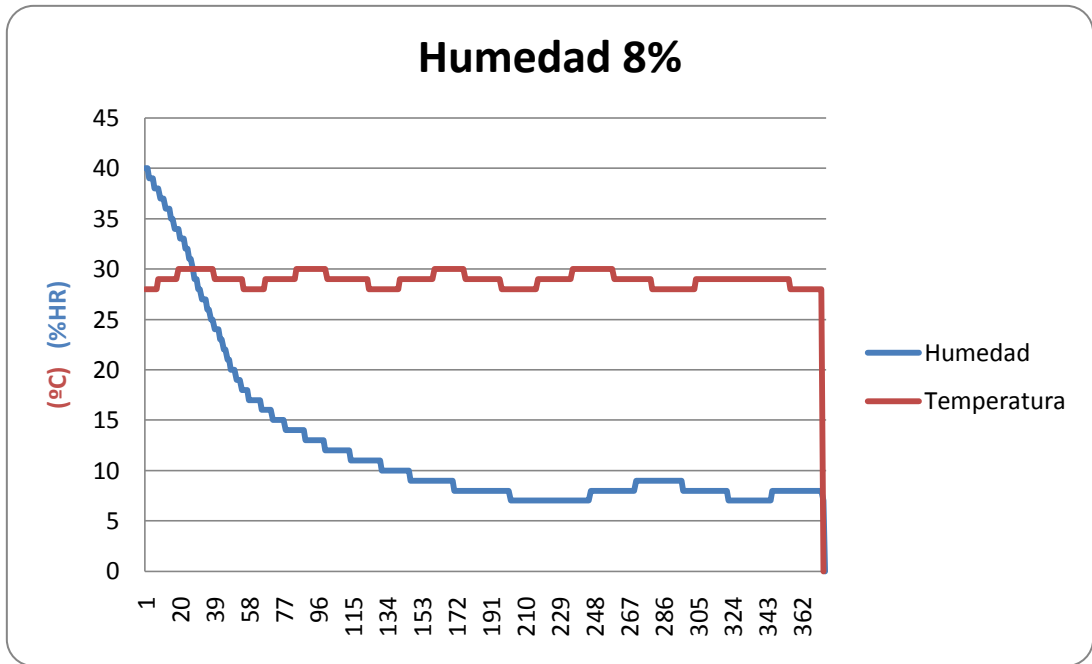


Figura 33. Gráfica humedad 8%HR y temperatura fija.

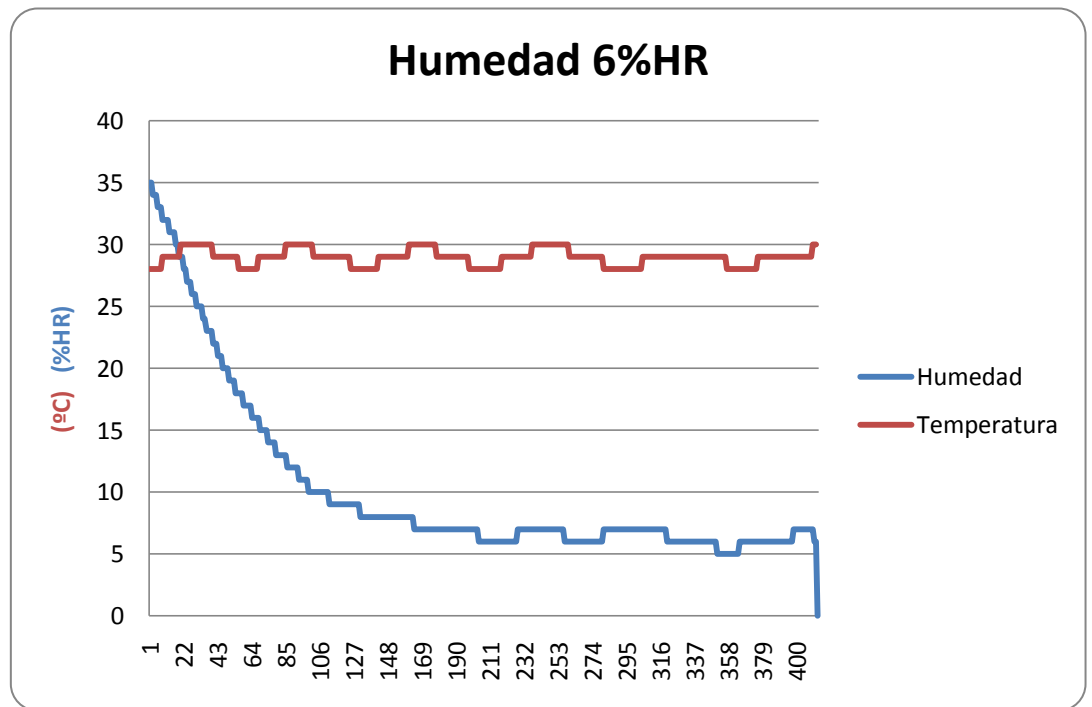


Figura 34. Gráfica humedad 6%HR y temperatura fija.

3.1.4 Humedad 4% HR. La humedad inicial es de 3%HR y llega a su valor deseado a los 1260 segundos o 21 minutos. Ver Tabla [8]. Ver figura [35]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Humedad	02/09/2009 07:18	33	1	Temperatu	28
Humedad	02/09/2009 07:18	33	1	Temperatu	28
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	02/09/2009 07:37	5	1	Temperatu	28
Humedad	02/09/2009 07:37	5	1	Temperatu	28
.			.	.	.
.			.	.	.
.			.	.	.
Humedad	02/09/2009 07:57	4	1	Temperatu	28
Humedad	02/09/2009 07:57	4	1	Temperatu	28

Tabla 8. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

Igualmente el porque el resultado obtenido de la cantidad de aceite y la influencia de los distintos valores de la variables, es decir, cual prueba de las realizadas mostraron mayor conversión.

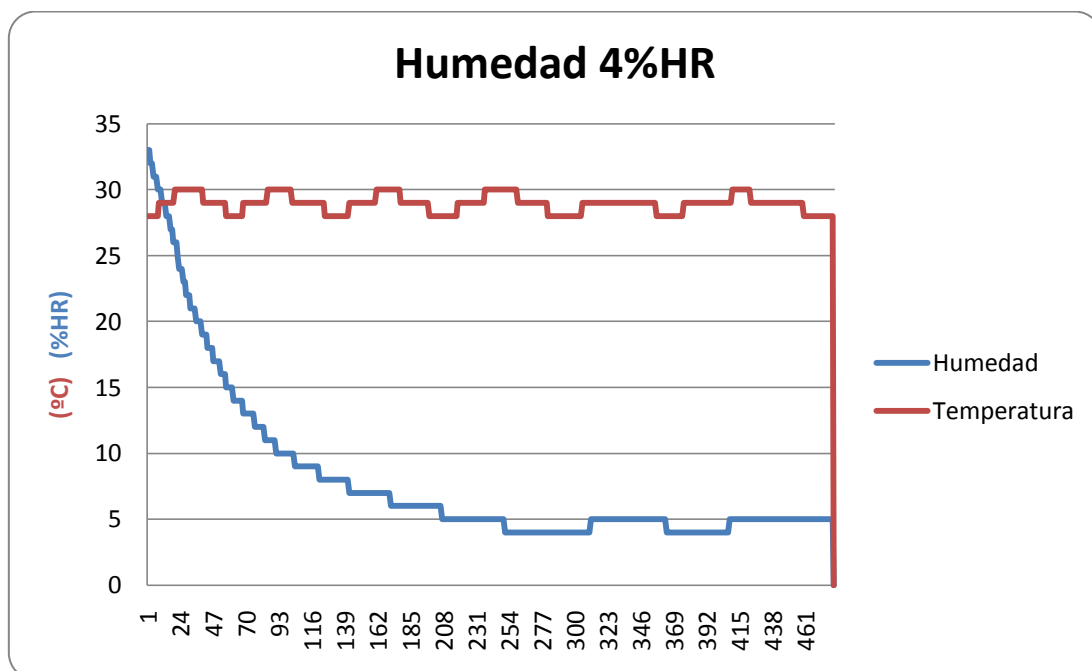


Figura 35. Gráfica humedad 4%HR y temperatura fija.

3.2. HUMEDAD FIJA TEMPERATURA VARIABLE.

Para esta prueba del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón se definió manejar las variables de la siguiente forma, variando el setpoint de la temperatura desde 50°C hasta 80°C que es la máxima temperatura alcanzada por el sensor y que la maquina puede registrar, y manteniendo la humedad relativa de la tolva.

3.2.1 Temperatura 50°C. La temperatura de inicio registrada fue de 29°C y la humedad de la tolva registrada es de 35%HR para una cantidad de 2 Kilogramos de semilla. Ver Tabla [9]

El tiempo de muestreo es de 1 segundo. El valor de temperatura deseado se alcanza a los 325 segundos. Ver figura 36.

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	17/08/2009 09:09	29	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 09:09	29	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	17/08/2009 09:20	52	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 09:20	52	1	Humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	17/08/2009 09:31	50	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 09:31	50	1	Humedad	35

Tabla 9. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

3.2.2. Temperatura 60°C. La temperatura de registro de inicio es de 29°C, con los valores de muestreo y de humedad de de la temperatura anterior. Ver tabla [10]

El set point lo logra a los 757 segundos o 12.6 minutos de iniciado el proceso. Ver Figura [37]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	17/08/2009 16:09	29	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 16:09	29	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	17/08/2009 16:24	61	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 16:24	61	1	Humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	17/08/2009 16:38	60	1	Humedad	35
Temperatu	17/08/2009 16:38	60	1	Humedad	35

Tabla 10. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

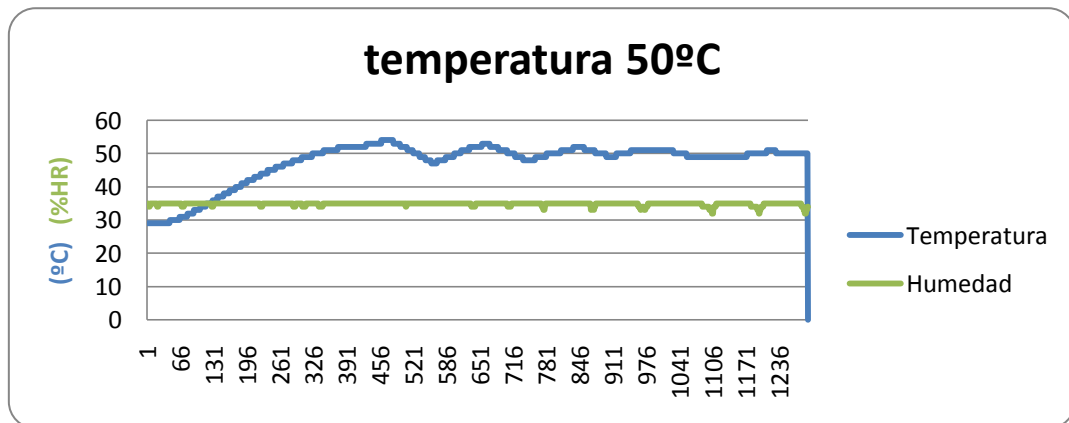


Figura 36. Gráfica Temperatura 50°C y humedad fija.

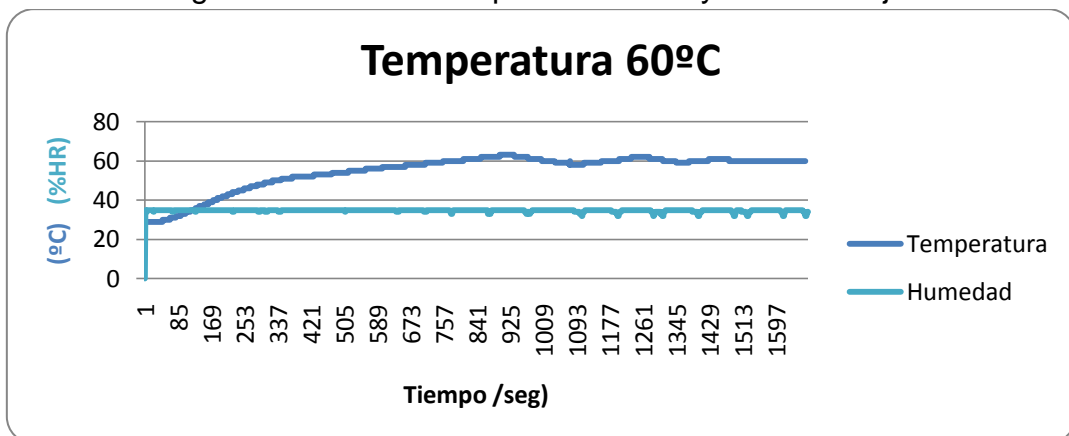


Figura 37. Gráfica Temperatura 60°C y humedad fija.

3.2.3. Temperatura 70°C. La temperatura de inicio es de 29°C con la humedad deseada fija pero con un tiempo de muestreo de 5 segundos. Ver Tabla [11]

El set point se logra a los 4975 segundos o 83 minutos de iniciado el proceso.

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	19/08/2009 08:08	29	1	Humedad	35
Temperatu	19/08/2009 08:08	29	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	19/08/2009 08:58	64	1	Humedad	35
Temperatu	19/08/2009 08:58	64	1	Humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	19/08/2009 09:50	70	1	Humedad	35
Temperatu	19/08/2009 09:50	70	1	Humedad	35

Tabla 11. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

Como podemos ver a mayor temperatura el tiempo de lograr o alcanzar el setpoint aumenta, la respuesta se hace mas lenta. Ver figura [38]

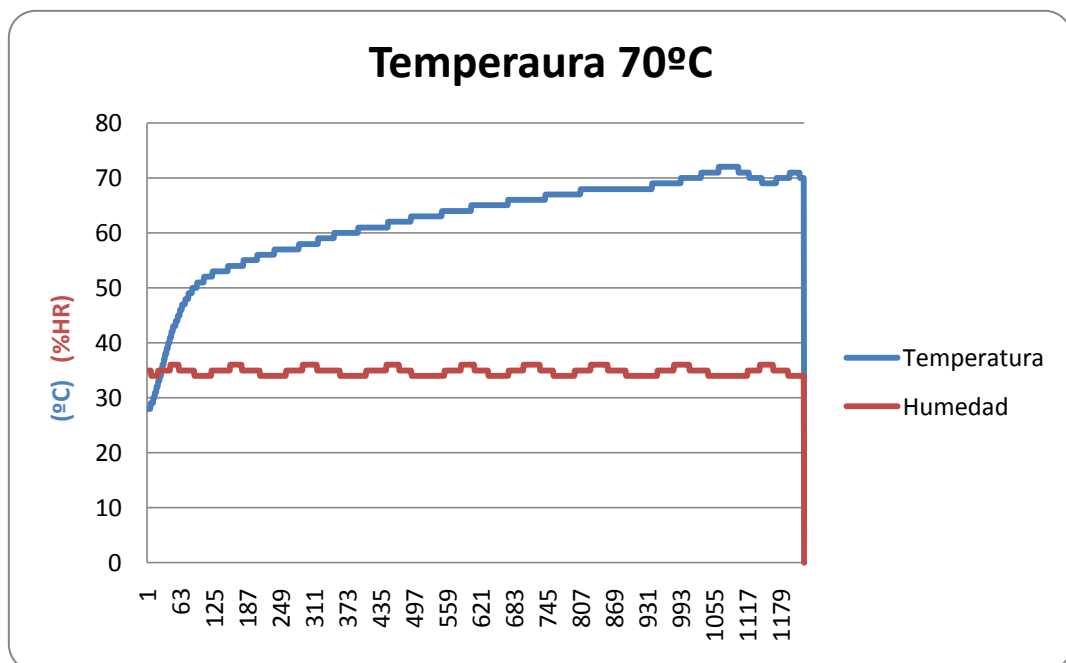


Figura 38. Gráfica Temperatura 70°C y humedad fija.

3.2.4. Temperatura 80°C. La temperatura de inicio es 28°C y la humedad de 35%HR a una rata de muestreo de 5 segundos. Ver Tabla [12]

El set poni se alcanza a los 7550 segundos o a los 125.8 minutos de iniciado e proceso. Como se puede observar el tiempo del proceso es mucho mas demorado que los anteriores. Ver figura [39]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	20/08/2009 14:25	28	1	Humedad	35
Temperatu	20/08/2009 14:25	28	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	20/08/2009 15:44	69	1	Humedad	35
Temperatu	20/08/2009 15:44	69	1	Humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	20/08/2009 16:59	80	1	Humedad	35
Temperatu	20/08/2009 16:59	80	1	Humedad	35

Tabla 12. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

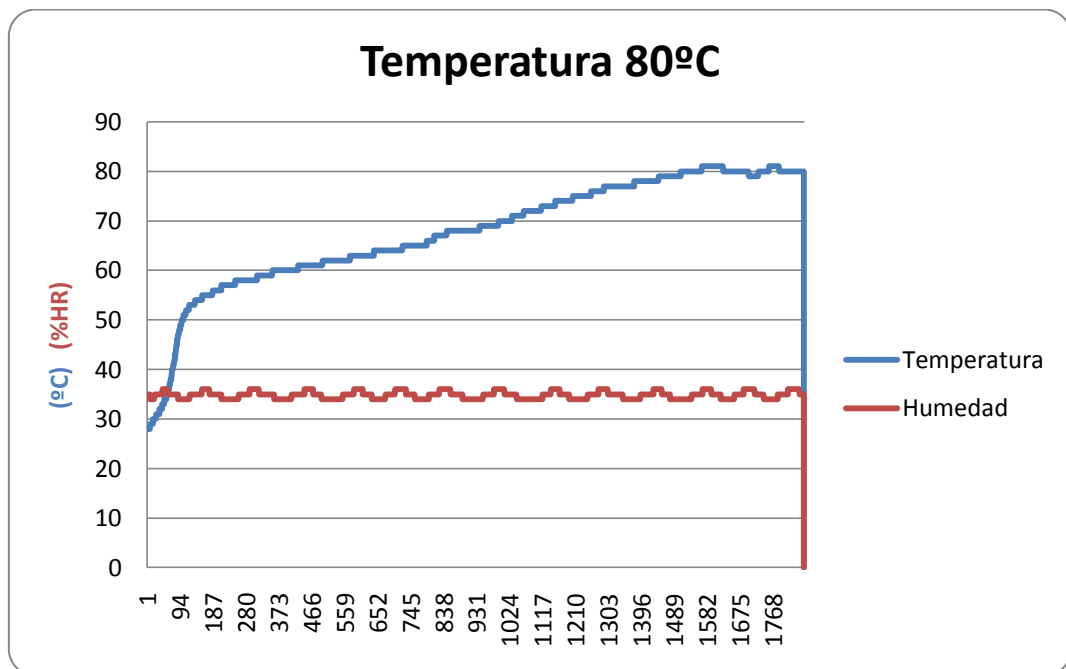


Figura 39. Gráfica Temperatura 80°C y Humedad fija.

3.3. TEMPERATURA VARIABLE HUMEDAD VARIABLE.

Ahora se definió hacer pruebas variando tanto los valores de temperatura como de humedad, con los mismo valores de las pruebas anteriores.

Así podemos observar el comportamiento de una variable con respecto a la otra.

Cabe resaltar que las pruebas se siguen realizando con peso de 2 Kilogramos de semilla de algodón.

3.3.1. Temperatura 50°C, Humedad 10%HR. El registro inicial de la temperatura es de 28°C y la humedad de 35%HR. El tiempo de muestreo es de 5 segundos. Ver Tabla [13]

El tiempo donde se alcanza ambos valores de entrada es a los 510 segundos o 8.5 minutos del inicio del proceso.

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	03/09/2009 18:21	28	1	Humedad	35
Temperatu	03/09/2009 18:21	28	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	03/09/2009 18:35	49	1	Humedad	10
Temperatu	03/09/2009 18:35	49	1	Humedad	10
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	03/09/2009 18:50	50	1	Humedad	10
Temperatu	03/09/2009 18:50	50	1	Humedad	10

Tabla 13. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

Se observa que la grafica de temperatura es inversamente proporcional a la de humedad debido a que a mayor temperatura la humedad va disminuyendo por causas del aire caliente lo cual mas adelante se analizara y se establecerá la correcta relación de una y otra. Ver figura [40]

Cuando se alcanza el valor de setpoint, notamos ciertas oscilaciones mínimas alrededor de esta que con el controlador PID se lograron reducir cierto porcentaje.

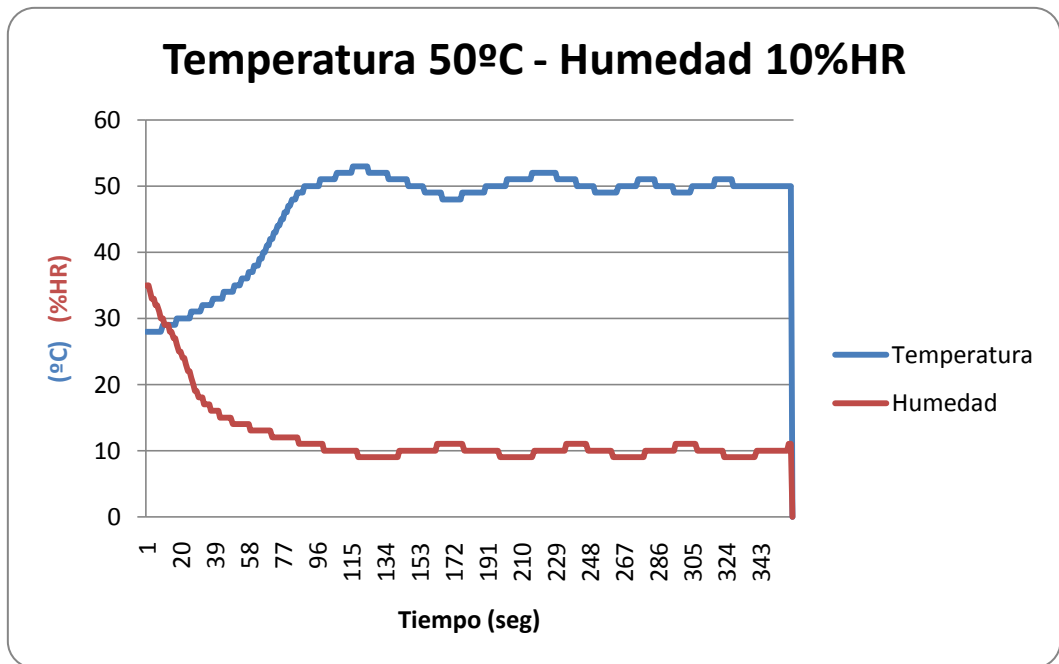


Figura 40. Gráfica Temperatura 50°C y Humedad 10%HR

3.3.2 Temperatura 50°C – Humedad 8%HR. Registros iniciales de 28°C y 35%HR con una rata de muestreo cada 5 segundos para una cantidad de 2 Kilogramos de semilla de algodón. Ver Tabla [14]

Los valores requeridos se obtienen a los 720 segundos o a los 12 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [41]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	07/09/2009 13:01	28	1	Humedad	35
Temperatu	07/09/2009 13:01	28	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	07/09/2009 13:15	52	1	Humedad	8
Temperatu	07/09/2009 13:15	52	1	Humedad	8
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	07/09/2009 13:29	50	1	Humedad	8
Temperatu	07/09/2009 13:29	50	1	Humedad	8

Tabla 14. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

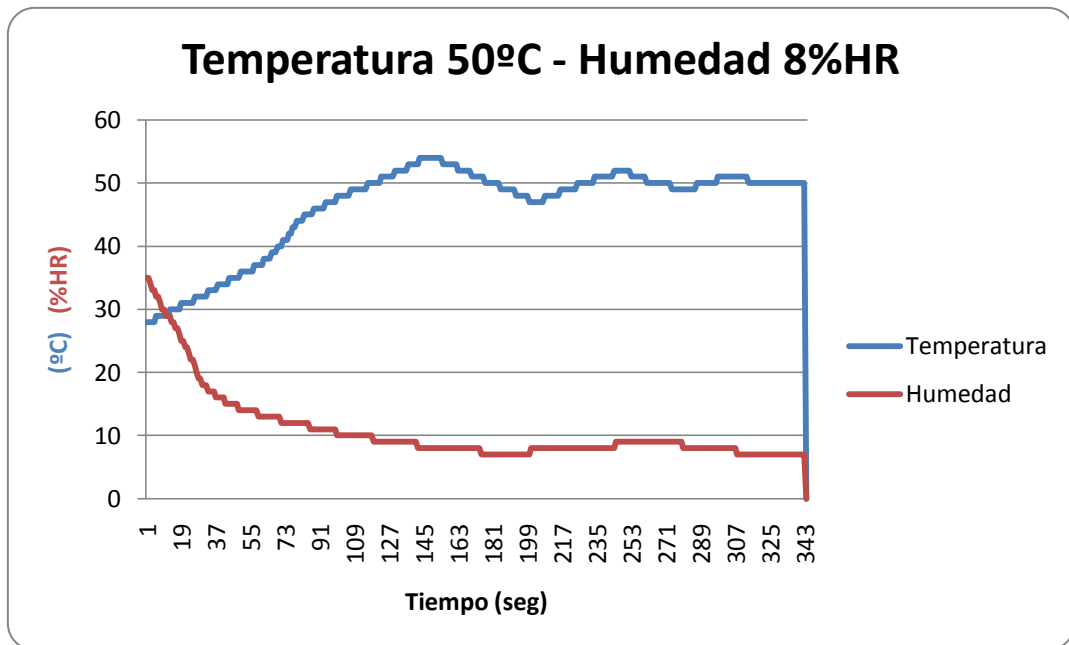


Figura 41. Gráfica Temperatura 50°C y Humedad 8%HR

3.2.3. Temperatura 50°C – Humedad 6%HR. Al igual que las dos pruebas anteriores tiene los mismos parámetros iniciales y de proceso. Ver Tabla [15]

Los valores de setpoint se alcanzan a los 1070 segundos o a los 17.8 minutos de haberse iniciado el proceso. Ver figura [42]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	09/09/2009 18:27	28	1	Humedad	35
Temperatu	09/09/2009 18:27	28	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	09/09/2009 18:43	50	1	Humedad	7
Temperatu	09/09/2009 18:43	50	1	Humedad	7
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	09/09/2009 19:00	50	1	Humedad	6
Temperatu	09/09/2009 19:00	50	1	Humedad	6

Tabla 15. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

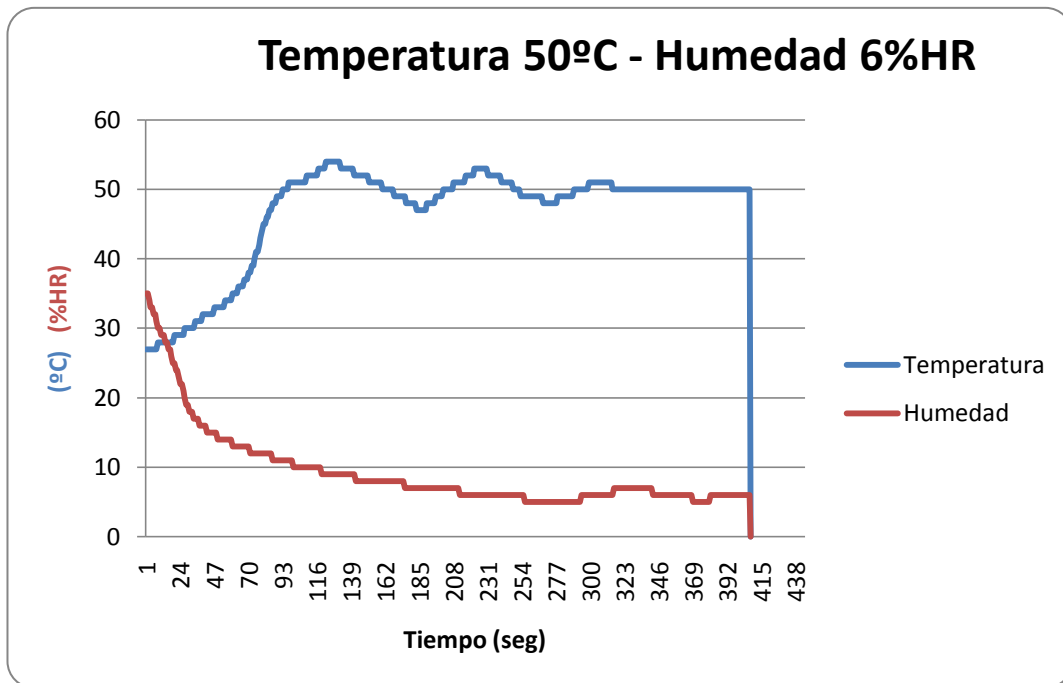


Figura 42. Gráfica Temperatura 50°C y Humedad 6%HR

3.3.4. Temperatura 50°C – Humedad 4%HR. La temperatura de inicio es de 27°C pero mantiene los mismos parámetros a las anteriores. Ver Tabla [16]

Los valores de setpoint se logran a los 1570 segundos o a los 26.2 minutos de inicio del proceso. Ver figura [43]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	30/09/2009 18:30	27	1	Humedad	35
Temperatu	30/09/2009 18:30	27	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	30/09/2009 18:51	52	1	Humedad	5
Temperatu	30/09/2009 18:51	52	1	Humedad	5
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	30/09/2009 18:13	50	1	Humedad	4
Temperatu	30/09/2009 18:13	50	1	Humedad	4

Tabla 16. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

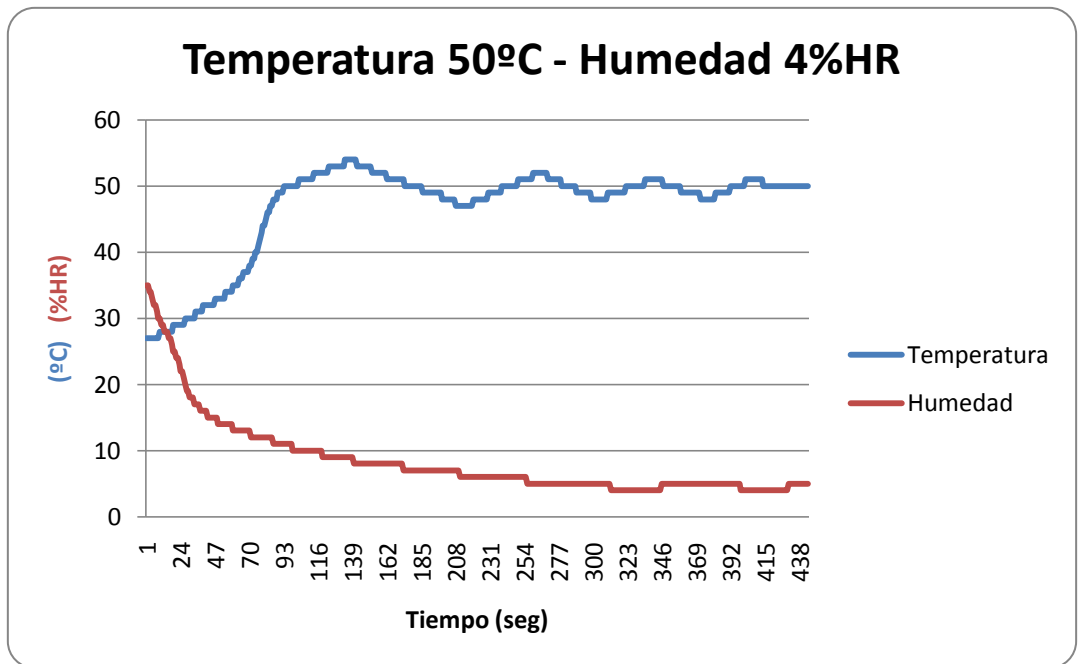


Figura 43. Gráfica Temperatura 50°C y humedad 4%HR

3.3.5. Temperatura 60°C – Humedad 10%HR. Valores de caracterización de inicio del proceso iguales a los anteriores. El setpoint se alcanza a los 1200 segundos o a los 20 minutos de iniciado el proceso. Ver figura [44]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	01/10/2009 08:08	28	1	Humedad	35
Temperatu	01/10/2009 08:08	28	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	01/10/2009 08:31	61	1	Humedad	10
Temperatu	01/10/2009 08:31	61	1	Humedad	10
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	01/10/2009 08:55	60	1	Humedad	10
Temperatu	01/10/2009 08:55	60	1	Humedad	10

Tabla 17. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

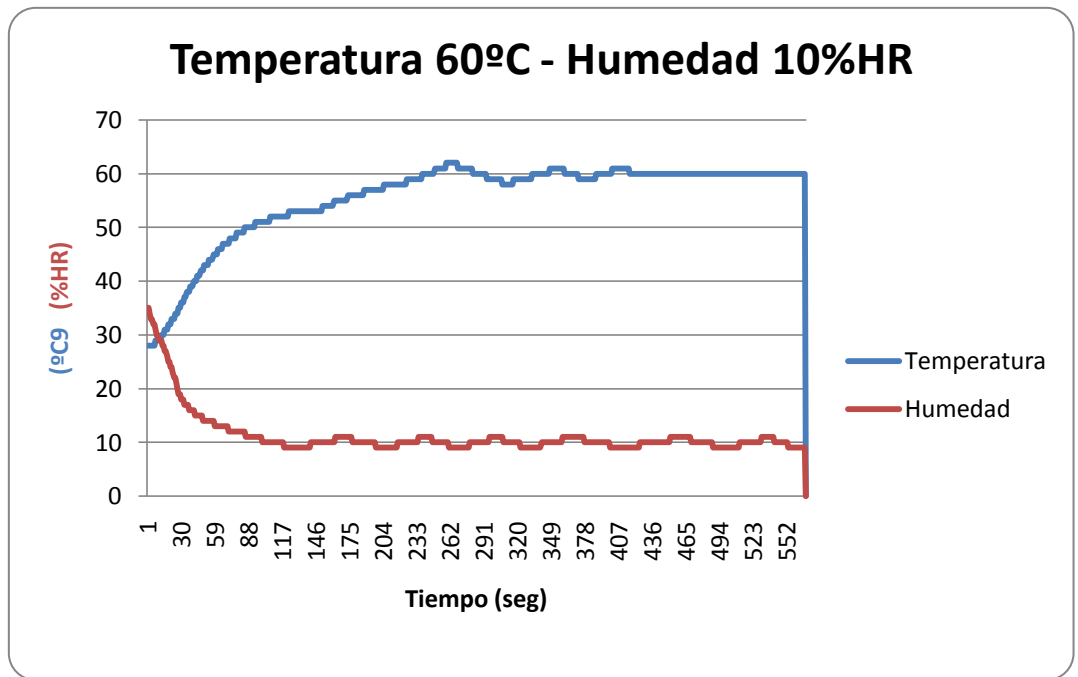


Figura 44. Grafica Temperatura 60°C y humedad 10%HR

3.3.6. Temperatura 60°C – Humedad 8%HR. La temperatura de inicio es de 30°C y humedad de 34%HR a una rata de muestreo cada 5 segundos. Ver Tabla [18]

El setpoint se alcanza a los 1230 segundos o 21 minutos de inicio del proceso. Ver figura [45]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	05/10/2009 14:01	30	1	Humedad	34
Temperatu	05/10/2009 14:01	30	1	humedad	34
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	05/10/2009 14:22	60	1	Humedad	9
Temperatu	05/10/2009 14:22	60	1	Humedad	9
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	05/10/2009 14:45	60	1	Humedad	8
Temperatu	05/10/2009 14:45	60	1	Humedad	8

Tabla 18. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

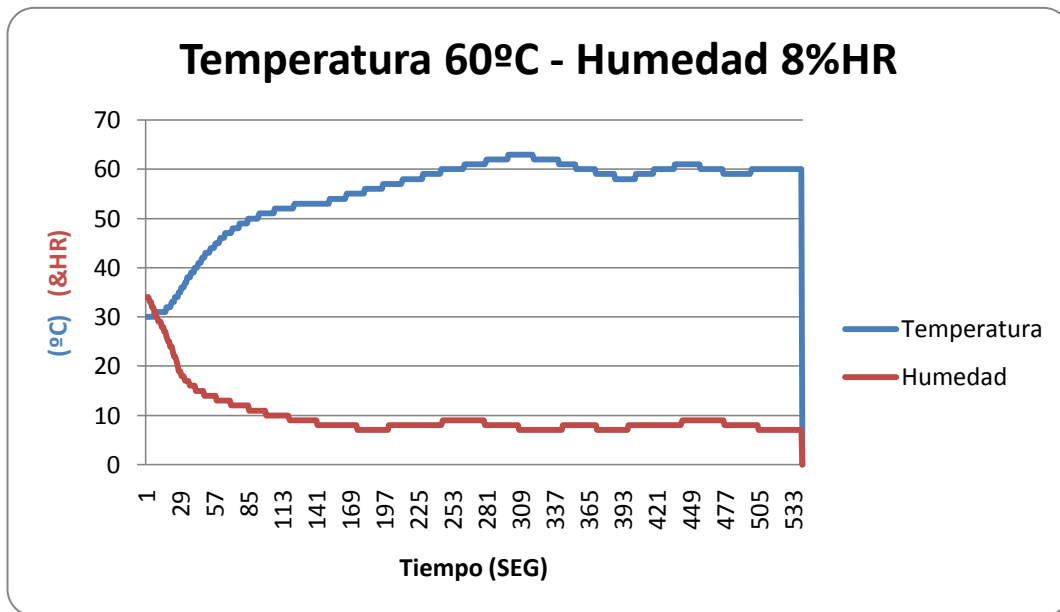


Figura 45. Grafica Temperatura 60°C y humedad 8%HR

3.3.7. Temperatura 60°C - Humedad 6%HR. La humedad de inicio es de 35%HR y temperatura y rata de muestreo igual a la prueba anterior. Ver Tabla [19]

El set point se alcanza a los 1750 segundos o 29.3 minutos de inicio del proceso.

A mayor temperatura mayor el tiempo de proceso y menor es la frecuencia de las oscilaciones y más se acerca al punto de referencia. Ver figura [46]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	07/10/2009 18:11	30	1	Humedad	35
Temperatu	07/10/2009 18:11	30	1	humedad	35
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	07/10/2009 18:35	63	1	Humedad	7
Temperatu	07/10/2009 18:35	63	1	Humedad	7
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	07/10/2009 19:00	60	1	Humedad	6
Temperatu	07/10/2009 19:00	60	1	Humedad	6

Tabla 19. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

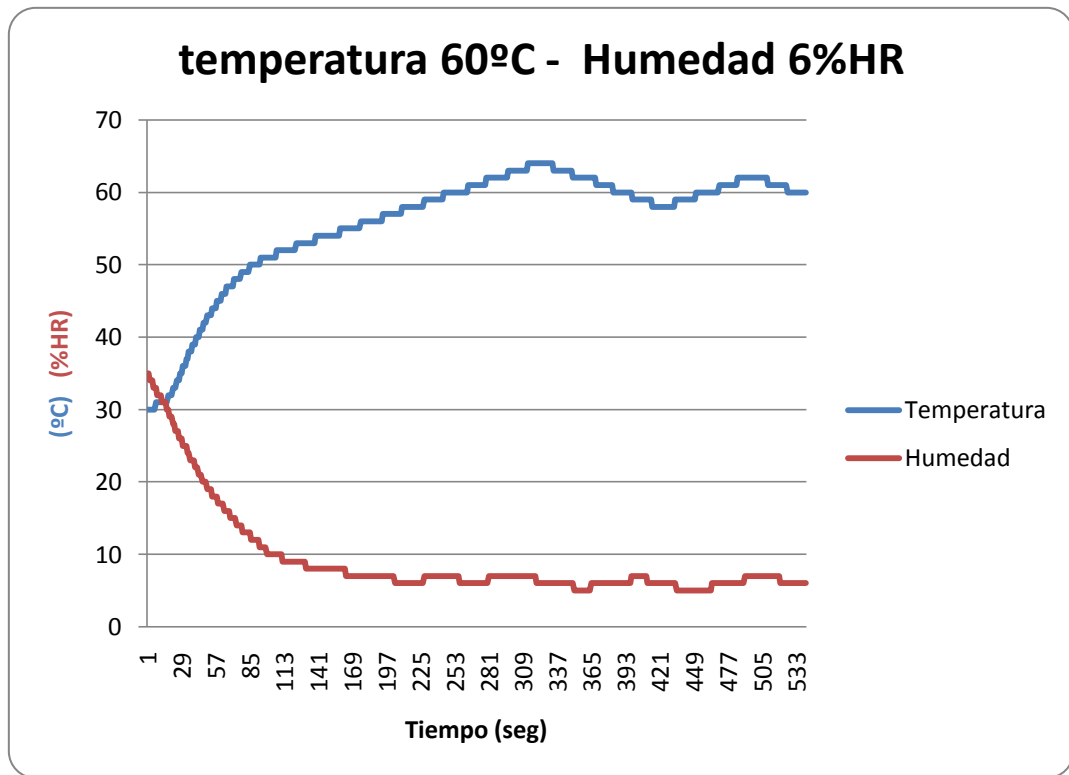


Figura 46. Grafica Temperatura 60°C y humedad 6%HR

3.3.8. Temperatura 60°C - Humedad 4%HR. Los valores de inicio son 27°C y 33%HR con un tiempo de muestreo cada 5 segundos. Ver Tabla [20]

El set point se alcanza a los 1755 segundos o 29.3 minutos de inicio del proceso. Ver figura [47]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	08/10/2009 08:30	27	1	Humedad	33
Temperatu	08/10/2009 08:30	27	1	humedad	33
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	08/10/2009 08:54	62	1	Humedad	4
Temperatu	08/10/2009 08:55	62	1	Humedad	4
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	08/10/2009 09:19	60	1	Humedad	6
Temperatu	08/10/2009 09:19	60	1	Humedad	6

Tabla 20. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

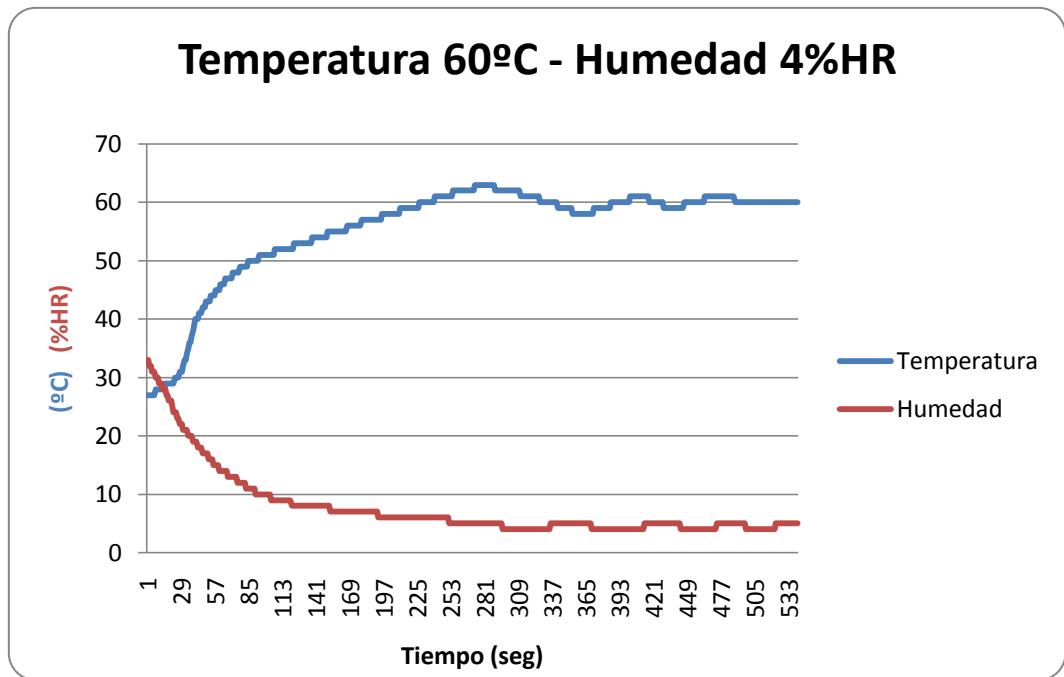


Figura 47. Grafica Temperatura 60°C y humedad 4%HR

3.3.9. Temperatura 70°C – Humedad 10%HR. Los valores de inicio son 27°C y 34%HR con un tiempo de muestreo cada 5 segundos. Ver Tabla [21]

El setpoint se alcanza a los 2040 segundos o a los 34 minutos de inicio del proceso. Ver figura [48]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	12/10/2009 18:08	27	1	Humedad	34
Temperatu	12/10/2009 18:08	27	1	humedad	34
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	12/10/2009 18:49	73	1	Humedad	10
Temperatu	12/10/2009 18:49	72	1	Humedad	10
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	12/10/2009 19:30	70	1	Humedad	10
Temperatu	12/10/2009 19:30	70	1	Humedad	10

Tabla 21. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

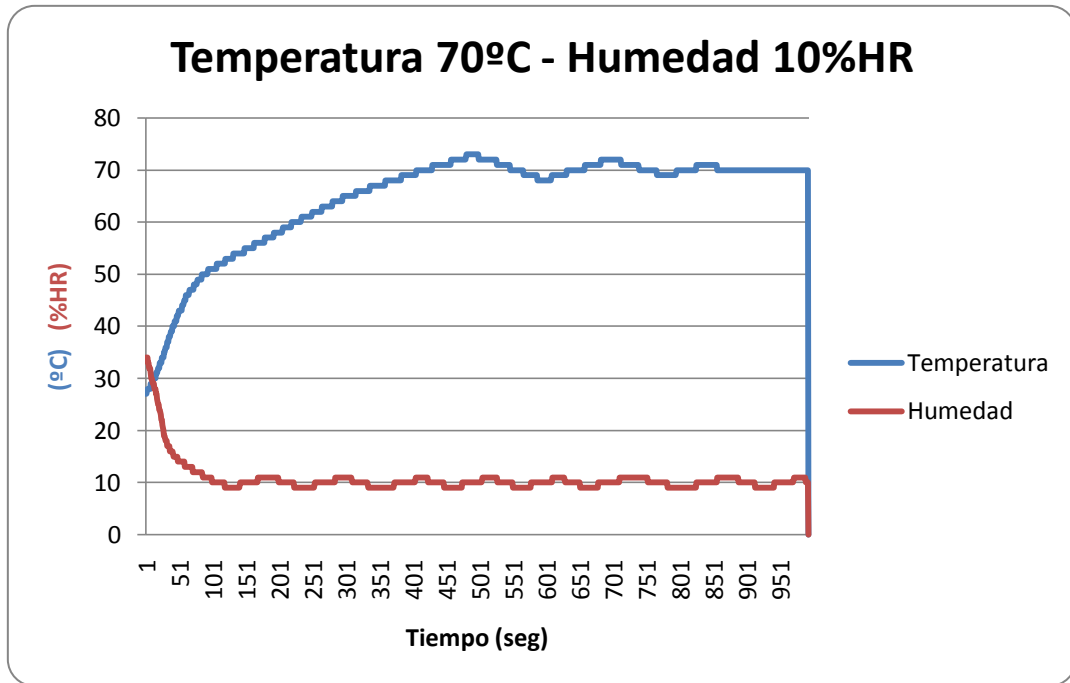


Figura 48. Grafica Temperatura 70°C y humedad 10%HR

3.3.10. Temperatura 70°C – Humedad 8%HR. Los valores de inicio con 28°C y 33%HR con muestreo cada 5 segundos. Ver Tabla [22]

El setpoint se logra a los 2130 segundos a los 67.3 minutos de inicio del proceso. Ver figura [49]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	14/10/2009 8:25	28	1	Humedad	33
Temperatu	14/10/2009 18:25	28	1	humedad	33
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	14/10/2009 19:05	74	1	Humedad	8
Temperatu	14/10/2009 19:05	74	1	Humedad	8
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	14/10/2009 19:44	70	1	Humedad	8
Temperatu	14/10/2009 19:45	70	1	Humedad	8

Tabla 22. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

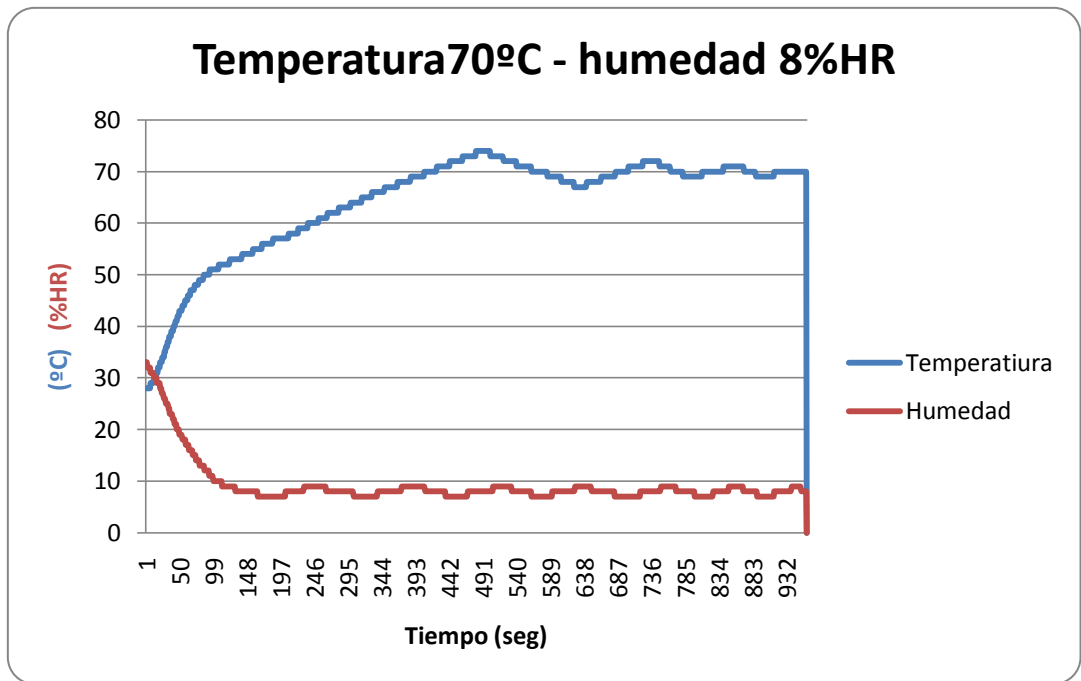


Figura 49. Grafica Temperatura 70°C y humedad 8%HR

3.3.11. Temperatura 70°C – Humedad 6%HR. Los valores iniciales son 28°C y 40%HR. Ver Tabla [23]

Los valores requeridos se alcanzan a los 2200 segundos o a los 37 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [50]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	19/10/2009 18:29	28	1	Humedad	40
Temperatu	19/10/2009 18:29	28	1	humedad	40
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	19/10/2009 19:10	74	1	Humedad	6
Temperatu	19/10/2009 19:10	74	1	Humedad	6
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	19/10/2009 19:51	70	1	Humedad	6
Temperatu	19/10/2009 19:51	70	1	Humedad	6

Tabla 23. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

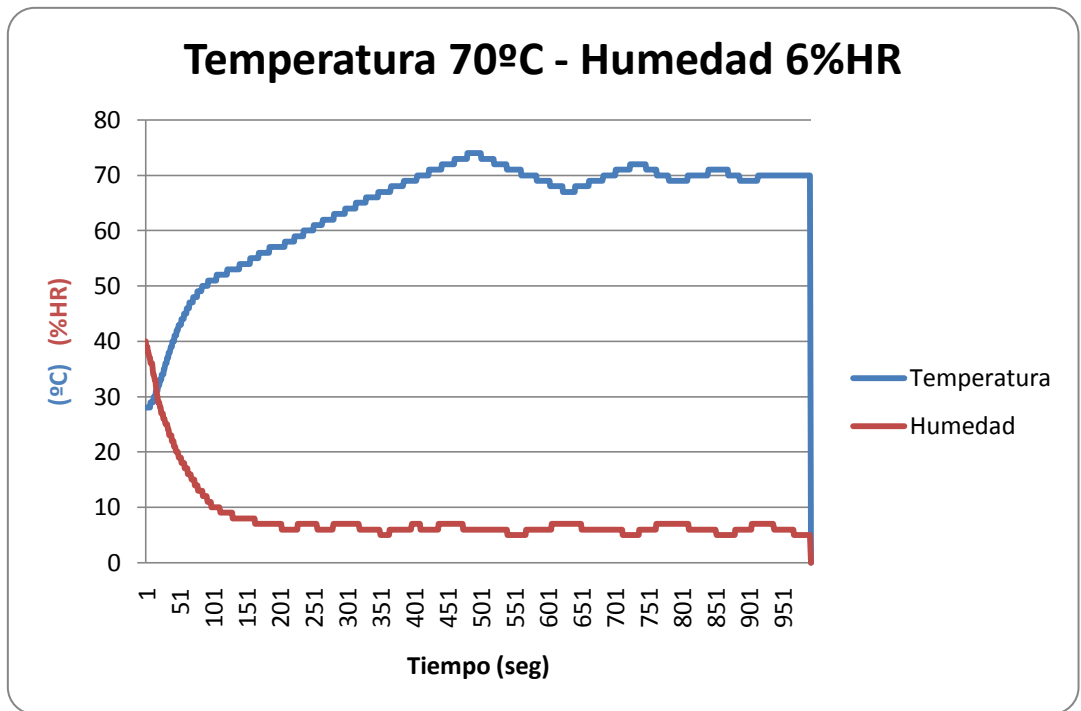


Figura 50. Gráfica Temperatura 70°C y humedad 6%HR

3.3.12. Temperatura 70°C – Humedad 4%HR. Los valores iniciales son 29°C y 41%HR. Ver Tabla [24]

Los valores requeridos se alcanzan a los 2330 segundos o a los 38 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [51]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	21/10/2009 18:17	29	1	Humedad	41
Temperatu	21/10/2009 18:17	29	1	humedad	41
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	21/10/2009 19:07	74	1	Humedad	5
Temperatu	21/10/2009 19:07	74	1	Humedad	5
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	21/10/2009 19:58	70	1	Humedad	4
Temperatu	21/10/2009 19:58	70	1	Humedad	4

Tabla 24. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

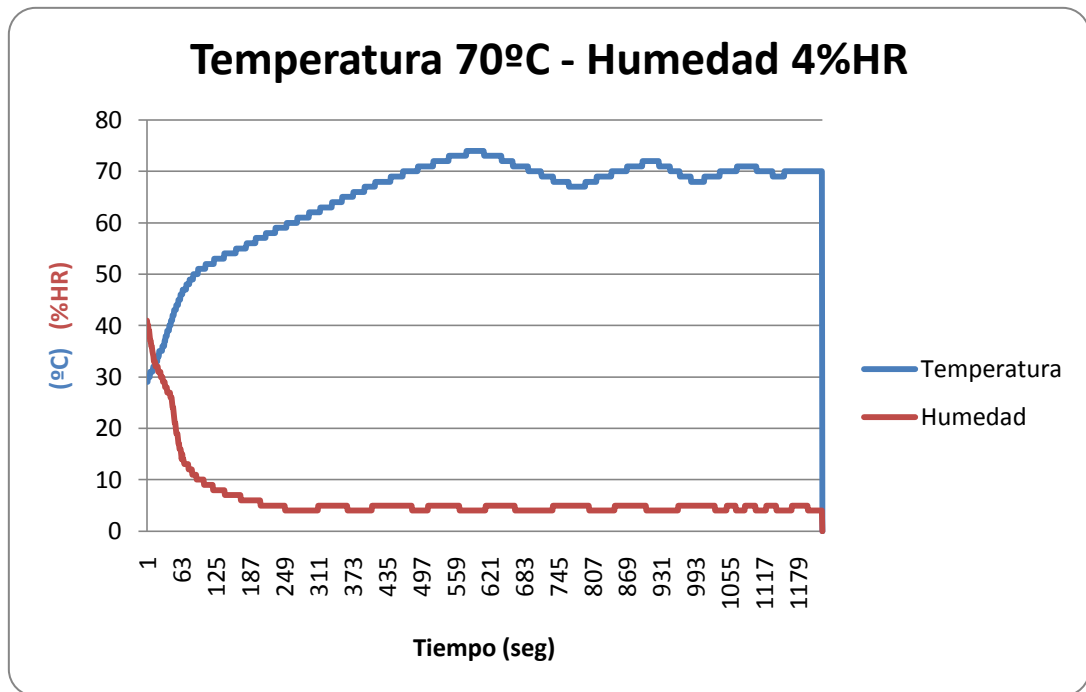


Figura 51. Gráfica Temperatura 70°C y humedad 4%HR

3.3.13. Temperatura 80°C – Humedad 10%HR. Los valores iniciales son 29°C y 43%HR. Ver Tabla [25]

Los valores requeridos se alcanzan a los 2335 segundos o a los 38.3 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [52]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	23/11/2009 19:00	29	1	Humedad	43
Temperatu	23/11/2009 19:00	29	1	humedad	43
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	23/11/2009 20:20	78	1	Humedad	8
Temperatu	23/11/2009 20:21	78	1	Humedad	8
.			.		
.			.		
.			.		
Temperatu	23/11/2009 21:34	80	1	Humedad	10
Temperatu	23/11/2009 21:34	80	1	Humedad	10

Tabla 25. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

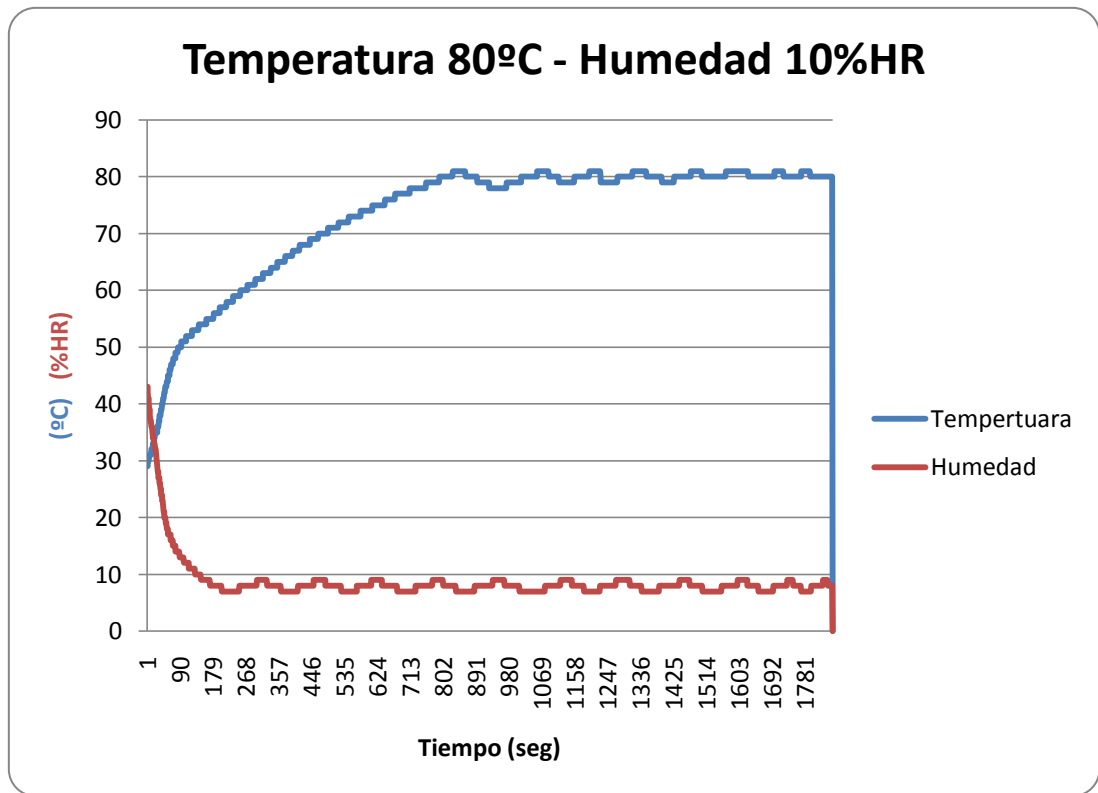


Figura 52. Gráfica Temperatura 80°C y humedad 10%HR

3.3.14. Temperatura 80°C – Humedad 8%HR. Se inicia con las mismas condiciones que la prueba anterior. Ver figura [53]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	24/11/2009 19:08	29	1	Humedad	43
Temperatu	24/11/2009 19:08	29	1	humedad	43
.
.
.
Temperatu	24/11/2009 20:24	79	1	Humedad	9
Temperatu	24/11/2009 20:24	79	1	Humedad	9
.
.
.
Temperatu	24/11/2009 21:43	80	1	Humedad	8
Temperatu	24/11/2009 21:43	80	1	Humedad	8

Tabla 26. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

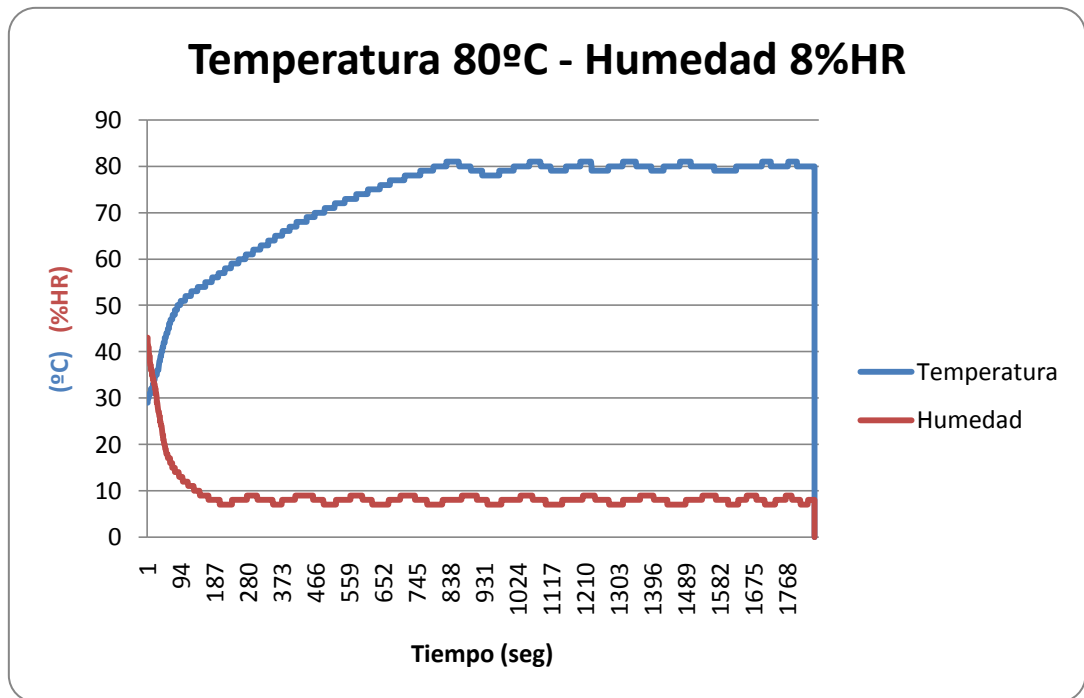


Figura 53. Gráfica Temperatura 80°C y humedad 8%HR

3.3.15. Temperatura 80°C – Humedad 6%HR. Los valores iniciales son 29°C y 42%HR, a una rata de muestreo de 10 segundos. Ver Tabla [27]

Los valores requeridos se alcanzan a los 7890 segundos o a los 131.5 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [54]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	27/11/2009 18:17	29	1	Humedad	42
Temperatu	27/11/2009 18:17	29	1	humedad	42
.
.
.
Temperatu	27/11/2009 19:36	74	1	Humedad	6
Temperatu	27/11/2009 19:36	74	1	Humedad	6
.
.
.
Temperatu	27/11/2009 20:58	80	1	Humedad	5
Temperatu	27/11/2009 20:58	80	1	Humedad	5

Tabla 27. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

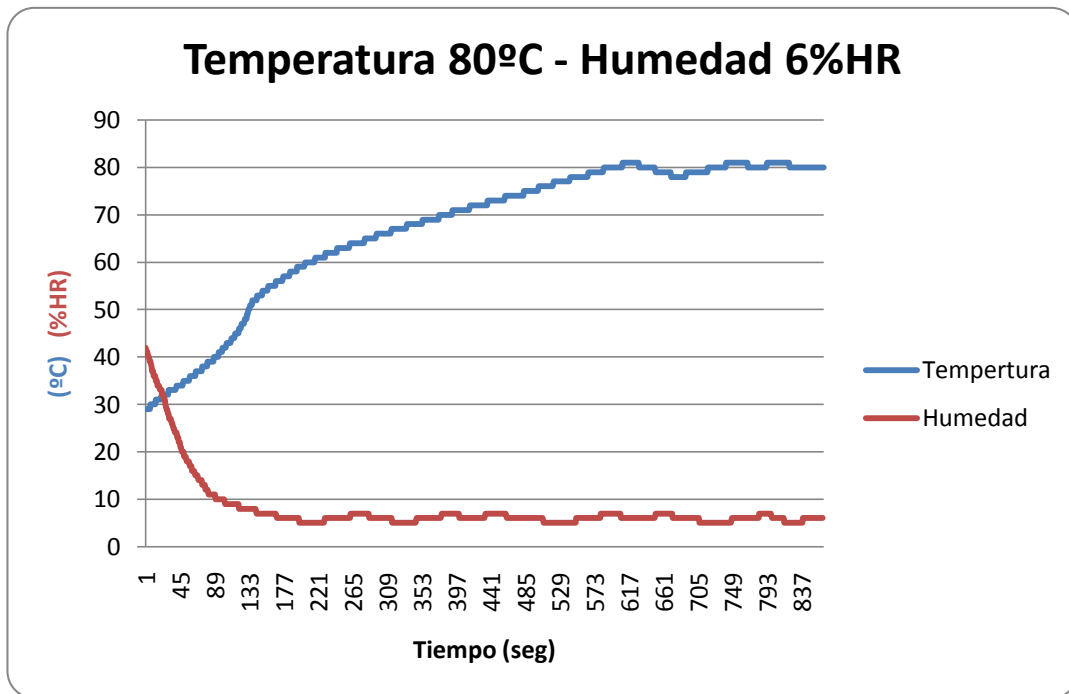


Figura 54. Gráfica Temperatura 80°C y humedad 6%HR

3.3.16. Temperatura 80°C – Humedad 4%HR. Al igual que la prueba anterior tiene un muestreo de 10 segundos. Ver Tabla [28]

Los valores requeridos se alcanzan a los 7340 segundos o a los 122.3 minutos de haber iniciado el proceso. Ver figura [55]

Variable	Tiempo	Valor	validación	Variable	valor
Temperatu	30/11/2009 18:32	29	1	Humedad	42
Temperatu	30/11/2009 18:32	29	1	humedad	42
.	
.	
.	
Temperatu	30/11/2009 19:43	78	1	Humedad	5
Temperatu	30/11/2009 19:43	78	1	Humedad	5
.	
.	
.	
Temperatu	30/11/2009 20:55	80	1	Humedad	4
Temperatu	30/11/2009 20:55	80	1	Humedad	4

Tabla 28. Datos iniciales, medios y finales tabla Excel

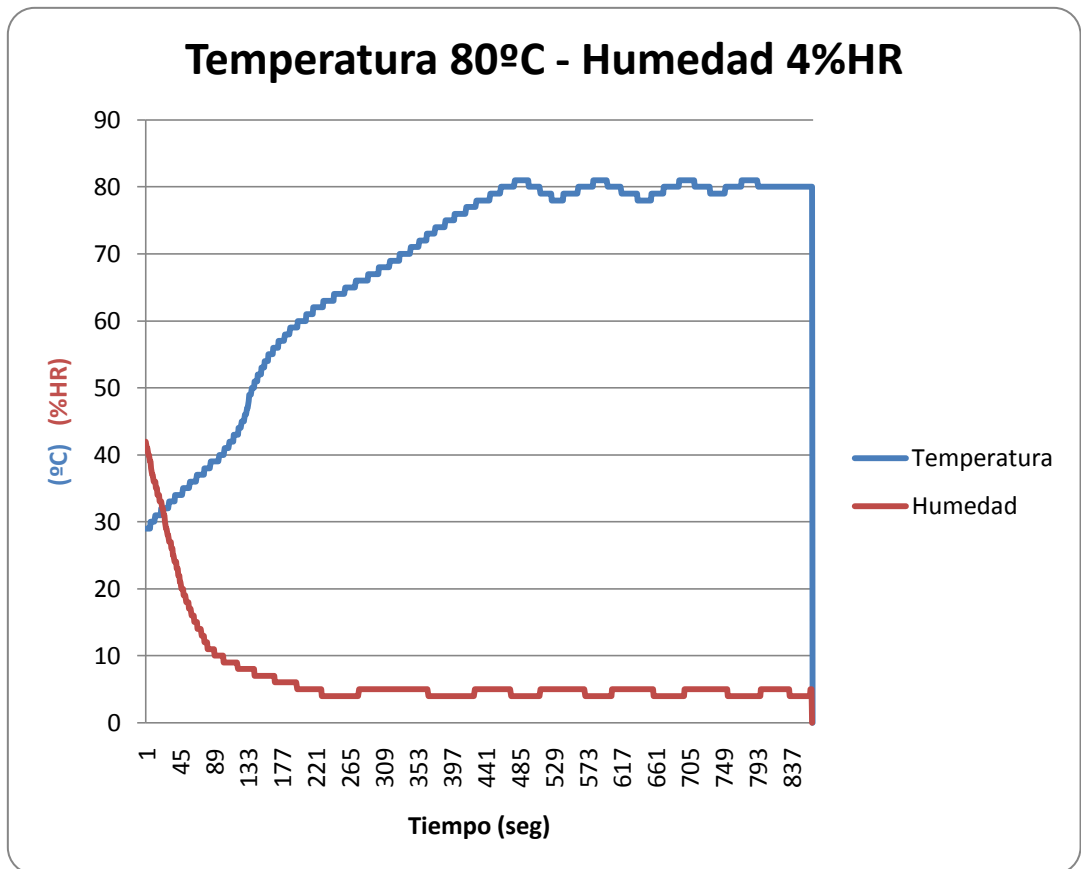


Figura 55. Gráfica Temperatura 80°C y humedad 4%HR

3.4. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LA EXTRUSORA.

La eficiencia de máquina extrusora de semilla de algodón se define como la relación entre la cantidad de aceite extraído en gramos y la cantidad de masa en gramos de semilla introducida en la tolva y esta definida por la siguiente ecuación:

$$\eta = \text{peso del aceite} \div \text{Peso de la semilla}$$

Donde:

Peso aceite = Cantidad de aceite extraído en gramos

Peso semilla = Cantidad de semilla ingresada a la maquina

3.4.1. Eficiencia a 50°C. Ver Tabla [29] y Figura[56]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
50	4	2000	302	15.1
50	6	2000	281	14.05
50	8	2000	259	12.95
50	10	2000	238	11.9

Tabla 29. Datos de la eficiencia a 50°C

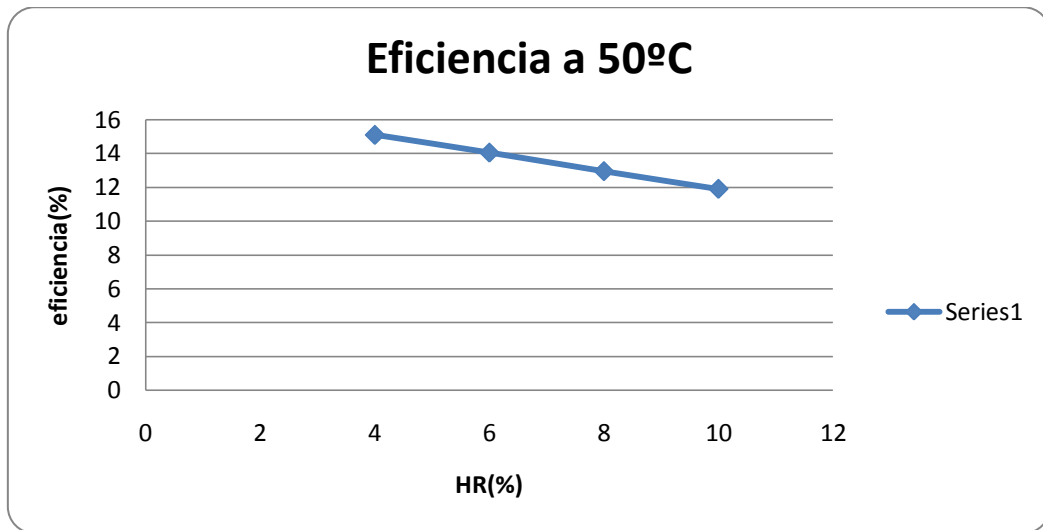


Figura 56. Grafica eficiencia a 50°C

3.4.2. Eficiencia a 60°C. Ver Tabla [30] y Figura [57]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
60	4	2000	330	16.5
60	6	2000	312	15.6
60	8	2000	296	14.8
60	10	2000	284	14.2

Tabla 30. Datos de la eficiencia a 60°C

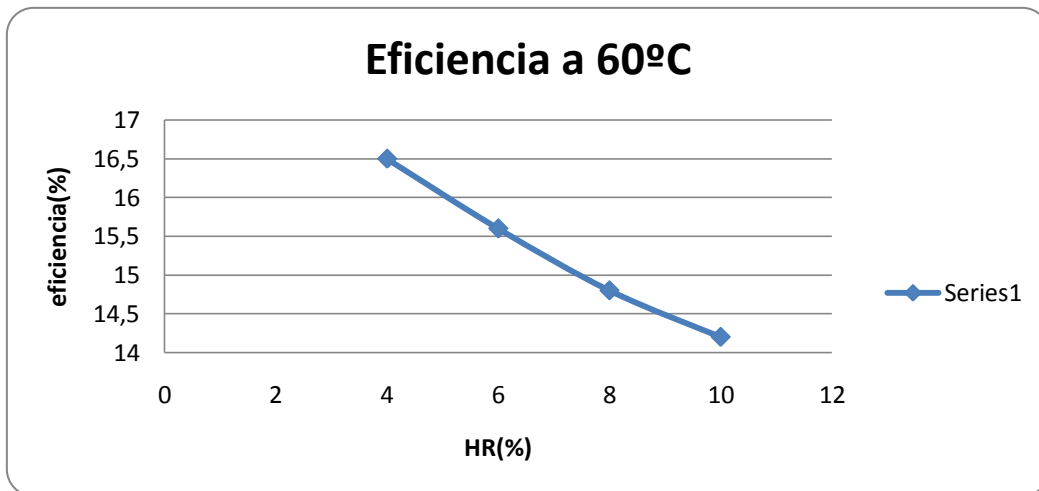


Figura 57. Grafica eficiencia a 60°C

3.4.3. Eficiencia a 70°C. Ver Tabla [31] y Figura [58]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
70	4	2000	380	19
70	6	2000	361	18.05
70	8	2000	349	17.45
70	10	2000	333	16.65

Tabla 31. Datos de la eficiencia a 70°C

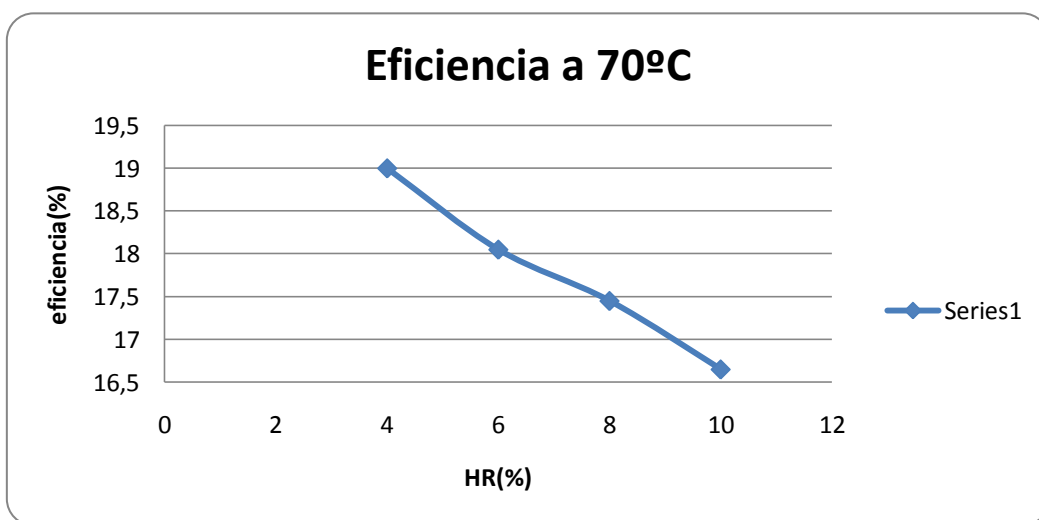


Figura 58. Grafica eficiencia a 70°C

3.4.4. Eficiencia a 80°C. Ver Tabla [32] y Figura [59]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
80	4	2000	419	20.95
80	6	2000	406	20.3
80	8	2000	391	19.55
80	10	2000	375	18.75

Tabla 32. Datos de la eficiencia a 80°C

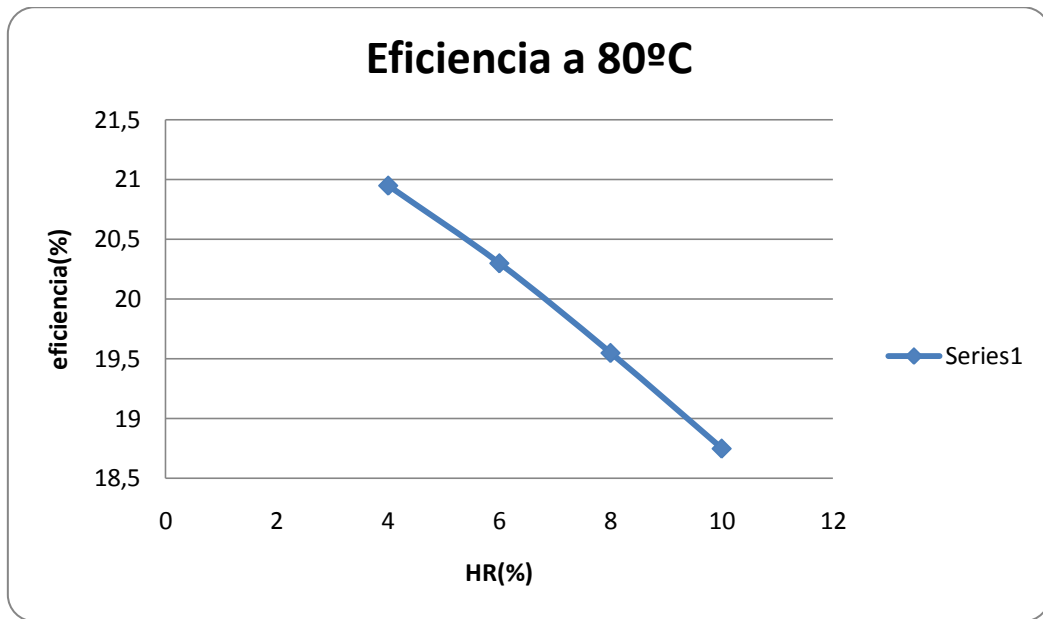


Figura 59. Grafica eficiencia a 80°C

3.4.5. 3.4.5 Eficiencia a 4%HR. Ver Tabla [33] y Figura [60]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
50	4	2000	302	15.1
60	4	2000	330	16.5
70	4	2000	380	19
80	4	2000	419	20.95

Tabla 33. Datos de la eficiencia a 4%HR

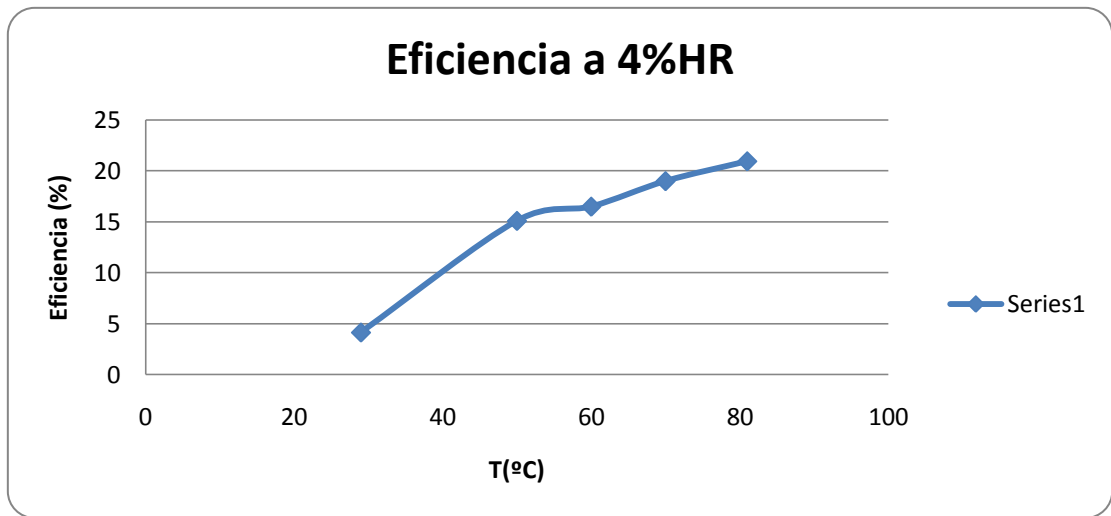


Figura 60. Grafica eficiencia a 4%HR

3.4.6. Eficiencia a 6%HR. Ver Tabla [34] y Figura [61]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
50	6	2000	281	14.05
60	6	2000	312	15.6
70	6	2000	361	18.05
80	6	2000	406	20.3

Tabla 34. Datos de la eficiencia a 6%HR

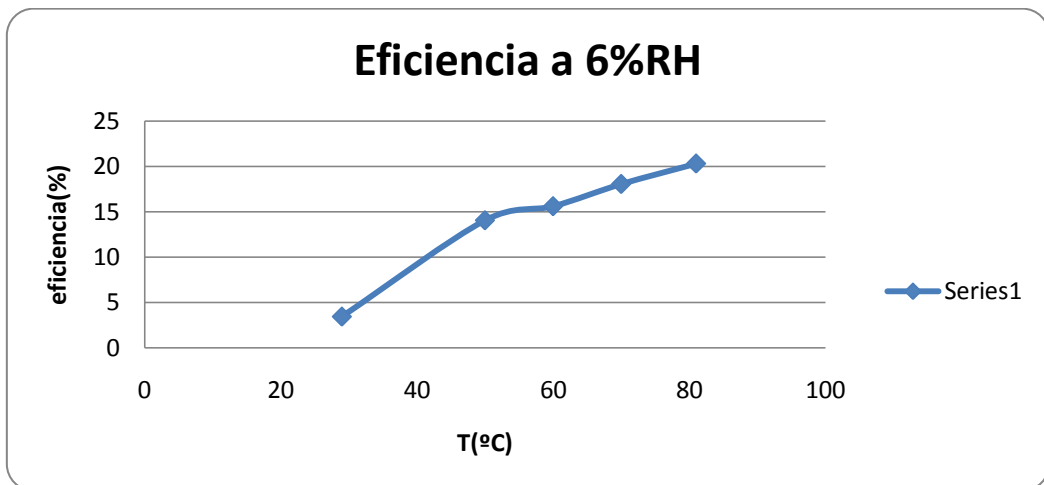


Figura 61. Grafica eficiencia a 6%HR

3.4.7. Eficiencia a 8%HR. Ver Tabla [35] y Figura [62]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
50	8	2000	259	12.95
60	8	2000	296	14.8
70	8	2000	349	17.45
80	8	2000	391	19.55

Tabla 35. Datos de la eficiencia a 8%HR

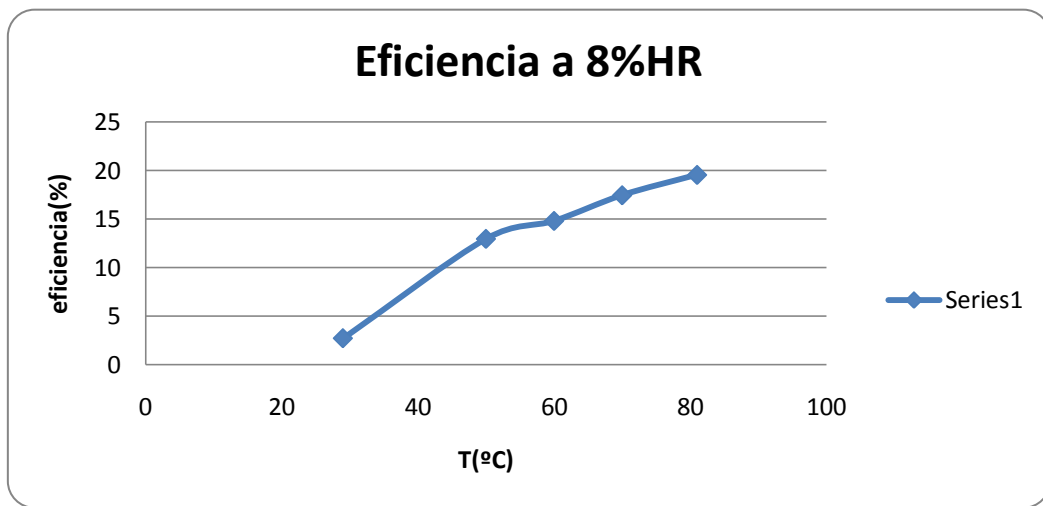


Figura 62. Grafica eficiencia a 8%HR

3.4.8. Eficiencia a 10%HR. Ver Tabla [36] y Figura [63]

Temperatura (°C)	Humedad (%HR)	Cant semilla (gr)	Cant aceite (gr)	Eficiencia (%)
50	10	2000	238	11.9
60	10	2000	284	14.2
70	10	2000	333	16.65
80	10	2000	375	18.75

Tabla 36. Datos de la eficiencia a 10%HR

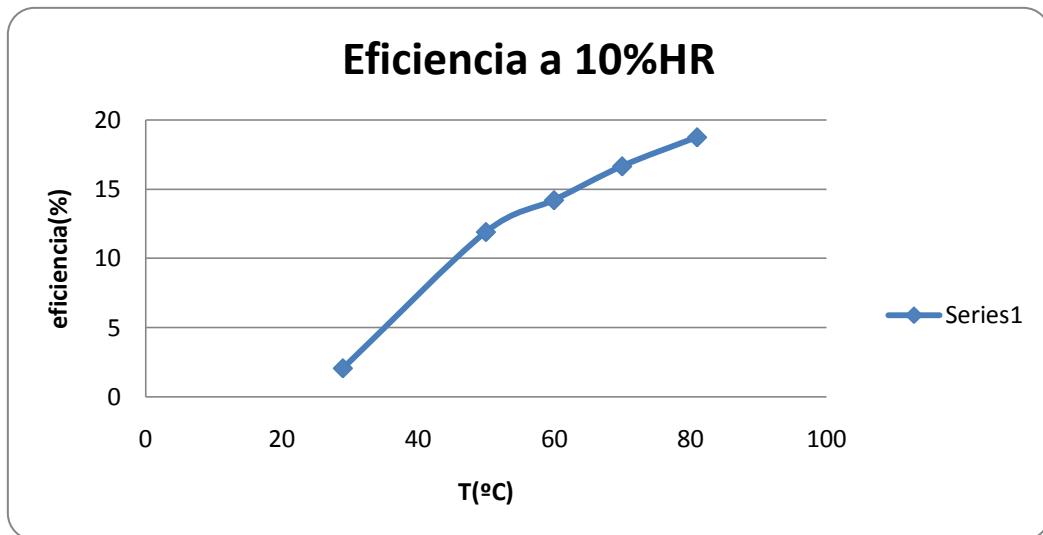


Figura 63. Grafica eficiencia a 10%HR

La eficiencia aumenta o mejora a medida que la temperatura aumenta independiente del valor de la humedad.

Por otra parte la eficiencia disminuye a medida que la humedad aumenta independientemente del valor de la temperatura. Se puede decir que la humedad tiene un comportamiento inverso a la temperatura.



Figura 64. Muestras de aceite de las pruebas hechas



Figura 65. Muestras de aceite de las pruebas hechas.

RECOMENDACIONES

La máquina extrusora requiere de una limpieza y mantenimiento inmediatamente después de una prueba. Esto es necesario para evitar que los restos de la semilla o torta se acumulen en las paredes del cilindro de extracción y en el tornillo extrusor. La recopilación de estos sedimentos implica un atasco del sistema de extracción. Ver Figura [66] y [67].



Figura 66. Residuos de torta en el tornillo



Figura 67. Torta acumulada en el cilindro

Al igual es necesario realizar un cambio de los tornillos de las abrazaderas que sujetan y hacen presión en el cilindro, esto debido a la cantidad de veces que se tiene que desarmar la máquina para limpiarla y hacerle mantenimiento, con el tiempo las roscas de los tornillos van cediendo no permitiendo una presión y compresión fuerte y uniforme en el interior de la canasta y a su vez los tornillos se doblan haciendo necesario e inmediato este cambio.

Usar tapa oídos para el ruido intenso que produce el soplador industrial de la máquina, así como guantes para manipular la semilla.

Dada la continuidad del proceso de extracción de aceite de semilla de algodón, en las siguiente fase se debe hacer la correspondiente sintonización de acuerdo a los parámetros y condiciones de mas alta eficiencia y que procuren un aceite de una buena calidad.

Mejorar el sitio de trabajo, Las condiciones en las cuales trabajamos depende de nosotros mismos y, por tanto, somos responsables de parte de las consecuencias derivadas de una mala adecuación a nuestro entorno laboral. Se debe adecuar a

sus características particulares (mobiliario, herramientas, ambiente), una mejor ubicación del PC de usuario por comodidad y seguridad. Así también como la formación e información de los usuarios para una correcta utilización de la planta y la parte eléctrica, los riesgos existentes y prevención.

Si es posible instalar otra resistencia de calentamiento para aumentar el rango de calor de la planta y así poder obtener unas mejores condiciones de calidad.

CONCLUSIONES

Las pruebas que se realizaron a una humedad constante y una temperatura variable muestran un comportamiento directamente proporcional entre la temperatura y la eficiencia, mientras que las pruebas realizadas a una temperatura constante y humedad variable muestran un comportamiento inverso entre la humedad y la eficiencia.

Las pruebas que se realizaron variando la humedad y la temperatura muestran un comportamiento inverso entre si, esto debido a que a mayor temperatura el aire caliente en el proceso baja la humedad del proceso secando así la semilla de algodón. El rango de valores de humedad utilizados son los ideales, puesto que con una humedad baja la semilla se seca y si la humedad sobrepasa el 10% el aceite sale con mucha agua y la extracción es poca, permitiendo así una mayor cantidad de aceite y de mejores propiedades.

El proceso de la máquina extrusora de aceite de semilla de algodón presenta una eficiencia máxima de 20.95 %, valor que se encuentra entre los rangos existentes en las investigaciones y literaturas encontradas. Los valores de las variables temperatura y humedad donde debe operarse o realizarse el proceso es a una temperatura de 80°C y una humedad relativa de 4%, valores que garantizan la más alta eficiencia y una mejor calidad del aceite de semilla de algodón.

Varios métodos empíricos pueden usarse para determinar los parámetros de un PID para una aplicación dada sobre cuando no se cuenta con un enfoque analítico como en esta planta. Sin embargo, el ajuste obtenido para esta planta debe tomarse como un primer paso en el proceso de sintonización ya que no se realizó una sintonización fija ni estandarizada para la máquina, sino que se realizó una estimación de los parámetros del PID de acuerdo a valores de variables experimentales debido a que el proceso no está definido al 100%, pues está en periodo de investigación.

La Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga ya esta encaminada en el proceso de obtención de biocombustibles cumpliendo ya dos etapas de dicho proceso (automatización de la planta, Obtención de las condiciones de alta calidad y eficiencia del aceite de la semilla de algodón), siguiendo con futuros proyectos como la sintonización estándar para los valores de alta calidad y eficiencia, así como el posterior análisis del aceite obtenido bajo las condiciones ya establecidas y comprobadas.

En el control on/off implica que siempre se usa la acción correctiva máxima, De esta manera la variable manipulada tiene su valor mas grande cuando el error es positivo y su valor mas pequeño cuando el error es negativo. La razón por la que el control on-off resulta en oscilaciones es que el sistema sobreactúa cuando ocurre un pequeño cambio en el error que hace que la variable manipulada cambie sobre su rango completo. Este efecto se evita en el *control proporcional*, donde la característica del controlador es proporcional al error de control cuando éstos son pequeños. Con la acción integral, un pequeño error positivo siempre producirá un incremento en la señal de control y, un error negativo siempre dará una señal decreciente sin importar cuán pequeño sea el error.

Para la estimación de este sistema, la acción derivativa no es usada, la acción derivativa fue puesta a off. Se puede mostrar que un control PI es adecuado para procesos donde la dinámica del sistema es esencialmente de primer orden (control de nivel de temperatura, etc.). Es fácil comprobar esto, si fuese el caso, midiendo la respuesta al escalón o la respuesta en frecuencia del proceso. La respuesta al escalón se parece a la de un sistema de primer orden, o más precisamente, si la curva de Nyquist se sitúa sólo en el primero y cuarto cuadrante, entonces el control PI es suficiente. Otra razón es que el proceso ha sido diseñado tal que su operación no requiere un control fino.

La programación del sistema y la interfaz gráfica están diseñadas para una mejor comprensión del funcionamiento de la planta y eficacia de la misma. El sistema SCADA o hmi cumple con varias de los reglamentos según la ANSI (instituto Americano de Normalización), la CEN (Comité Europeo de Normalización) y la

norma UNE-EN ISO 9241, como el contraste de los colores tanto del fondo como de la fuente, así como el color de los botones, gráficas y estado de funcionamiento de los actuadores y demás elementos, igualmente la posición de los sistemas de mando y el uso del espacio disponible.

Se logro una mejora sustancial en la eficiencia de la planta y su funcionamiento debido a la implementación de las mejoras físicas y de estrategia de control utilizando en control PID.

BIBLIOGRAFIA

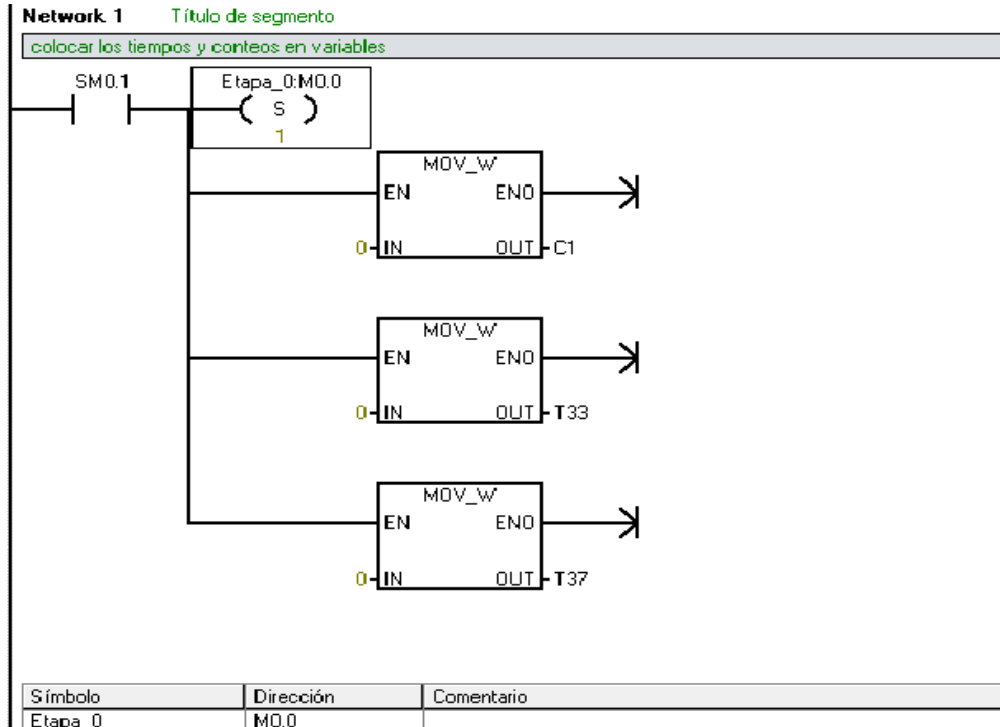
- [1] INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA). Competitividad de la Cadena de Oleaginosas, Aceites y Grasas Vegetales. [Documento electrónico]. En: http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/documentos_iica/No%208.pdf [Consulta: 2009-05-28]. 71p.
- [2] LLORENTE BANQUEZ, Jaime y SARMIENTO FERREIRA, Román. Estudio de la Influencia de la Temperatura y la Humedad en un Proceso de Extracción de Aceite de Semillas Vegetales. Bucaramanga, 2008, 105p. Trabajo de Grado (Ingeniero Mecánico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Mecánica. Línea de Diseño y Manufactura.
- [3] QUERINI, G. Actas del XIII congreso Argentino de Catálisis. Córdoba, Argentina 2003.
- [4] GOTA VERDE. Obtención del Biodiesel. [Página de Internet]. En: <http://www.gotaverde.org/portal/?q=es/node/375> [Consulta: 2009-06-04]
- [5] LUIS LÓPEZ BELLIDO. Cultivos Industriales: Transformación de las Oleaginosas. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003. p.534-538.
- [6] ARIAS JARAMILLO, Juan José y OLARTE SILVA, Leidy Johanna. Instrumentación y Automatización de una Maquina Extrusora-Prensadora para la Extracción de Aceite de la Semilla de Algodón. Bucaramanga, 2009, 343p. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica.
- [7] KRASUSCKI, Omar. Circuito productivo de biodiesel. Posados Argentina, 2008.
- [8] DIAZ YANEVICH, Claudia y BRACHNA, Daniel. Avances en la obtención de biodiesel a partir de aceite de semilla de algodón. Chaco, Argentina, 2009.
- [9] GARCIA BARON, Oscar Javier. Adaptación del proceso y su estrategia de control en la maquina extrusora de aceite de la semilla de algodón para la obtención de condiciones de alta calidad en la producción futura de biocombustibles.
- [10] OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna, tercera edición, Prentice Hall, Hispanoamérica, 1998.

- [11] PROCESO DE PRODUCCION DE BIODIESEL. [Pagina de internet]. En: <http://procesoproduccionbiodiesel.asp.com/> [Consulta: 2009-10-25]
- [12] REGLAS DE SINTONIZACION PARA CONTROLADORES PID. [Pagina de internet] En: http://_angelfire.com/electronic/jagp/.../pidcont1.html/ [Consulta: 2009-09-10].
- [13] SIEMENS SIMATIC. Sistema de Automatización S7-200: Manual del Sistema. Núremberg: Agosto, 2005. 558p.
- [14] SIEMENS: STEP 7-MicroWIN V4.0.4.16. Temas de Ayuda: Tipos de Editores.
- [15] SIMATIC WinCC Flexible. Flexibilidad en todas las Aplicaciones HMI desde el Micro Panel hasta el PC. Folleto. Núremberg: Agosto, 2008. 28p
- [16] Rodríguez Aquilino, Sistemas SACADA, segunda edición ediciones Alfaomega, México D.F, 2007.
- [17] Amestegui Mauricio, Apuntes de PID. Universidad mayor de San Andres, La paz Bolivia, 2001

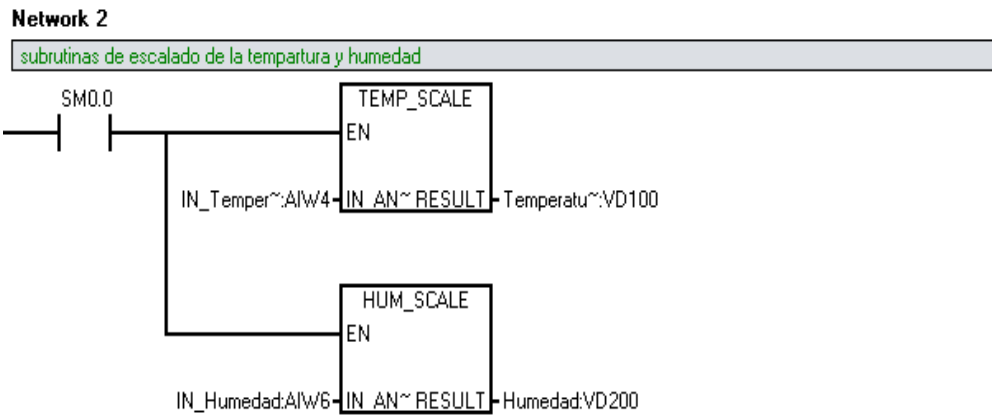
ANEXOS

ANEXO A. Programa cargado en el PLC

PRINCIPAL



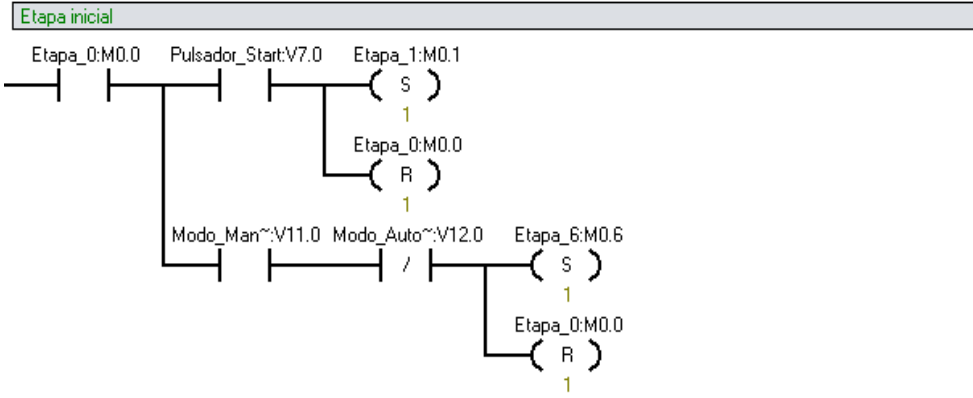
Inicio del programa, colocamos los valores de los temporizadores y contadores en una variable.



Símbolo	Dirección	Comentario
Humedad	VD200	Valor escalado de Humedad
IN_Humedad	AIW6	Señal del transmisor de humedad
IN_Temperatura	AIW4	Señal del transmisor de temperatura
Temperatura	VD100	Valor escalado de temperatura

Estas son las subrutinas de escalado del valor de proceso de la temperatura y humedad. Mas adelante se muestran estas subrutinas.

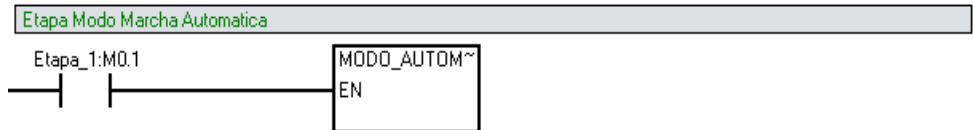
Network 3



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_0	M0.0	
Etapa_1	M0.1	
Etapa_6	M0.6	
Modo_Automatico	V12.0	Indicador de modo automatico
Modo_Manual	V11.0	Indicador de modo manual
Pulsador_Start	V7.0	Pulsador de inicio modo automatico

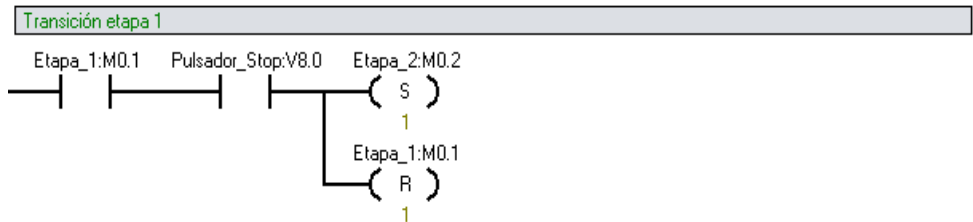
En este segmento se escoge el modo, etapa 1 modo automático y etapa 6 modo manual.

Network 4

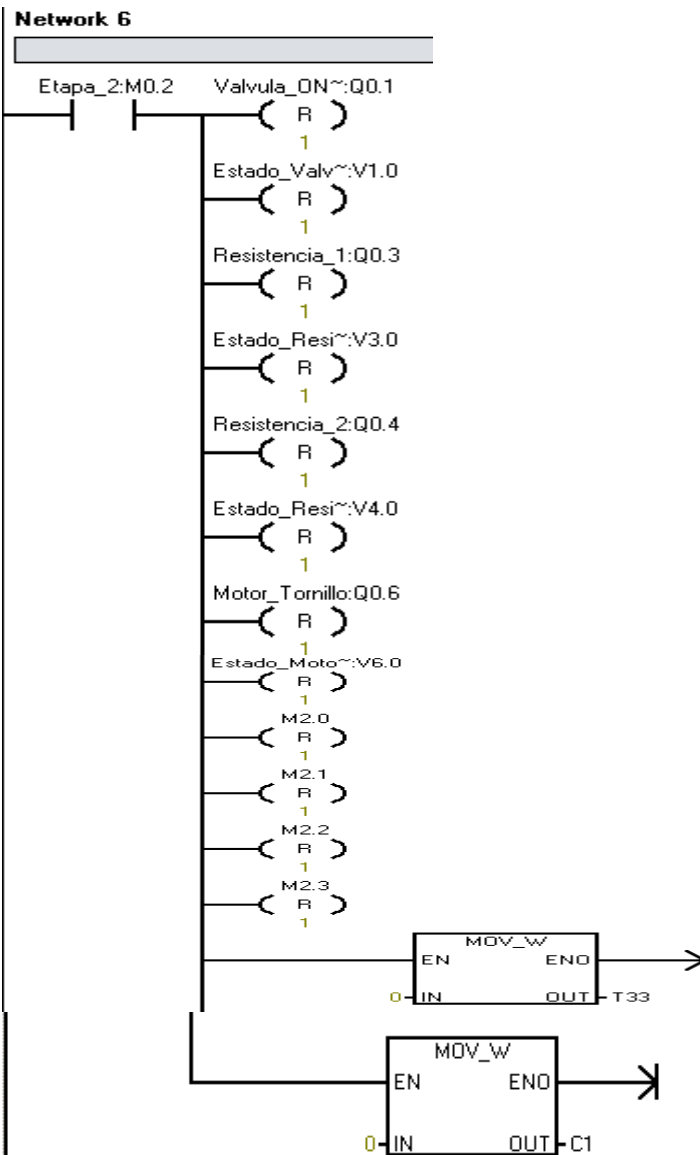


Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	

Network 5



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	
Etapa_2	M0.2	
Pulsador_Stop	V8.0	Pulsador de finalización de modo automatico (reset)

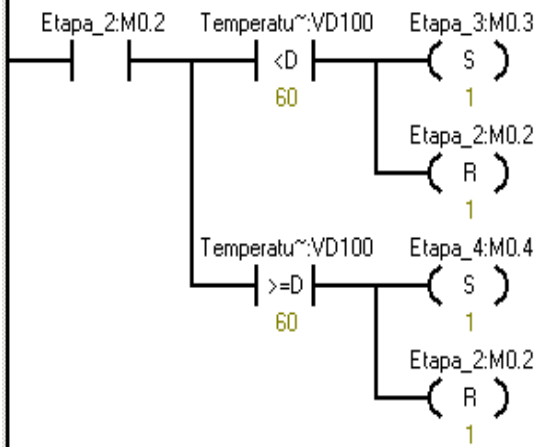


Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Motor_tornillo	V6.0	
Estado_Resistencia_1	V3.0	
Estado_Resistencia_2	V4.0	
Estado_Valvula_onoff	V1.0	
Etapa_2	M0.2	
Motor_Tornillo	Q0.6	
Resistencia_1	Q0.3	
Resistencia_2	Q0.4	
Valvula_ONOFF	Q0.1	

Etapa 2 donde se resetean todos los instrumentos actuadores.

Network 7

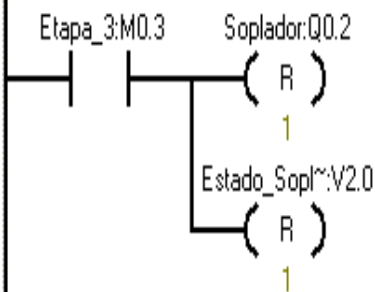
Transición etapa 2



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_2	M0.2	
Etapa_3	M0.3	
Etapa_4	M0.4	
Temperatura	VD100	Valor escalado de temperatura

Network 8

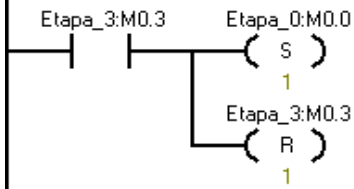
Poner a cero soplador y contador



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Soplador	V2.0	
Etapa_3	M0.3	
Soplador	Q0.2	

Network 9

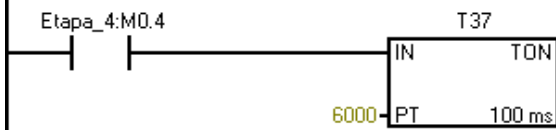
Transición etapa 3



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_0	M0.0	
Etapa_3	M0.3	

Network 10

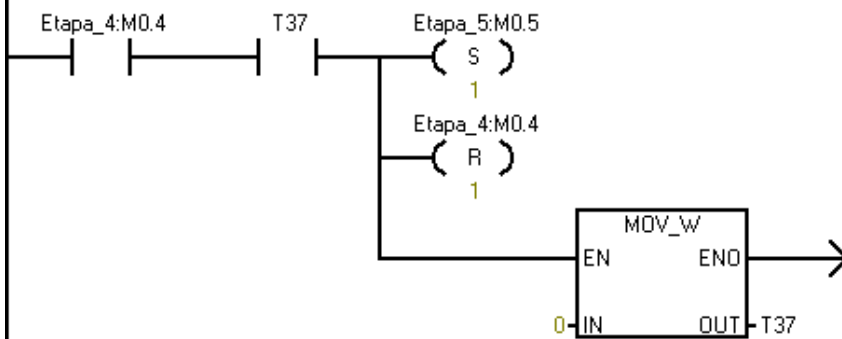
Mantener activo el soplador por 10 min



Símbolo	Dirección	Comentario
---------	-----------	------------

Network 11

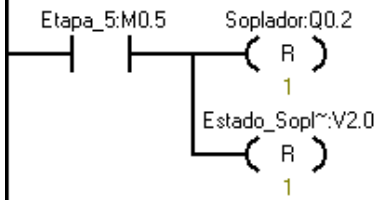
Transición etapa 4



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_4	M0.4	
Etapa_5	M0.5	

Network 12

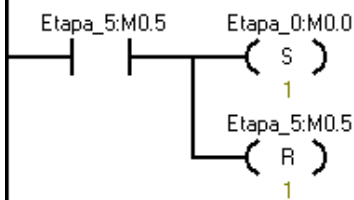
Poner a cero soplador y contador



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Soplador	V2.0	
Etapa_5	M0.5	
Soplador	Q0.2	

Network 13

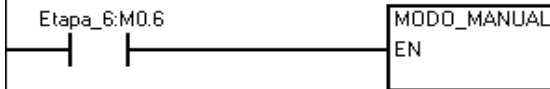
Transición etapa 5



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_0	M0.0	
Etapa_5	M0.5	

Network 14

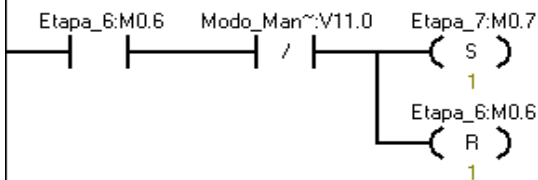
Etapa Modo Marcha Manual



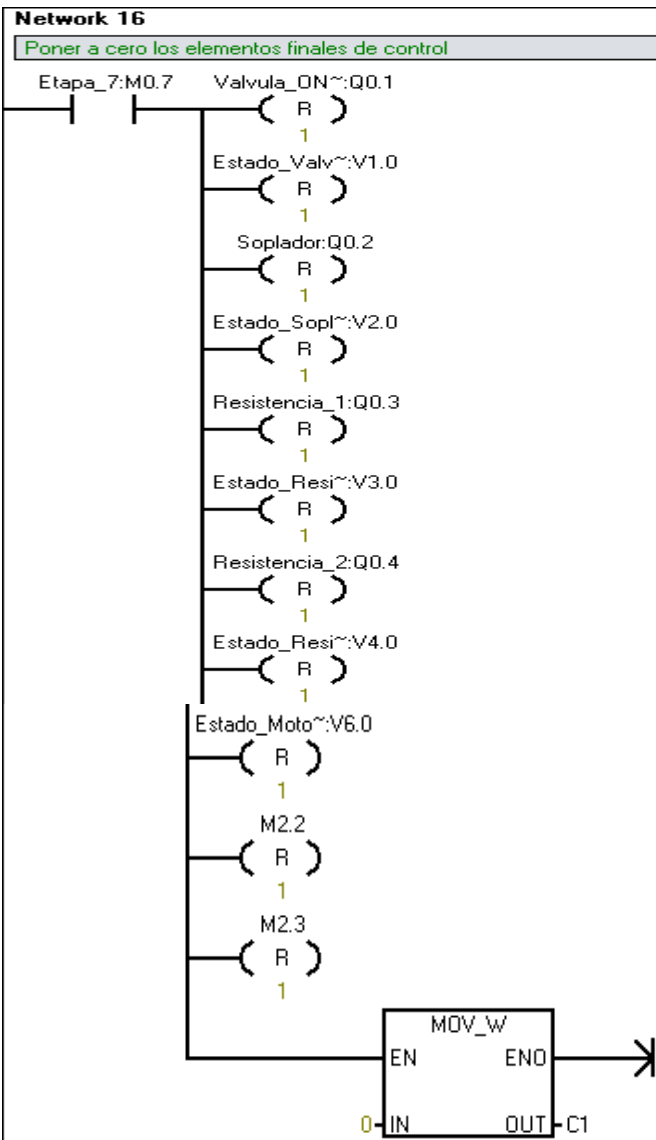
Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_6	M0.6	

Network 15

Transición etapa

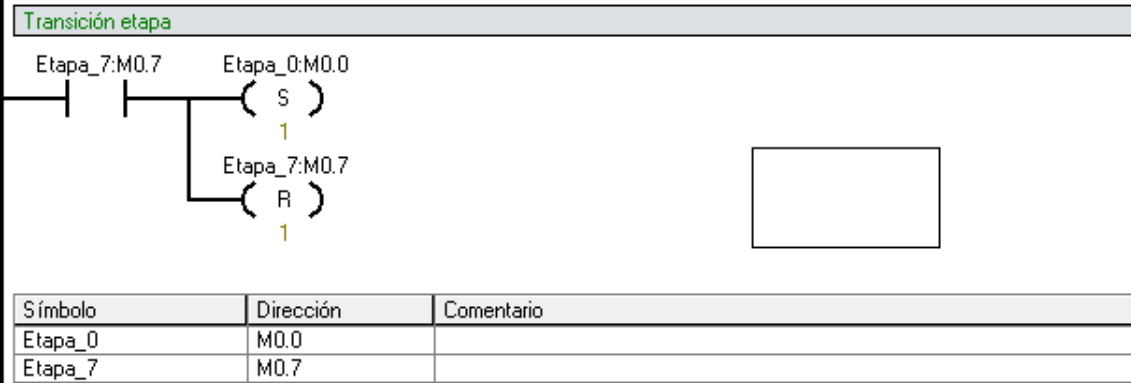


Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_6	M0.6	
Etapa_7	M0.7	
Modo_Manual	V11.0	Indicador de modo manual

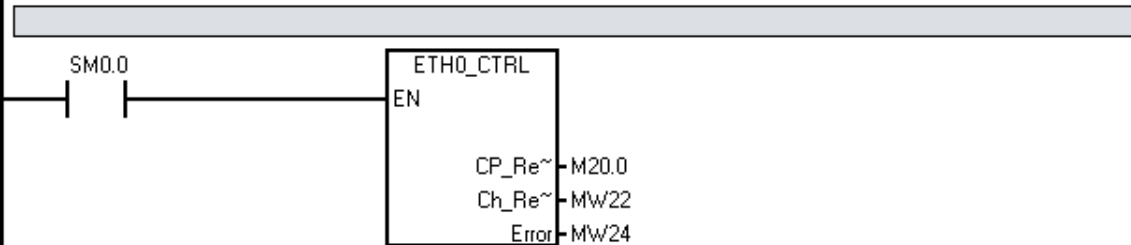


Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Motor_tornillo	V6.0	
Estado_Resistencia_1	V3.0	
Estado_Resistencia_2	V4.0	
Estado_Soplador	V2.0	
Estado_Valvula_onoff	V1.0	
Etapa_7	M0.7	
Motor_Tornillo	Q0.6	
Resistencia_1	Q0.3	
Resistencia_2	Q0.4	
Soplador	Q0.2	
Valvula_ONOFF	Q0.1	

Network 17



Network 18



SUBROUTINA DE ESCALADO TEMPERATURA

SUBROUTINA DE ESCALADO PARA LA VARIABLE TEMPERATURA

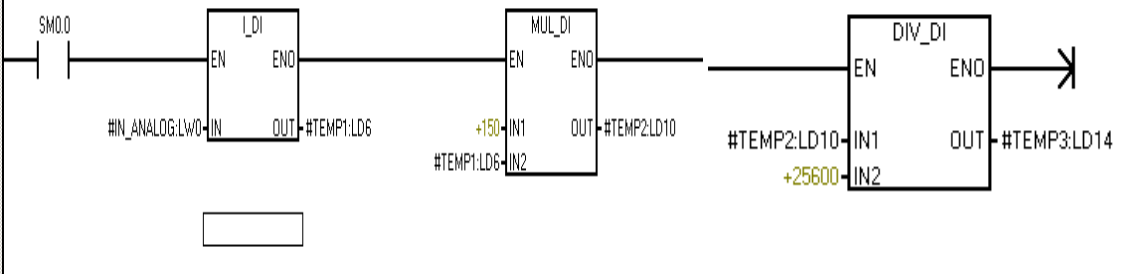
Network 1 Título de segmento

En esta rutina se realiza el escalado de la señal analoga proveniente del transmisor de temperatura, de modo que la señal del transmisor (4 a 20mA) corresponda a un rango de temperatura de 0 a 150 °C.

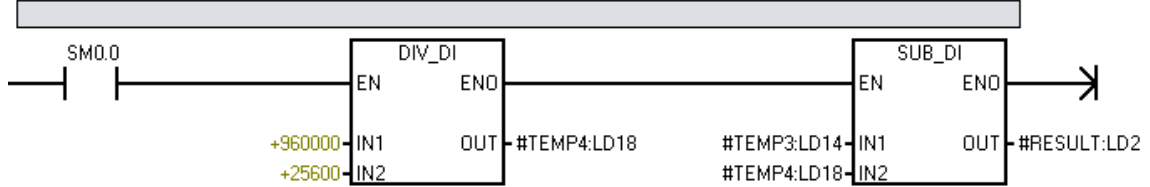
La ecuación que se implemento es la siguiente:

$$Temp = (150 / 25600) \times (960000 / 25600)$$

donde X es el valor asignado a la entrada analoga por el PLC de acuerdo con la intensidad entregada por el transmisor (6400 a 32000), para un rango de 4 a 20mA.



Network 2



SUBROUTINA DEL ESCALADO DE LA HUMEDAD

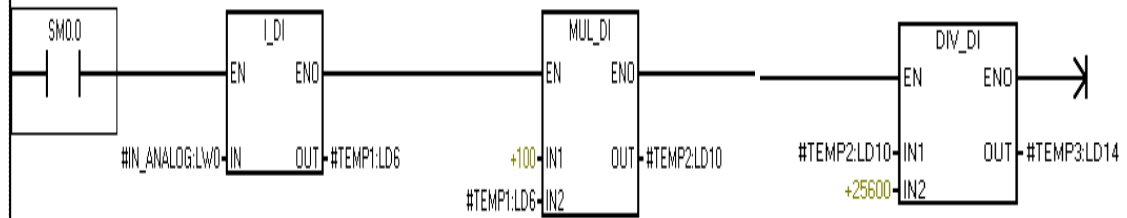
Network 1 Título de segmento

En esta rutina se realiza el escalado de la señal analógica proveniente del transmisor de humedad, de modo que la señal del transmisor (4 a 20mA) corresponda a un rango de humedad de 0 a 100 %HR.

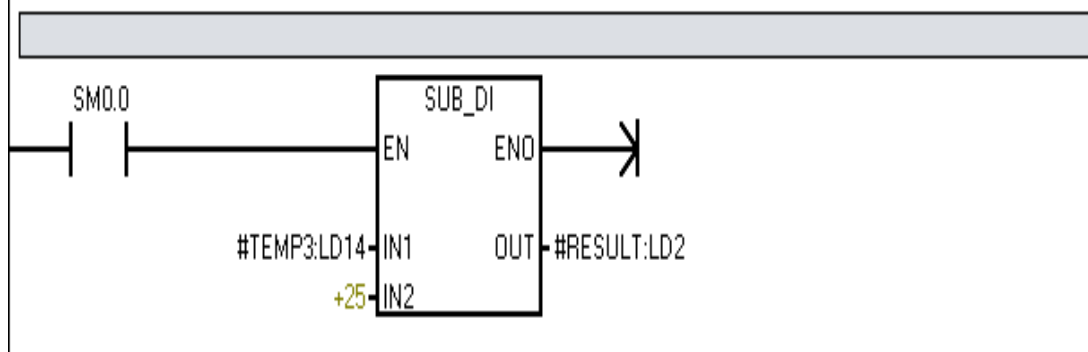
La ecuación que se implemento es la siguiente:

$$\text{Humedad} = (100 / 25600) \times X \cdot 25$$

donde X es el valor asignado a la entrada analógica por el PLC de acuerdo con la intensidad entregada por el transmisor (6400 a 32000), para un rango de 4 a 20mA.



Network 2

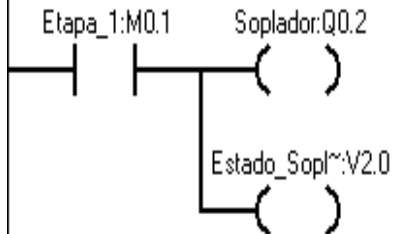


SUBROUTINA DEL MODO AUTOMATICO Y PID

COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA

Network 1 Título de segmento

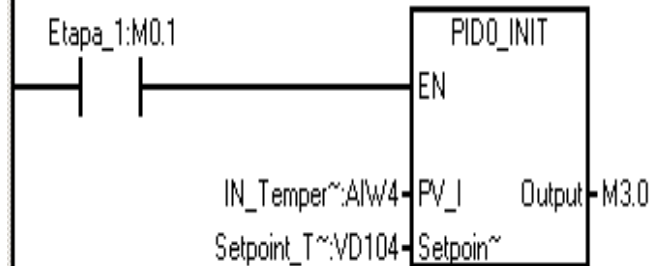
Encendido soplador



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Soplador	V2.0	
Etapa_1	M0.1	
Soplador	Q0.2	

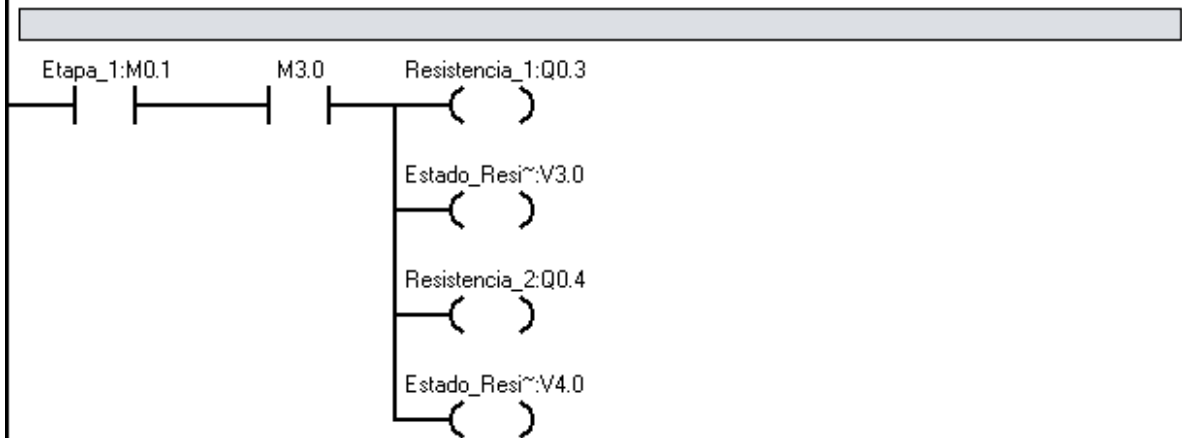
Network 2

Control PID TEMPERATURA



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	
IN_Temperatura	AIW4	Señal del transmisor de temperatura
Setpoint_Temperatura	VD104	Valor deseado de temperatura

Network 3



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Resistencia_1	V3.0	
Estado_Resistencia_2	V4.0	
Etapa_1	M0.1	
Resistencia_1	Q0.3	
Resistencia_2	Q0.4	

Network 4

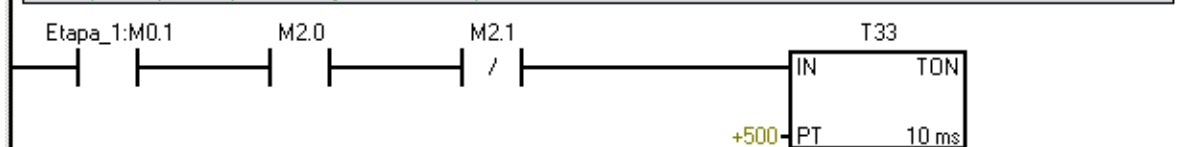
Control ON/OFF de la variable humedad



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	
Humedad	VD200	Valor escalado de Humedad
Setpoint_Humedad	VD204	Valor deseado de humedad

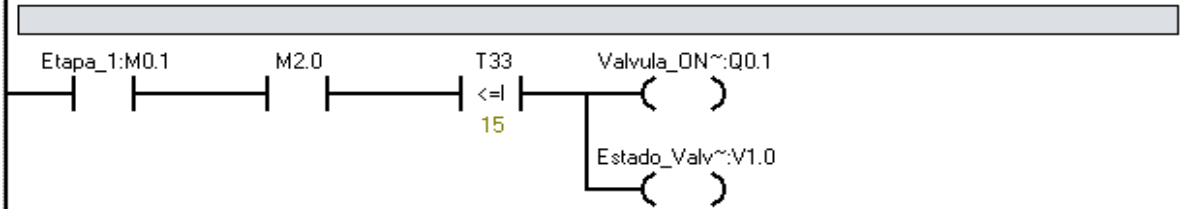
Network 5

PWM para aspersion (Ciclo = 5 s y Ton = 150 ms)



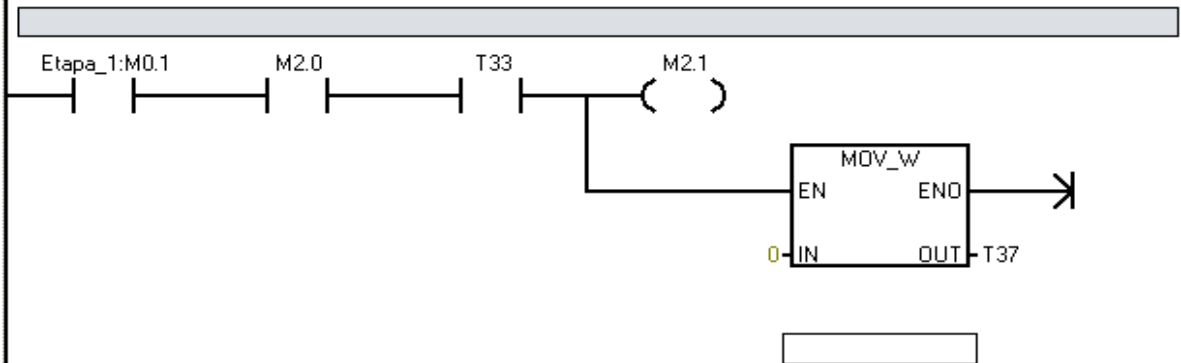
Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	

Network 6



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Valvula_onoff	V1.0	
Etapa_1	M0.1	
Valvula_ONOFF	Q0.1	

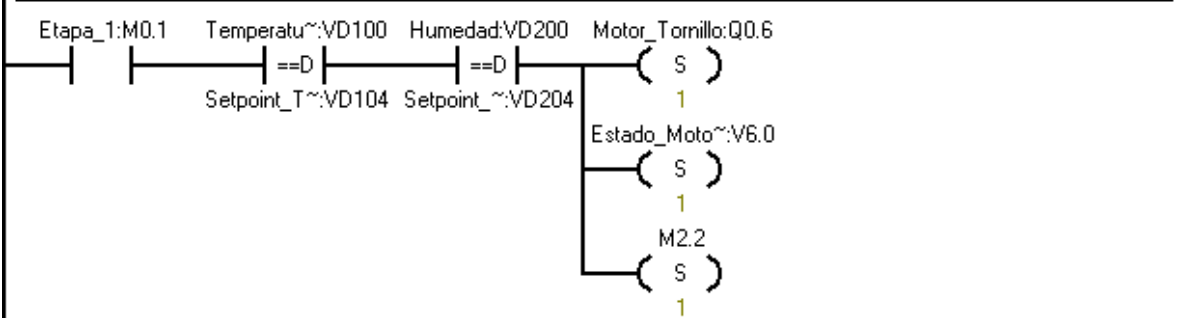
Network 7



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_1	M0.1	

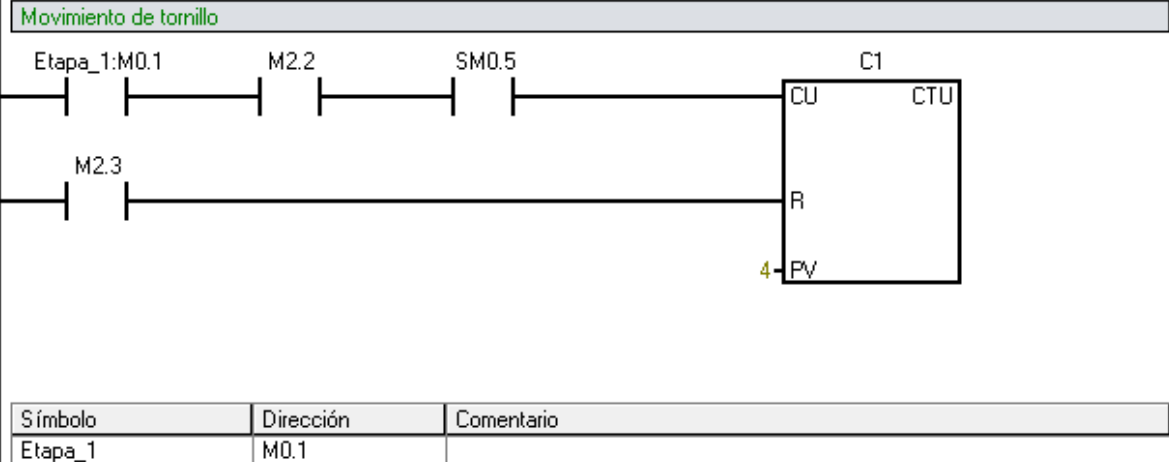
Network 8

Condición para encender motor

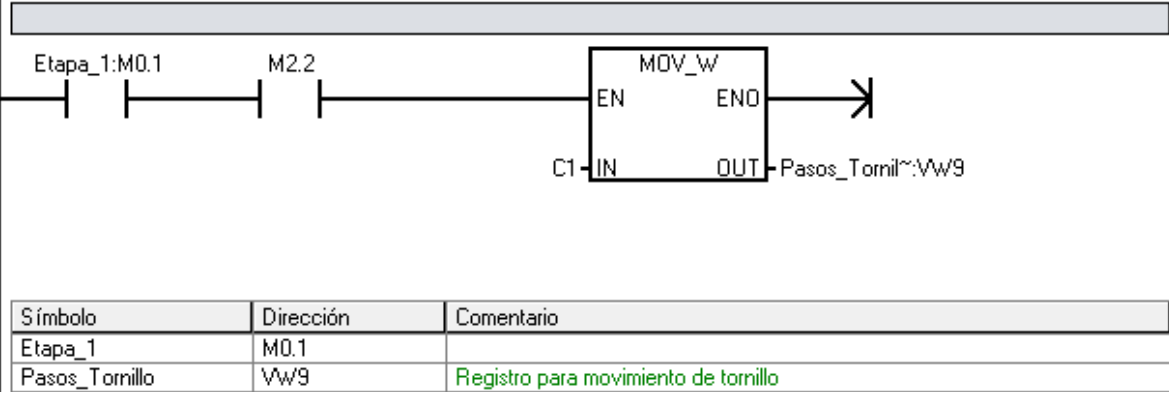


Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Motor_tornillo	V6.0	
Etapa_1	M0.1	
Humedad	VD200	Valor escalado de Humedad
Motor_Tornillo	Q0.6	
Setpoint_Humedad	VD204	Valor deseado de humedad
Setpoint_Temperatura	VD104	Valor deseado de temperatura
Temperatura	VD100	Valor escalado de temperatura

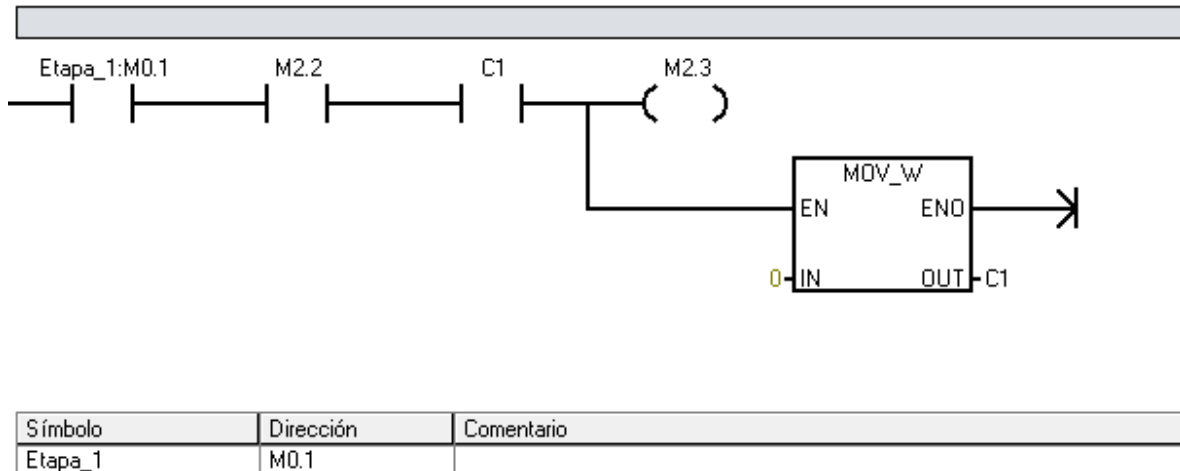
Network 9



Network 10



Network 11

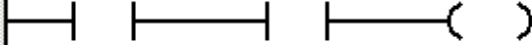


MODO MANUAL

COMENTARIOS DE LA SUBROUTINA

Network 1

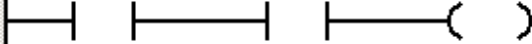
Etapa_6:M0.6 Estado_Valv~:V1.0 Valvula_ON~:Q0.1



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Valvula_onoff	V1.0	
Etapa_6	M0.6	
Valvula_ONOFF	Q0.1	

Network 2

Etapa_6:M0.6 Estado_Sopl~:V2.0 Soplador:Q0.2



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Soplador	V2.0	
Etapa_6	M0.6	
Soplador	Q0.2	

Network 3

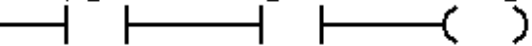
Etapa_6:M0.6 Estado_Resi~:V3.0 Resistencia_1:Q0.3



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Resistencia_1	V3.0	
Etapa_6	M0.6	
Resistencia_1	Q0.3	

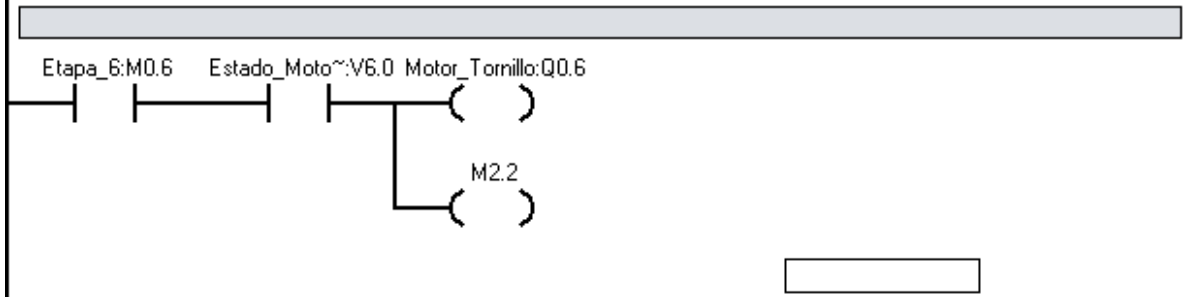
Network 4

Etapa_6:M0.6 Estado_Resi~:V4.0 Resistencia_2:Q0.4



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Resistencia_2	V4.0	
Etapa_6	M0.6	
Resistencia_2	Q0.4	

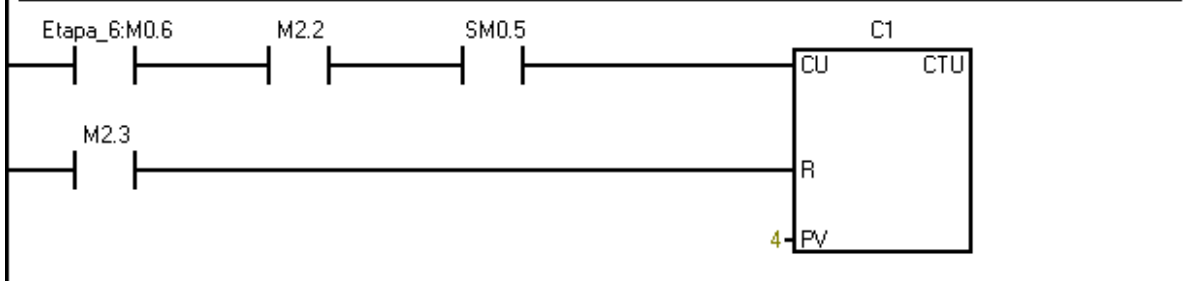
Network 5



Símbolo	Dirección	Comentario
Estado_Motor_tornillo	V6.0	
Etapa_6	M0.6	
Motor_Tornillo	Q0.6	

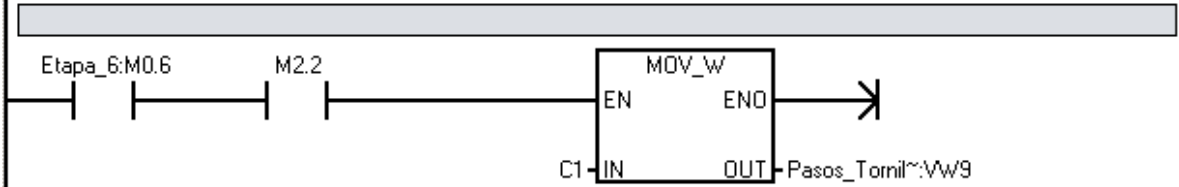
Network 6

Movimiento de tornillo



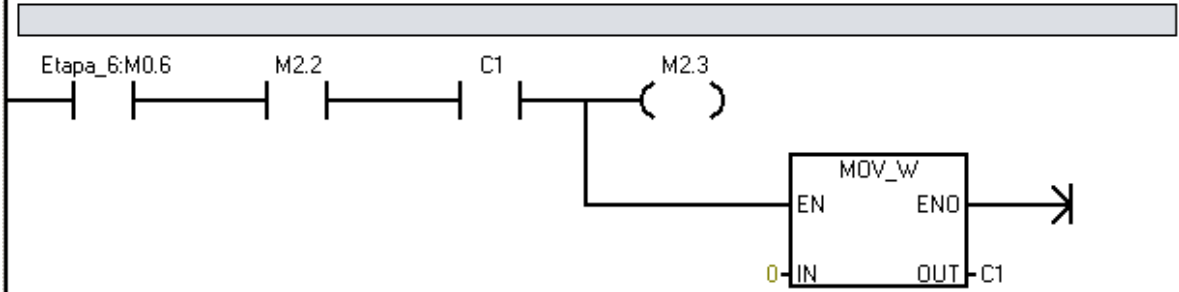
Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_6	M0.6	

Network 7



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_6	M0.6	
Pasos_Tornillo	VW9	Registro para movimiento de tornillo

Network 8



Símbolo	Dirección	Comentario
Etapa_6	M0.6	

ANEXO B. DATOS EN EXCEL DE LA CURVA TANGENTE

TIEMPO	VarValue	derivada	MA(2)	MA(10)		Y=mx+b
0	27				m	0,15 -15
5	27	0			tc	380 -14,25
10	27	0			Tc	42 -13,5
15	27	0	0		b	-15 -12,75
20	27	0	0		L	100 -12
25	27	0	0		a	42 -11,25
30	27	0	0		a/L	0,42 -10,5
35	27	0	0		kp	0,02142857 -9,75
40	27	0	0		BP	4666,66667 -9
45	28	0,5	0,16666667		Ti	300 -8,25
50	28	0	0,16666667	0,05		-7,5
55	28	0	0,16666667	0,05		-6,75
60	28	0	0	0,05		-6
65	28	0	0	0,05		-5,25
70	28	0	0	0,05		-4,5
75	28	0	0	0,05		-3,75
80	28	0	0	0,05		-3
85	28	0	0	0,05		-2,25
90	29	0,5	0,16666667	0,1		-1,5
95	29	0	0,16666667	0,05		-0,75
100	29	0	0,16666667	0,05		0
105	29	0	0	0,05		0,75
110	29	0	0	0,05		1,5
115	29	0	0	0,05		2,25
120	29	0	0	0,05		3
125	29	0	0	0,05		3,75
130	30	0,5	0,16666667	0,1		4,5
135	30	0	0,16666667	0,1		5,25
140	30	0	0,16666667	0,05		6
145	30	0	0	0,05		6,75
150	30	0	0	0,05		7,5
155	30	0	0	0,05		8,25
160	30	0	0	0,05		9
165	31	0,5	0,16666667	0,1		9,75
170	31	0	0,16666667	0,1		10,5

175	31	0	0,16666667	0,1	11,25
180	31	0	0	0,05	12
185	31	0	0	0,05	12,75
190	32	0,5	0,16666667	0,1	13,5
195	32	0	0,16666667	0,1	14,25
200	32	0	0,16666667	0,1	15
205	32	0	0	0,1	15,75
210	32	0	0	0,1	16,5
215	32	0	0	0,05	17,25
220	32	0	0	0,05	18
225	32	0	0	0,05	18,75
230	33	0,5	0,16666667	0,1	19,5
235	33	0	0,16666667	0,1	20,25
240	33	0	0,16666667	0,05	21
245	33	0	0	0,05	21,75
250	33	0	0	0,05	22,5
255	33	0	0	0,05	23,25
260	33	0	0	0,05	24
265	34	0,5	0,16666667	0,1	24,75
270	34	0	0,16666667	0,1	25,5
275	34	0	0,16666667	0,1	26,25
280	34	0	0	0,05	27
285	34	0	0	0,05	27,75
290	35	0,5	0,16666667	0,1	28,5
295	35	0	0,16666667	0,1	29,25
300	35	0	0,16666667	0,1	30
305	35	0	0	0,1	30,75
310	36	0,5	0,16666667	0,15	31,5
315	36	0	0,16666667	0,1	32,25
320	36	0	0,16666667	0,1	33
325	37	0,5	0,16666667	0,15	33,75
330	37	0	0,16666667	0,15	34,5
335	37	0	0,16666667	0,15	35,25
340	37	0	0	0,1	36
345	38	0,5	0,16666667	0,15	36,75
350	38	0	0,16666667	0,15	37,5
355	39	0,5	0,33333333	0,2	38,25
360	39	0	0,16666667	0,15	39
365	40	0,5	0,33333333	0,2	39,75
370	40	0	0,16666667	0,2	40,5

375	41	0,5	0,33333333	0,2	41,25
380	42	0,5	0,33333333	0,25	42
385	43	0,5	0,5	0,3	42,75
390	44	0,5	0,5	0,35	43,5
395	44	0	0,33333333	0,3	44,25
400	45	0,5	0,33333333	0,35	45
405	46	0,5	0,33333333	0,35	45,75
410	46	0	0,33333333	0,35	46,5
415	47	0,5	0,33333333	0,35	47,25
420	47	0	0,16666667	0,35	48
425	48	0,5	0,33333333	0,35	48,75
430	48	0	0,16666667	0,3	49,5
435	48	0	0,16666667	0,25	50,25
440	49	0,5	0,16666667	0,25	51
445	49	0	0,16666667	0,25	51,75
450	49	0	0,16666667	0,2	52,5
455	49	0	0	0,15	53,25
460	50	0,5	0,16666667	0,2	54
465	50	0	0,16666667	0,15	54,75
470	50	0	0,16666667	0,15	55,5
475	50	0	0	0,1	56,25
480	51	0,5	0,16666667	0,15	57
485	51	0	0,16666667	0,15	57,75
490	51	0	0,16666667	0,1	58,5
495	51	0	0	0,1	59,25
500	51	0	0	0,1	60
505	51	0	0	0,1	60,75
510	51	0	0	0,05	61,5
515	51	0	0	0,05	62,25
520	51	0	0	0,05	63
525	51	0	0	0,05	63,75
530	51	0	0	0	64,5
535	51	0	0	0	65,25
540	50	-0,5	-0,16666667	-0,05	66

ANEXO C. MANUAL DE OPERACIÓN ACTUALIZADO

La operación de la maquina extrusora requiere inicialmente de la evaluación del sistema mecánico y posteriormente la operación del sistema electrónico implica el establecimiento del estado de los equipos del proceso. Por ende a continuación se plantean las instrucciones para realizar una adecuada operación de la maquina:

Sistema Mecánico

Al inicio de cada prueba se requiere la evaluación de las condiciones de los equipos de la maquina con el fin de garantizar que no se presenten inconvenientes en el desarrollo de la misma.

1. Observe y verifique que los soportes del sistema de extracción se encuentren bien sujetos y paralelos a las base que se encuentra atornillada a la estructura implementada para la maquina.

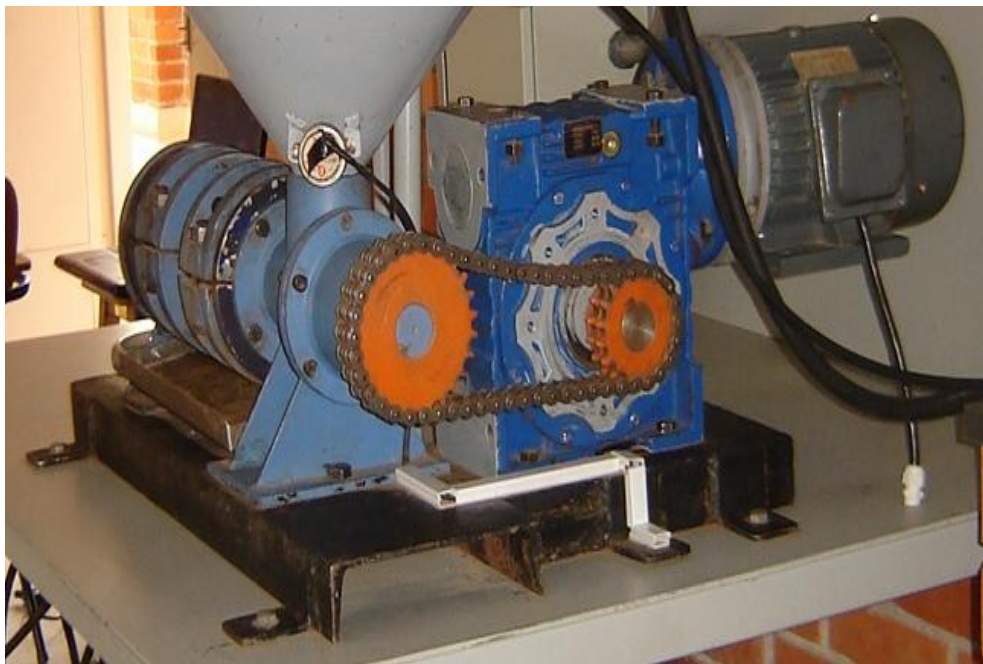


Figura 1: Base Atornillada a la Estructura

2. Evalué que los motores utilizados no se encuentren expuestos a condiciones de humedad, principalmente en los bornes de alimentación ya que esto generaría accidentes.

3.



Figura 2: Motor Tornillo Extrusor y Motor Antiatasco



Figura 3: Soplador Industrial

4. Abra la llave de paso para suministrar agua al sistema de humidificación.



Figura 4: Llave de Paso para el Sistema de Humidificación

5. Ajuste la válvula mariposa instalada en la entrada al ducto de calentamiento, de acuerdo a los requerimientos de la prueba.



Figura 5: Acondicionamiento Manual para Flujo del Soplador

6. Verifique que no haya presencia de líquido en los puntos de conexión de las resistencias de calentamiento.

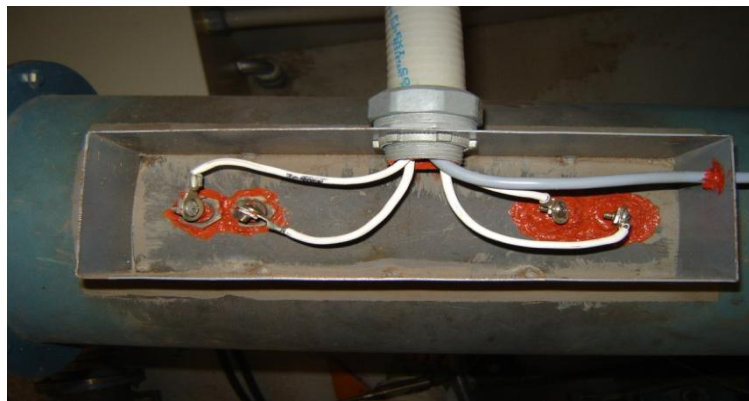


Figura 6: Puntos de Conexión de las Resistencias Cubiertas con Silicona Roja

7. Ubique la bandeja de recolección de aceite bajo el cilindro de extracción.



Figura 7: Bandeja de Recolección del Aceite

8. Ubique la tapa transparente que rodea al cilindro de extracción para evitar el desperdicio de aceite en la prueba.

9.



Figura 8: Tapa para Cubrir el Primer Sistema de Extracción

10. Verifique la adecuada instalación de los instrumentos de medición instalados en la sección cónica de la tolva.



Figura 9: Higrómetro y RTD PT100 Ubicados en la Tolva

11. Introduzca la semilla laminada, descascarada y deslintada en la tolva.



Figura 10: Semilla de Algodón Procesada para la Máquina Extrusora

12. Inicie el proceso de evaluación del sistema eléctrico para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema de control y finalmente de inicio al proceso de forma automática o manual de acuerdo a los requerimientos de la prueba a realizar.
13. Al finalizar la prueba realice el mantenimiento del sistema de extracción para evitar inconvenientes en las pruebas posteriores y garantizar que los datos obtenidos presenten condiciones iniciales iguales. Para realizar el mantenimiento contacte al Señor Ludwig Casas o al personal de mantenimiento encargado por la facultad de Ingeniería Mecánica.

Sistema de Control y Potencia

Al evaluar las condiciones del sistema mecánico se debe el realizar el establecimiento del estado de los elementos de alimentación, protección e iniciar la ejecución del proceso a través del sistema de control.

1. Evaluar el estado del interruptor tipo seta instalado en la puerta del gabinete de control que corresponde a la parada de emergencia y por ende al estar activado (Abierto) debe girarse y de esta manera se liberara. Posteriormente se debe retirar la tapa frontal del tablero de automáticos para rearmar el totalizador interruptor que se deshabilita al ser activado el parado de emergencia.

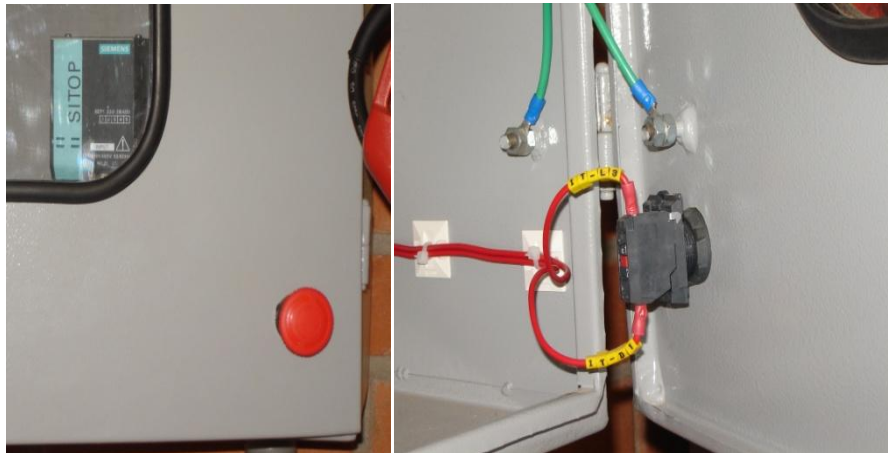


Figura 11: Parada de Emergencia



Figura 12: Interruptor Totalizador del Tablero de Automáticos

De acuerdo a la figura 13 el interruptor totalizador se rearma inicialmente ubicándolo en el extremo izquierdo (OFF) y posteriormente ubicándolo en el extremo derecho (ON).

Nota: Si el paro de emergencia no ha sido activado no se debe rearmar el totalizador.

2. Poner en ON los tacos termomagnéticos enchufables (Breaker) ubicados en el tablero de automáticos que alimentan la fuente de alimentación y los elementos finales de control. Estos se instalaron de acuerdo al balance de cargas realizada para el sistema de alimentación, por ende no se encuentran ubicados de forma contigua.

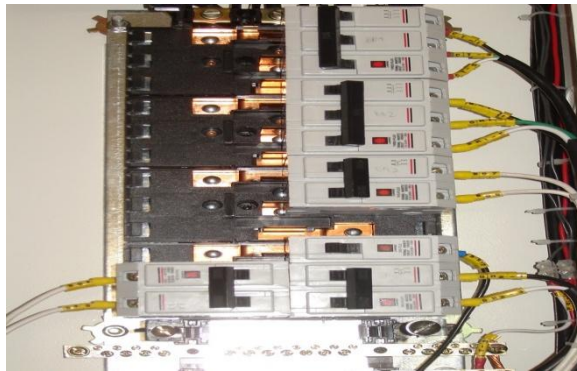


Figura 13: Breakers Instalados en el Tablero de Automáticos

Breaker 1	Alimentación Contactor LC1D18
Breaker 2	Alimentación del Motor Trifásico del Tornillo
Breaker 3	Alimentación Resistencia de Calentamiento 1
Breaker 4	Alimentación del Soplador Industrial
Breaker 6	Alimentación Resistencia de Calentamiento 2

Tabla 1: Distribución de los Breakers en el Tablero de Automáticos

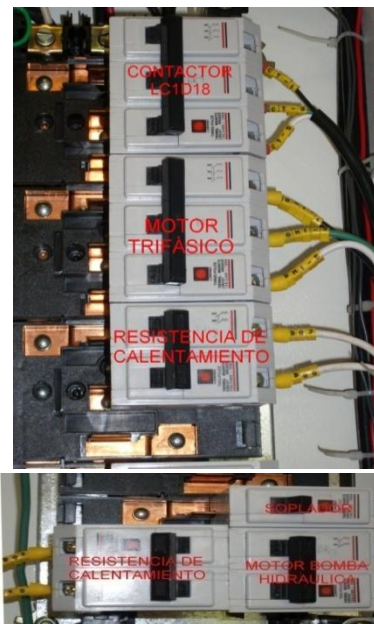


Figura 14: Distribución de los Breakers del Tablero de Automáticos

3. Encender el sistema a través del pulsador ON/OFF (Botón Verde) ubicado en la parte inferior de la sección lateral izquierda del gabinete de control.

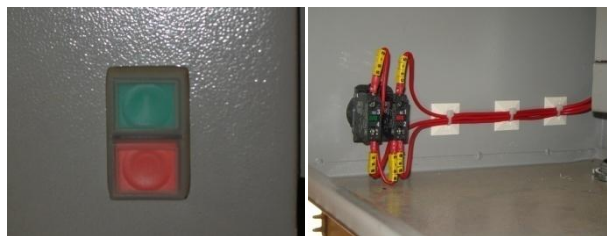


Figura 15: Pulsador ON/OFF

4. Poner en ON los Guardamotores GM1 y GM2.



Figura 16: Guardamotores del Motor Trifásico y Monofásico a 220 VAC

5. Activar el BR7 (Breaker 7) de protección de la fuente SITOP.



Figura 17: Breaker Bipolar para la Fuente SITOP

6. Activar el BR8 (Breaker 8) de protección de la línea +24 VDC para la alimentación del sistema de control.



Figura 18: Breaker Unipolar para Protección de la Línea +24 VDC

7. Encender el portátil y conectar el cable TP industrial Ethernet.

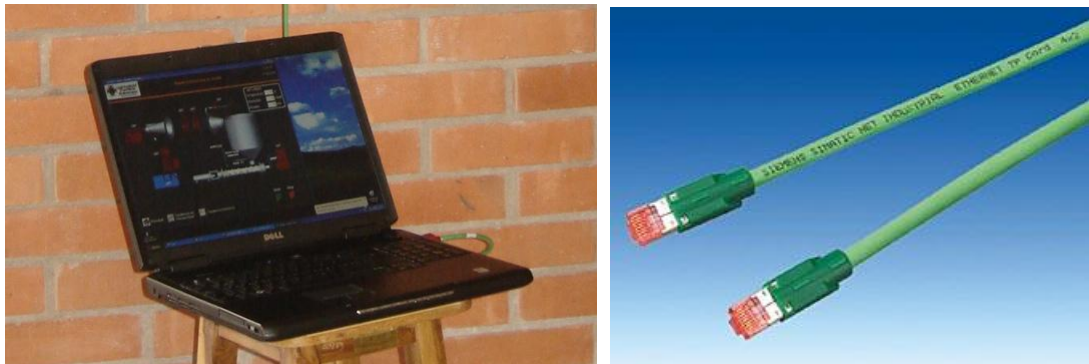


Figura 19: Cable TP Industrial Ethernet

8. Poner en TERM la CPU 224 XP a través del interruptor manual ubicado en la parte frontal del PLC, que a su vez se ubica en el gabinete de control.

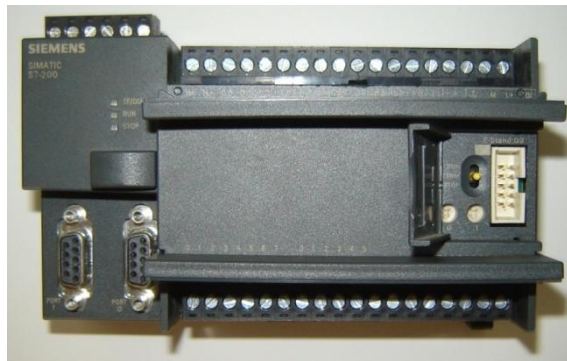


Figura 20: Cable TP Industrial Ethernet

9. Ir a mis documentos → extrusora → programa step7. Este es el programa que ejecuta el proceso y el cual se debe cargar en el PLC siguiendo los pasos a continuación.
10. Configuración del asistente Ethernet que se encuentra en el árbol de operaciones.

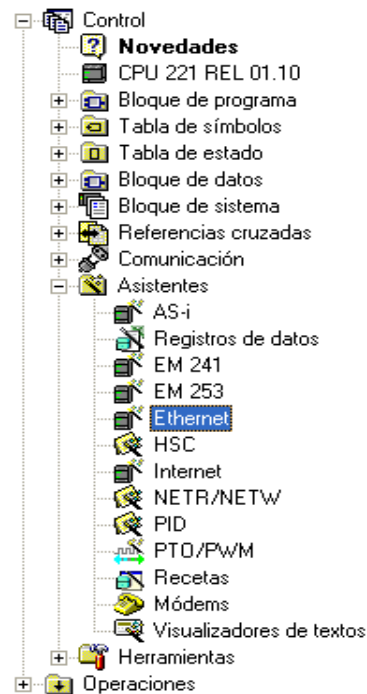


Figura 21: Asistentes del Step 7-Micro/WIN

A continuación se definen las características de la red ethernet IP: 169.254.31.252 - Mascara de Subred: 255.255.0.0 y la Dirección de la Puerta de Enlace se puede omitir.

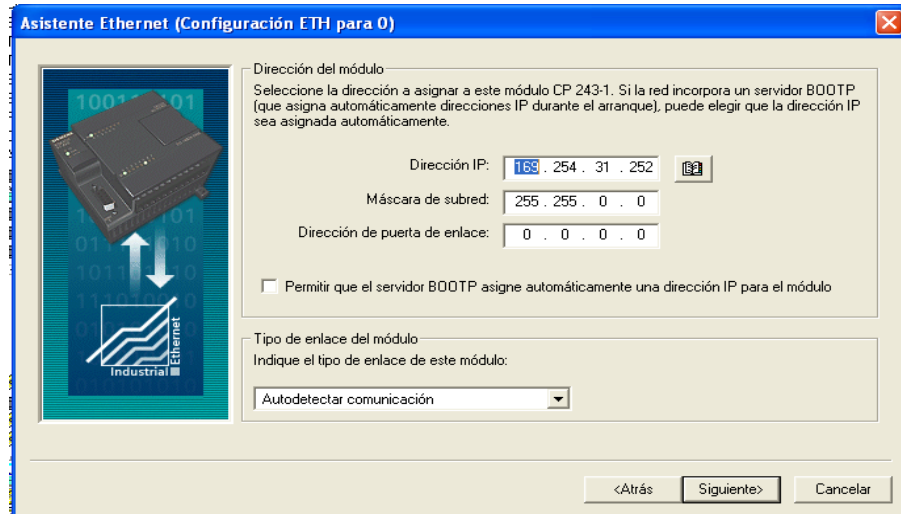


Figura 22: Características de la Red Ethernet en el Asistente Ethernet

- **Ajustar Interface PG/PC.** En la barra de navegación de la ventana principal se selecciona Ajustar interface PG/PC y se despliega una ventana en la que se selecciona la opción de parametrización a través del protocolo TCP/IP de la tarjeta de red del PC

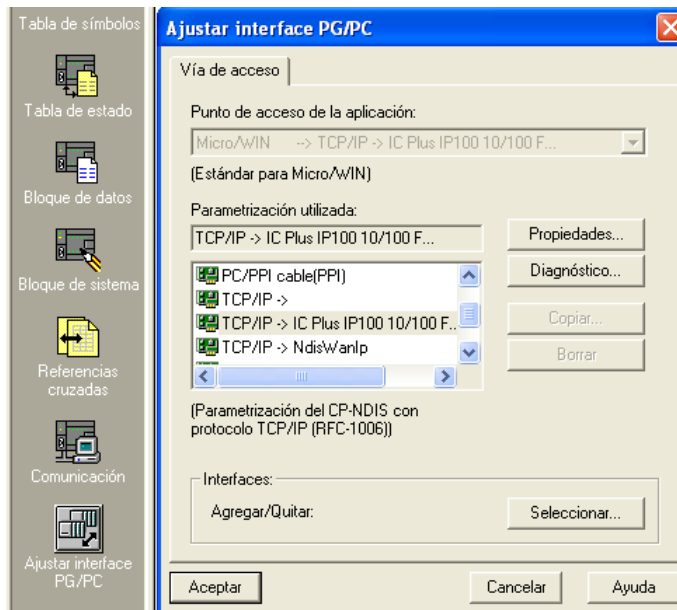


Figura 23: Ajustar Interface PG/PC

- **Configuración de la comunicación.** Dado que ya se ajusta la interface en esta ventana de comunicación el espacio Dirección Remota se coloca el número de la IP del S7-200 que corresponde a 169.254.31.252.

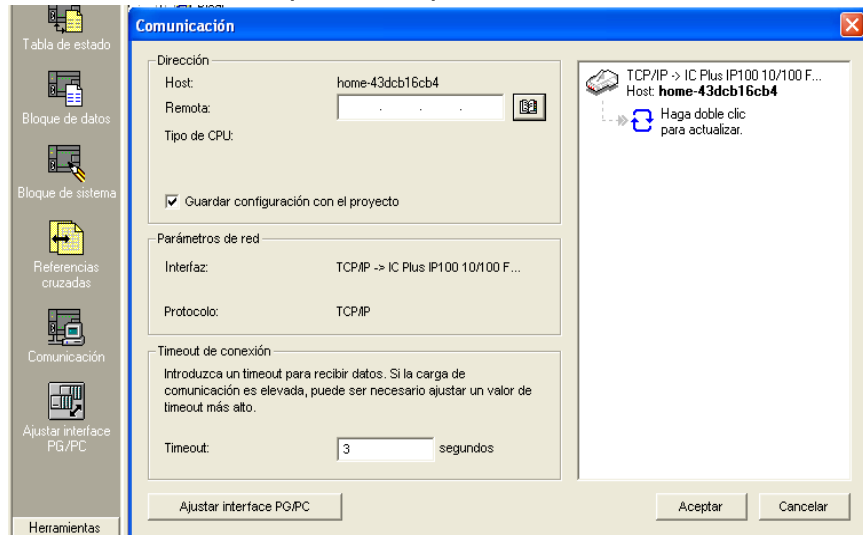


Figura 24: Comunicación

11. Cargar el programa en el PLC con la opción de la barra de herramienta cargar en CPU y esperar unos segundos hasta que halla cargado y poner en modo RUN a través del software.
12. Ir a Mis documentos → Extrusora → hmiExtruder. Este es el ejecutable en Runtime que ejecuta la HMI de la Maquina Extrusora Prensadora para la Extracción de Aceite.



Figura 25: Imagen Principal Interfaz Grafica

13. Elegir el tipo de control que se desea realizar. El modo automático se activa al dar click sobre el botón automático y el modo manual se activa al dar click sobre el botón modo manual.



Figura 26: Imagen Planta (Modo Automático)



Figura 27: Imagen Verificación de Instrumentación (Modo Manual)

14. Si se elige modo automático se deben establecer los Set Point de las variables del proceso confirmándolos con la tecla Enter. Para dar inicio al proceso automático se debe dar click en el botón Start. Oprimir Stop para finalizar la prueba.
15. En el modo manual se activan los elementos finales de control eligiendo el estado que se desea (ON/OFF) en la ventana modo manual.
16. Al finalizar la prueba se da click en el icono con la imagen de la planta, que abre la ventana principal y allí se da click sobre el botón salir.
17. Poner la CPU en modo STOP a través del interruptor manual ubicado en la parte frontal del PLC.



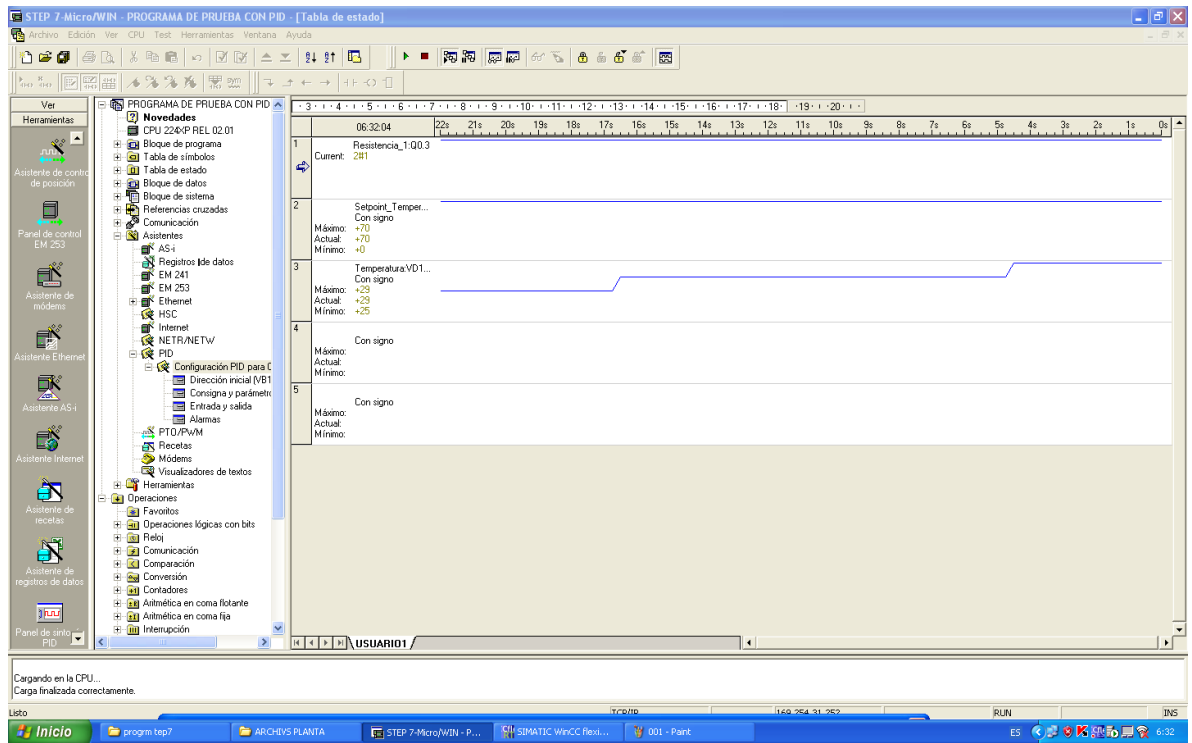
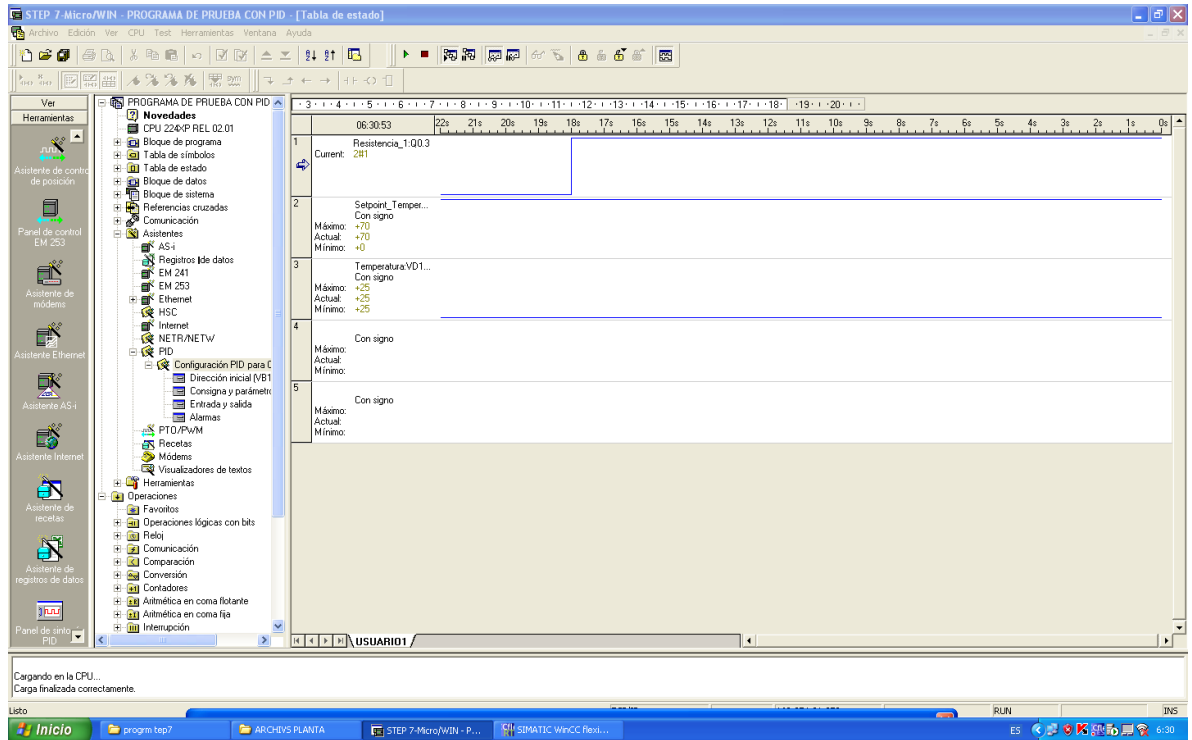
Figura 28: Imagen del Hardware del Sistema de Control

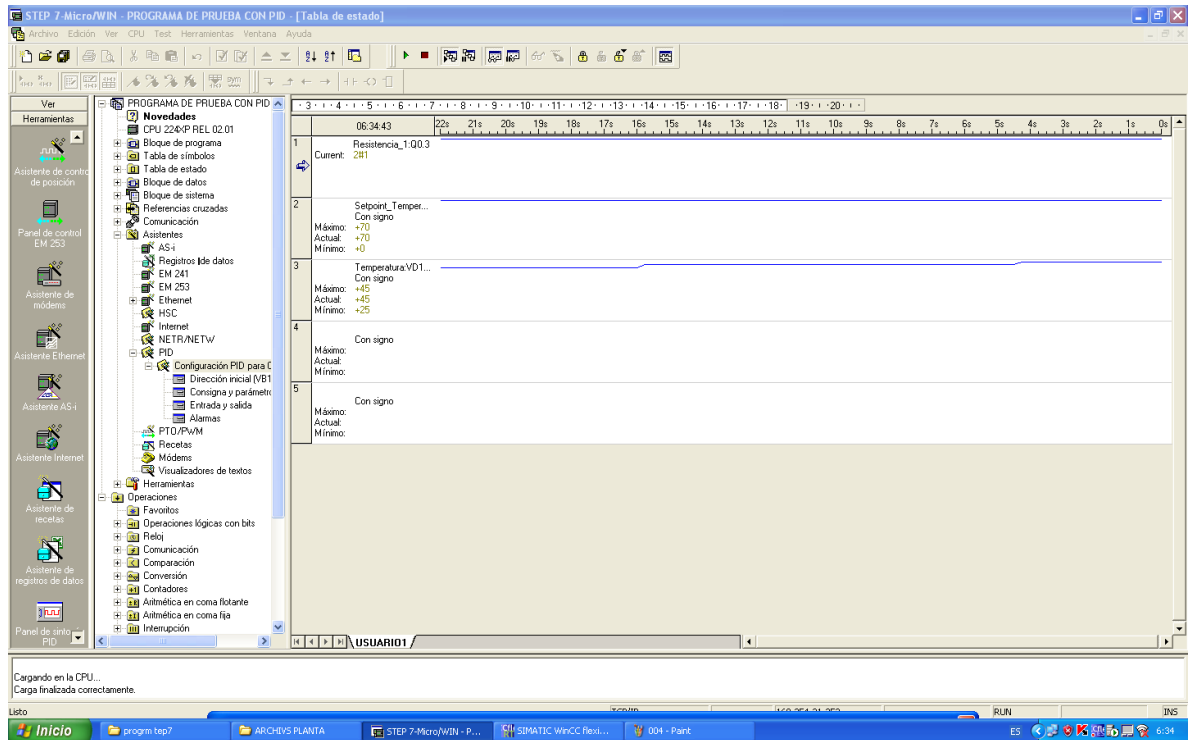
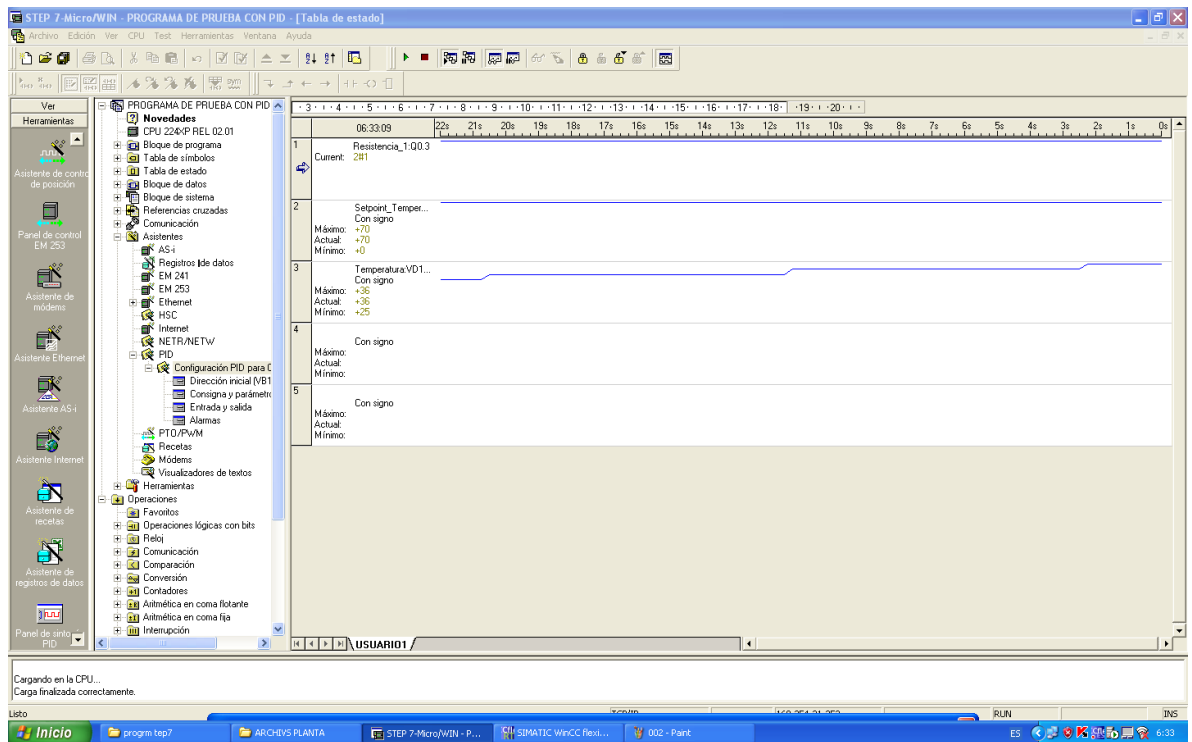
18. Apagar el sistema con el pulsador ON/OFF y desactivar el BR7 (Breaker Fuente SITOP), BR8 (Breaker Unipolar) y GM1 (Motor Trifásico) del Gabinete de Control.

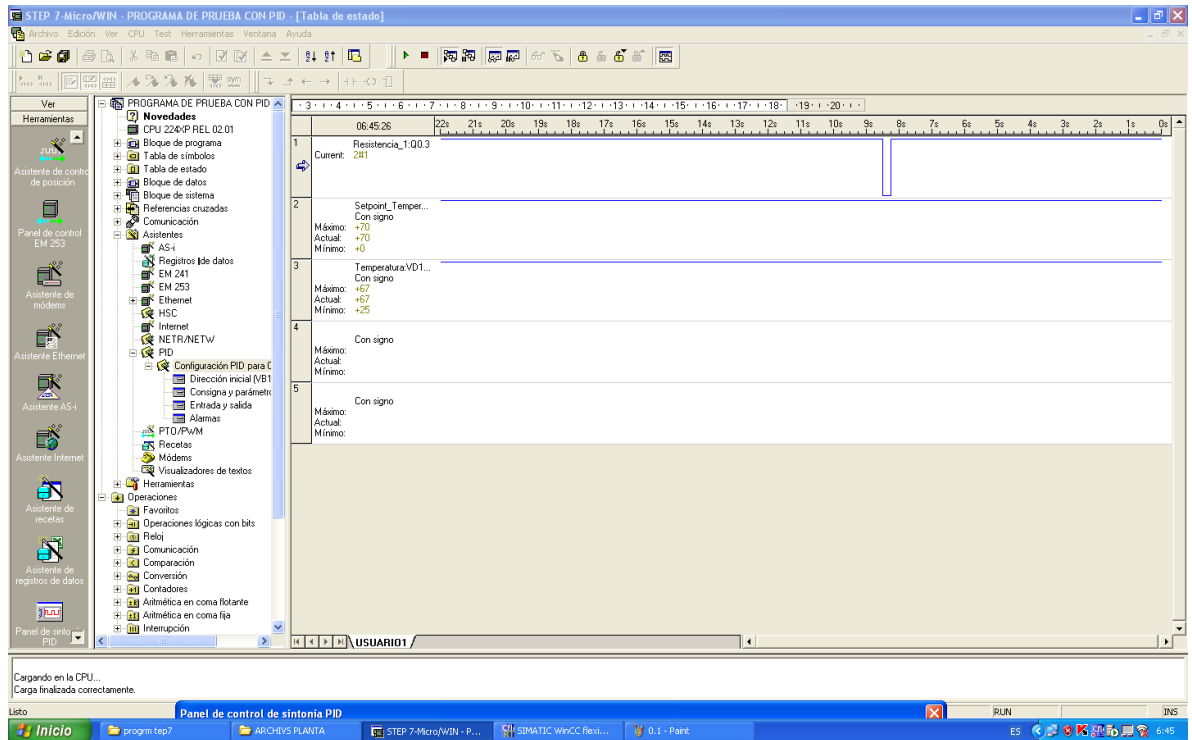
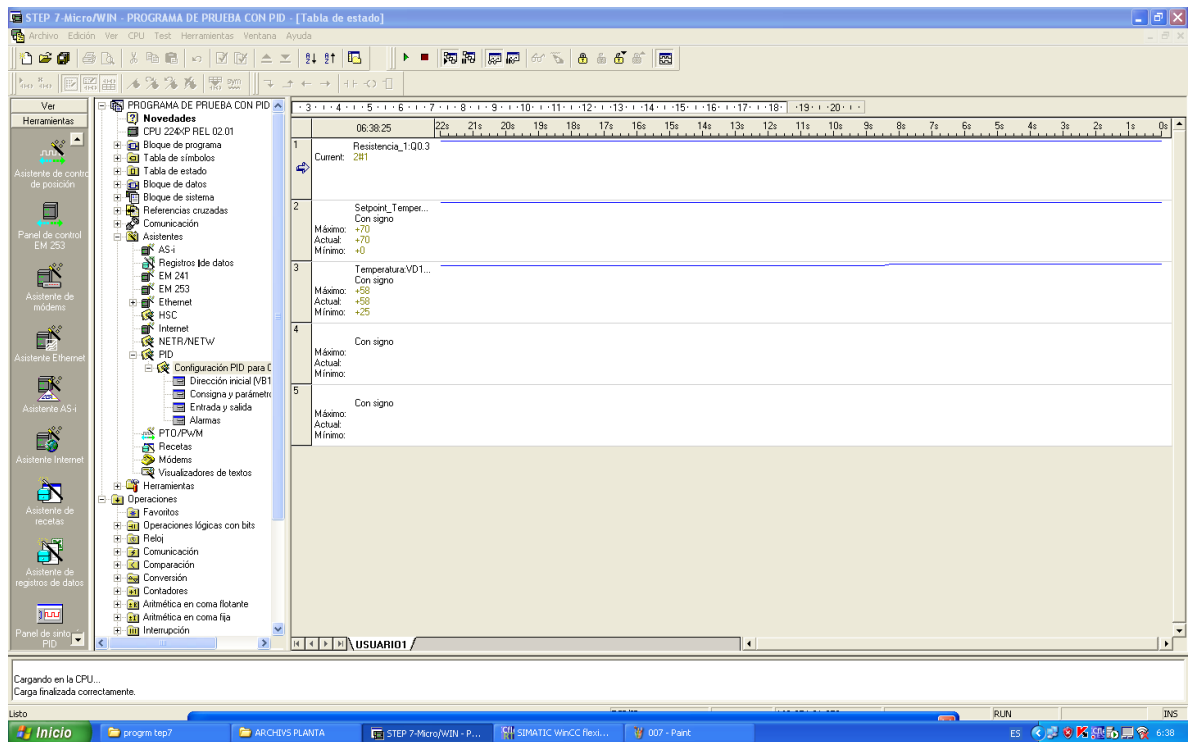
En el tablero de automáticos poner en OFF los breaker de los elementos del gabinete de control.

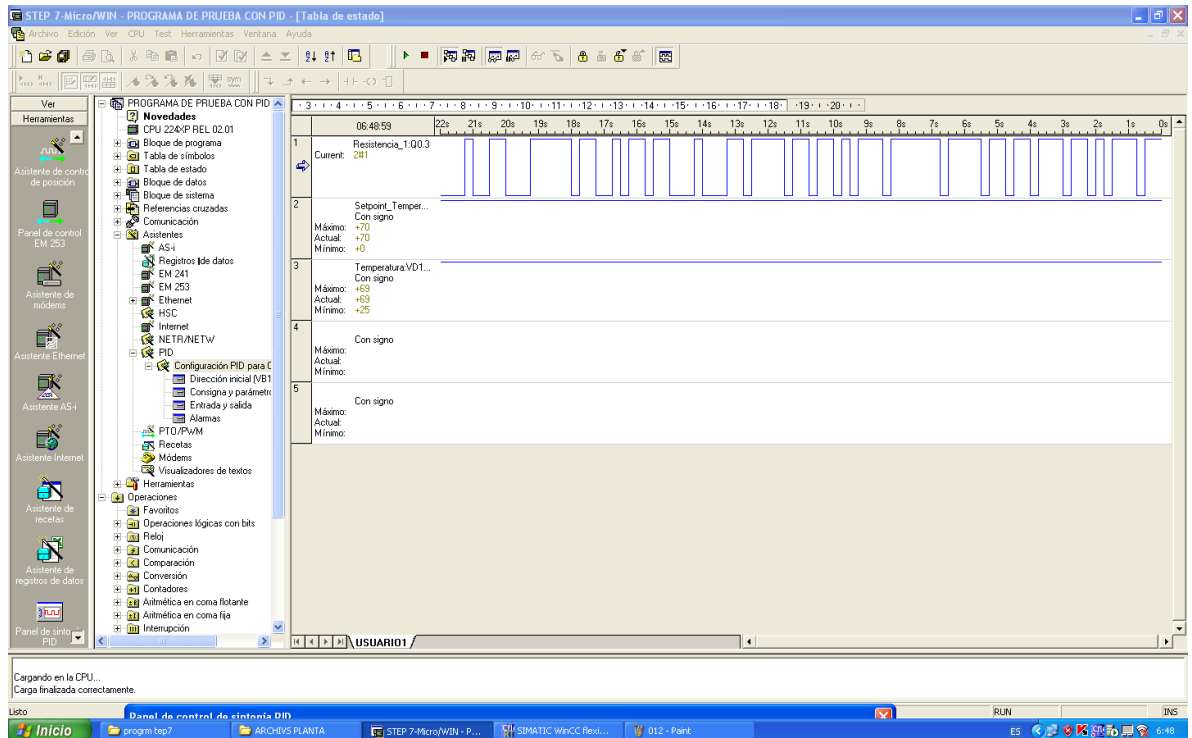
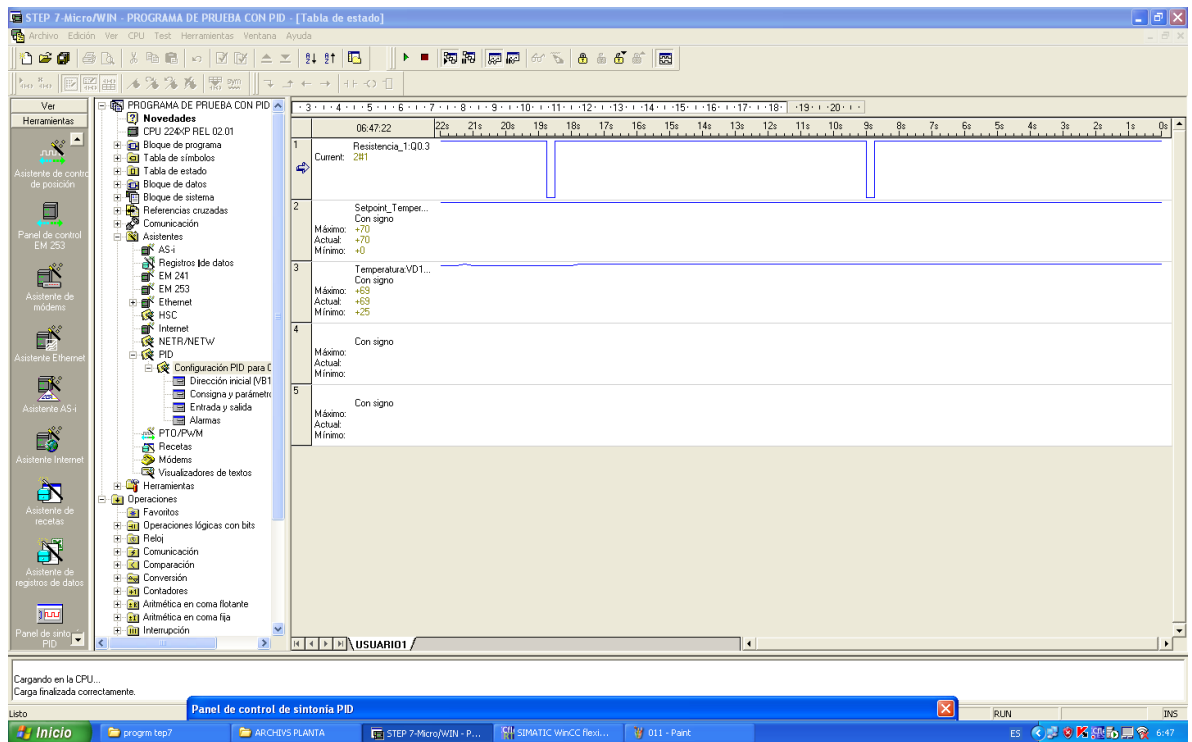
19. Ante alguna emergencia pulsar el interruptor tipo seta ubicado en la parte inferior derecha de la puerta del gabinete de control.

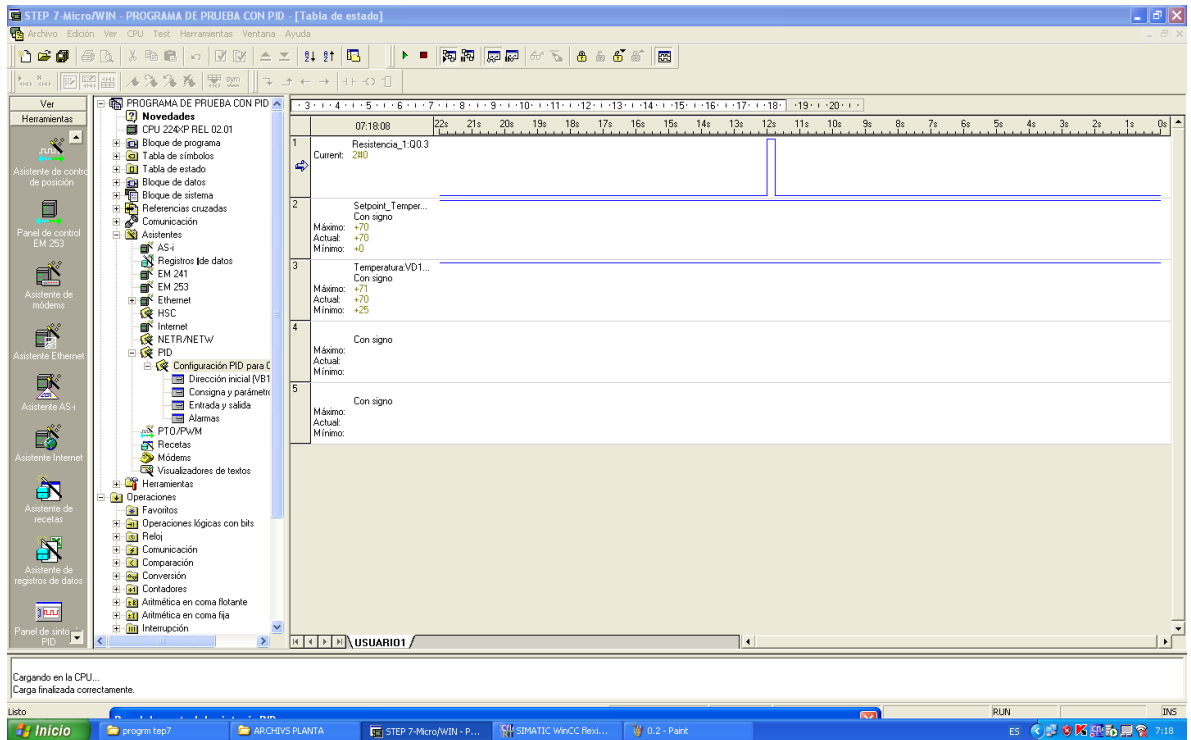
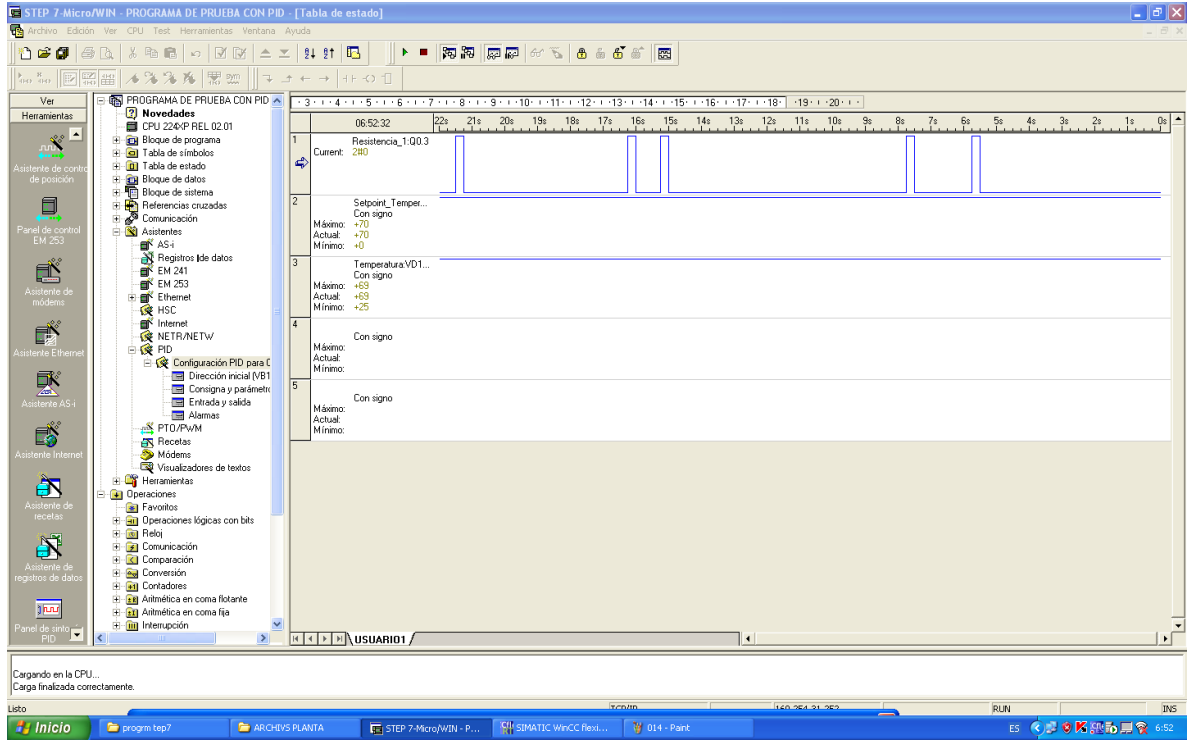
PANTALLAZOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PID A UNA TEMPERATURA DE 70°C











STEP 7-Micro/WIN - PROGRAMA DE PRUEBA CON PID - [Tabla de estado]

Panel de control de sintonía PID

Seleccione un lazo PID o una configuración a sincronizar en la lista desplegable del PID actual. Haga clic en el botón 'Iniciar autosintonía' para iniciar el algoritmo de sintonía. Haga clic en el botón 'Cerrar' para salir.

Ver

Herramientas

Dirección remota: 2 CPU 224XP-REL 02.01

Variable del proceso: 32000

Valores actuales:

Consigna: 70.0

Tiempo de muestreo: 0.1

Ganancia: 0.022

Integral: Minutos

Derivativa: 0.0

6400

Valor: 18434.0

Escalado: 70.5

0.00 1.00

Salida: 0.99

Parámetros de sintonía (minutos):

Ganancia: 0.022

Tiempo de acción: 5.0

Tiempo de acción: 0.0

Iniciar autosintonía

Avanzado...

Actualizar CPU

Autosintonía

Manual

Haga clic para obtener ayuda y soporte

Cerrar

PID actual: Configuración PID para 0 (PID 0)

Frecuencia de muestreo (segundos/muestreo): 1

Ajustar tiempo

Parar

Legenda:

PV

SP

Out

0.00 150.00 120.00 90.00 60.00 30.00 0.00

60s 55s 50s 45s 40s 35s 30s 25s 20s 15s 10s 5s 0s

0.00 0.80 0.60 0.40 0.20 0.00

SP 09:00:30 S

Comparación

Conversión

Contadores

Aritmética en coma flotante

Aritmética en coma fija

Interrupción

USUARIO1

Cargando en la CPU...

Carga finalizada correctamente.

Inicio

program7

ARCHIVS PLANTA

STEP 7-Micro/WIN - P...

SIMATIC Manager Flex...

0.10 - Paint

TCP/IP

169.254.31.252

RUN

ING

9:00