

V.3 DISCIPLINA DE APLICACIÓN

Aquí se ejecutaron las actividades de ingeniería de detalles referentes al control de las etapas de secado para los tres primeros rotantes, ya que en el último solamente se efectúa la estabilización del producto y no es necesario controlar las variables de temperatura y humedad. Se incluyeron las especificaciones del proceso para los instrumentos del nuevo sistema de control, la filosofía de operación y control y las estrategias de control.

V.3.1 Filosofía de operación del nuevo sistema de control

El control de la línea de producción fue diseñado para compensar las perturbaciones que puedan desviar a las variables controladas, que en este caso son la temperatura y la humedad relativa del aire de secado, del punto de control.

La sonda que se utilizaba en el control sustituido se utilizó igualmente para el nuevo sistema de control. Dicha sonda capta los valores de temperatura y humedad relativa dentro de cada uno de los secadores (rotantes 1, 2 y 3) y a través de una señal eléctrica lleva éste valor al Controlador Lógico Programable PLC, ya que la sonda capta el valor para temperatura en °C y a través de relaciones de conversión lleva esta señal a una señal eléctrica de 4-20mA (como puede verse en la tabla N° 4), así mismo lleva el valor de la humedad relativa de una señal en porcentaje 0-100% a una señal de 4-20mA través de otras relaciones (ver tabla N°3). Luego estas señales son recibidas por el telefast en bornes distintos que la lleva como una señal de entrada analógica al PLC.

En el PLC y mediante el software que se le ha programado utilizando un controlador PI, se lleva la respuesta de salida de nuevo a cada transductor localizado en un panel en la parte externa de cada secador, los cuales eran del sistema de control anterior. Esta señal de salida o OUT analógica de respuesta del PLC es convertida a una señal neumática en presión de aire que sale del transductor a los elementos finales de control, así mismo al transductor se alimenta una corriente de presión de 20 psi

proveniente del sistema neumático o by-pass ubicado en la parte exterior del primer rotante con salidas a cada uno de los trasductores de los rotantes.

Finalmente la salida total del trasductor es una señal neumática que se lleva a la válvula de control para controlar la temperatura interna de los rotantes y a un pistón de apertura y cierre de compuertas para controlar la humedad interna de cada rotante para garantizar el correcto secado de la pasta y así garantizar la calidad del producto.

El agua de calentamiento para los rotantes proviene de un calentador cuyos sistemas de control son on-off. El agua proveniente de la tubería de servicio se calienta a través de llamas alta y baja a través de un sistema regulado por un damper. Cuando el sensor capta la temperatura mínima de calentamiento el sistema se enciende y cuando capta la temperatura máxima éste se apaga.

Estrategias de control

Temperatura de secado

La temperatura para las etapas de secado se controla manipulando el flujo de agua caliente proveniente del calentador F-1101 por medio de válvulas de control ubicadas en la parte superior de cada secador para garantizar la temperatura correcta en cada etapa de secado, ya que la válvula es aire para abrir (ATO) al aumentar la presión de aire logramos aumentar la temperatura y al cerrarla ésta disminuye, este control es comandado a través de un Controlador Lógico Programable a través de un control PI que se le programó internamente al PLC, cuyos parámetros se han fijado por el fabricante del equipo para este tipo de proceso ya que la caldera posee un sistema on-off y la temperatura del agua proveniente del mismo no es constante. Cada secador posee internamente un sensor que capta la temperatura interna dentro del mismo y en función a la temperatura el controlador efectúa la apertura o cierre de la válvula.

Humedad Relativa

El control de la humedad relativa se efectúa manipulando cuatro compuertas de salida de aire ubicadas en la parte superior de cada secador, las cuales se abren o cierran por medio del movimiento de un pistón (A-1203, A-1204, A1205 y A-1206),

que es comandado por un Controlador Lógico Programable donde se le ha programado control PI cuyos parámetros se han fijado por el fabricante del equipo para este tipo de proceso. Cada secador posee internamente un sensor que capta la humedad interna dentro del mismo y en función a esta humedad el controlador activa el pistón para la apertura o cierre de las compuertas. Además posee un extractor en la parte superior de los rotantes que se enciende al mismo tiempo que se activa el movimiento de los rotantes para aumentar la cantidad de humedad extraída.

Adicionalmente se elaboraron las hojas SAMA de cada estrategia de control, las cuales incluyen, variable controlada, variable manipulada, variables de perturbación, tipo de medidor, rango de la variable medida, tipo de controlador, acción del controlador, elemento final de control y justificación de lazo, ver Anexo 4

V.3.3 Regulación del proceso de secado

Para regular las variables de temperatura y humedad se utilizaron lazos de regulación PI, ya que para el proceso de elaboración de la pasta se recomienda este tipo de controlador. Se estableció un control retroalimentado para la temperatura a través del lazo de regulación PI y otro para la humedad relativa.

El diagrama de bloques correspondiente a estos dos lazos son los siguientes:

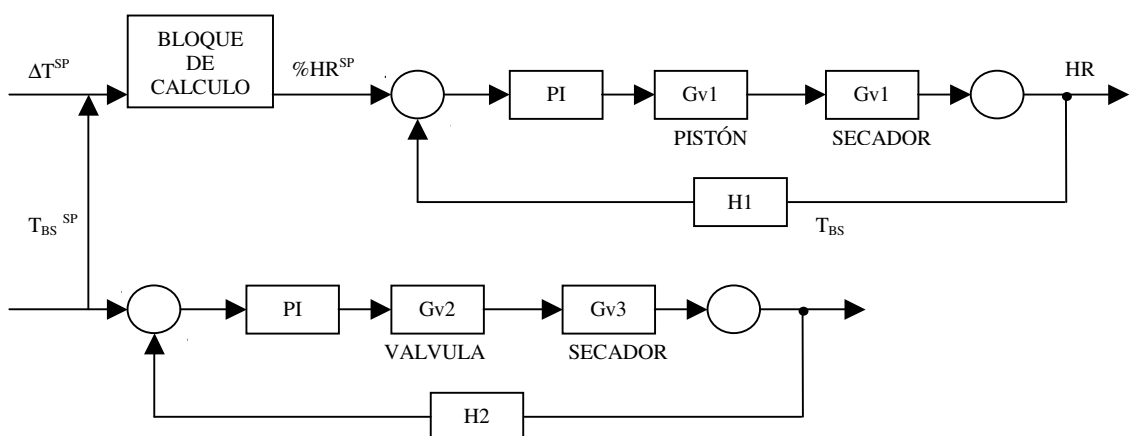


Figura 66. Lazos de regulación de temperatura y humedad

El funcionamiento del lazo de regulación comprende tres fases distintas:

1. La adquisición de las medidas obtenidas mediante la sonda del proceso y del valor de consigna que provienen de datos del panel de operador (Cónsola de diálogo).
2. La ejecución del algoritmo de regulación PI.
3. El envío de los comandos adaptados a las características de los accionadores que se controlarán mediante las salidas analógicas.

La función PI realiza una corrección PI a partir de una medida PV y de un valor de consigna analógico SP en el formato [0 - 10000], y proporciona un comando analógico en el formato [0 - 10000]. Consta de las funciones siguientes:

- Algoritmo PI.
- Acción directa / inversa (según el signo de la ganancia KP).
- Acción derivada sobre la medida o la desviación.
- Limitación alta y baja del valor de consigna 0 – 10000.
- Limitación alta y baja de la salida en modo automático.
- Modos de marcha Manual / Automático.
- control del acceso PI mediante el diálogo de operador.

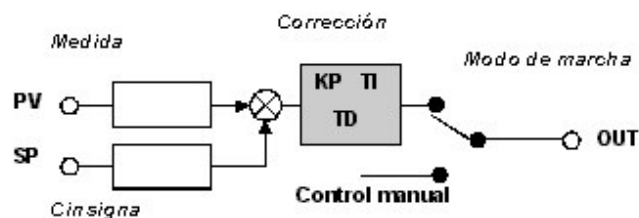


Figura 67. Lazo de regulación

El diálogo de operador permite, mediante la consola de operación, visualizar y modificar los parámetros del PI. Los parámetros de visualización utilizados se expresan en unidades físicas.

V.3.4 Pantalla de Control

El sistema de control se diseñó de manera tal que todos los parámetros referentes al mismo se pudieran observar a través de pantallas de control correspondientes a cada rotante, para lo cual se elaboró un programa en el PLC cuyas variables correspondientes se introdujeron dentro de la consola de manera de elaborar una pantalla de control para establecer una comunicación directa del proceso con el operador. Para acceder a la pantalla de control se estableció un vínculo desde la consola señalado ($\rightarrow$) para que el operador presione la tecla correspondiente a este símbolo y aparecerá la pantalla de control. Las variables asociadas a esta pantalla se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Variables asociadas a la pantalla de control

TEMPERATURA		HUMEDAD	
VARIABLE ASOCIADA	DESCRIPCION	VARIABLE ASOCIADA	DESCRIPCION
SP	Introducido por el operador	PV (0-100%)	Valor de la humedad en el rotante en ese instante
PV	Temperatura interna en el rotante en ese instante	SP	Delta entre la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de bulbo seco introducido por el operador
Apertura de la Válvula	Presión, en psi, de apertura de la válvula en ese instante	PV	Delta entre la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de bulbo seco que hay dentro del rotante en ese instante
KP	Ganancia proporcional introducida por el operador	Apertura de compuerta	presión, en psi, de apertura de las compuertas de salida de humedad activadas por el pistón en ese instante
τ_I	Tiempo integral introducido por el operador	KP	ganancia proporcional introducida por el operador
τ_D	Tiempo derivativo introducido por el operador	τ_I	tiempo integral introducido por el operador
Modo Automático/Manual	Se activa mediante los valores 1 para manual y 0 para el modo automático	τ_D	tiempo derivativo introducido por el operador
Apertura manual de la compuerta	Se activa sólo al estar activado el modo manual	Modo Automático/Manual	se activa mediante los valores 1 para manual y 0 para el modo automático
		Apertura manual de la compuerta	se activa sólo al estar activado el modo manual

Relación del lazo de humedad con el lazo de temperatura

El control de las variables temperatura y humedad es fundamental para garantizar la buena condición de la pasta a la salida del proceso ya que pudiera ocurrir el resquebrajamiento de la pasta, el mal secado de la misma o puede ocurrir que se queme. Por este motivo se elaboró la interconexión de las variables de temperatura y de humedad; por ejemplo si la temperatura es mayor que la humedad la pasta se resquebraja, en otro caso si la temperatura es alta y la humedad también lo es, se abren los poros de la pasta y el secado se hace de manera correcta. Entonces si hay baja humedad dentro del secador la válvula de calor no debe abrir por ello la presión de aire para la apertura de la válvula no debe ser mayor que la presión para abrir las compuertas de salida de humedad. Entonces se elaboró un algoritmo para interconectar las variables y mantener la pasta en una condición segura para la producción. Este algoritmo indica que cuando la salida (OUT) de temperatura se mayor que la salida (OUT) de humedad, hacerlas iguales. Pero si en cambio la salida (OUT) de humedad es mayor que la salida (OUT) de temperatura no hay condición ya que esta es condición segura para la producción. Esto se cumple para estados manual MAN y automático AUTO.

V.3.5 Control de la humedad a través del valor de ΔT

Tradicionalmente en la empresa Pastas Capri C.A., el control de la humedad en el proceso de elaboración de pasta se realiza mediante la introducción de un Set-Point de delta entre la temperatura de bulbo húmedo y de bulbo seco, por lo tanto por requerimientos de la empresa fue necesario hacer cálculos para relacionar la humedad relativa en porcentaje, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de bulbo seco.

El sensor o sonda capta los valores de PV de humedad relativa y de temperatura de bulbo seco. Para elaborar una completa pantalla de control se introdujo en el PLC un programa que calcula el delta a partir de la temperatura de bulbo seco y el porcentaje de humedad relativa captado por la sonda, es decir, calcula el PV de delta en un determinado instante del proceso para cada rotante. Lo mismo se hizo para

reflejar en la pantalla de control el valor de set-point de %HR que deberá utilizar el PLC para calcular el valor de la salida que enviará al transductor y posteriormente al pistón, a partir del set-point de temperatura de bulbo seco introducida por el operador y el set-point también introducido por el operador a través de la consola.

Los cálculos utilizados para determinar el valor de la variable (PV $\dot{A}T$) a partir de los valores de PV de temperatura de bulbo seco y (PV) de humedad relativa para el primer rotante utilizando valores tomados del proceso pueden verse en el Anexo 5.

Para realizar los cálculos de las ecuaciones se utilizó la tabla de relaciones psicrométricas para el sistema aire-agua extraída del Treyball R. “Operaciones de Transferencia de masa”. Tabla 7.1, pag 262. La cual se incluye en el Anexo 6.

Para comprobar los valores obtenidos a través de las ecuaciones con la carta psicrométrica se señaló un punto común con los valores determinados el cual se indica en una tabla psicrométrica Anexo 7.

V.3.6 Sistema de alarmas

El sistema de control se diseñó de manera que al haber un aumento que sobrepase los límites programados para la temperatura se activa una señal de alarma de luz roja ubicada en el tablero correspondiente a cada uno de los rotantes de luz parpadeante al igual lo hace para la humedad, las variables asociadas y los límites de alarma se especifican más adelante en la disciplina de sistemas.

En cuanto a las alarmas de la línea en general se elaboró un programa dentro de la consola asociando las variables de las alarmas a la misma y así emitir un mensaje en la pantalla cuando se activa la alarma señalando la falla ocurrida en el sistema si importar si la alarma activada es el encendido de una coctelera o una señal sonora.

V.3.7 Parámetros del Controlador

Para determinar los parámetros del controlador se realizó una prueba escalón, en función de la cual se observó el comportamiento y respuesta del proceso.

Ya estabilizado el proceso aproximadamente 4 horas después del arranque se procedió a observar la respuesta de la variable temperatura, esto se hizo colocando el

módulo MPF2 en modo manual. Presionando los botones + y – simultáneamente se observa el parpadeo de las pantallas de ambas variables, se presionó el botón para T y se observó un mensaje MAN en la pantalla de %HR, luego se llevó la presión de salida a la válvula de control de 12,6 psi hasta 10,0 psi para el primer rotante, de 12,0 psi hasta 8,0 psi para el segundo rotante y 11,4 psi hasta 8 psi para el tercer rotante. Esto se hizo con la intención de estabilizar el valor de la temperatura en un valor mas bajo para efectuar el salto de temperatura en una rango donde no se arriesgara la producción. En ese instante se comenzaron a tomar valores.

Posteriormente luego de transcurridos unos minutos se aumentó la presión de salida de la válvula hasta la presión inicial y se observó el comportamiento del sistema durante un lapso de una hora y cuarto aproximadamente, haciéndose igual para los otros dos rotantes.

V.3.8 Secuencia de arranque y parada

Para realizar el arranque completo de la línea N°3 de producción de pasta corta siga los siguientes pasos:

Prearranque de la Prensa

1. Ubicarse en la sección de la prensa frente al tablero de control.
2. Trasladarse a la estructura superior de la prensa y verificar que toda el área esté limpia, libre de restos de masa, restos de agua insectos, etc., especialmente en las tinas amasadoras, en caso contrario debe limpiarse.
3. Colocar el contenedor de dosificación de agua así como el sensor, asegurándose que el mismo toque el fondo, así mismo sujetarlo con el tornillo para que quede bien ajustado.
4. Abrir los grifos de suministro de agua.
5. Verifique que se observe sémola a través del visor del contenedor que se encuentra en la parte superior de la prensa, de no observar sémola verifique que esté activada la dosificación adecuada desde los tableros de los silos.

6. Coloque en manual el dosificador de agua y sémola hasta asegurarse que haya presencia de los mismos en los contenedores respectivos.
7. Acoplar las palancas de la caja reductora, esto halándolas con fuerza hacia adelante.
8. Chequear la compuerta de amasado al vacío, ésta debe estar bien colocada antes de abrir la válvula de vacío, si está lista abrir la válvula de vacío ubicada en la parte superior del eje de la cápsula.
9. En el tablero de la amasadora encender el sistema de amasado y amasado bajo vacío en modo manual.
10. Verificando nuevamente la presencia de agua y sémola en los contenedores respectivos encender la dosificación en modo automático.
11. Verificar que el eje de la cápsula de vacío esté girando, cuando esté funcionando la amasadora bajo vacío.
12. Si la consistencia de la masa es la adecuada se debe permitir el desarrollo del amasado hasta que se llene la amasadora bajo vacío, una vez que esto ocurra el sistema se detendrá automáticamente.

Preparación de la extrusora

1. Ubicarse frente al equipo de extrusión.
2. Se deben sacar los restos de masa que hayan quedado en el tornillo sin fin de la extrusión ya que ésta puede estar fermentada y presentar mal olor por ser residuo del proceso anterior, para ello se espera a que se llene la cápsula de vacío y ésta se detenga, luego presionar el botón de encendido del tornillo sin fin, este tablero está ubicado tanto en el tablero de amasado como en la parte lateral del trabatto.
3. Detener la extrusión luego de retirados los residuos, presionando los botones (color amarillo), ubicados en los tableros respectivos, con el fin del prepararse para el inicio de la producción.

Colocación del molde

1. Seleccionar y ubicar en la plataforma de extrusión el molde respectivo.
2. Presionar el botón de avance ubicado frente a la plataforma para colocar el mismo alineado con la campana de extrusión, luego de esto detener el posicionador y retroceder el mismo hasta que haga contacto con el microswitch que indica la posición original de lo contrario la máquina no arrancará en modo automático.

Prearranque de línea de secado

1. En la parte lateral del 1^{er} rotante ubicarse en el múltiple de aire para control neumático y posicionar las válvulas para permitir el control automático de temperatura y humedad relativa en los rotantes. Esto se hace colocando las válvulas de la siguiente forma (ver figura 64) :

MODO MANUAL

Rotante 1		Rotante 2		Rotante 3		Rotante 4	
V1	abierta	V4	abierta	V7	abierta	V10	abierta
V2	cerrada	V5	cerrada	V8	cerrada	V11	cerrada
V3	abierta	V6	abierta	V9	abierta	V12	abierta

MODO AUTOMÁTICO

Rotante 1		Rotante 2		Rotante 3		Rotante 4	
V1	cerrar	V4	cerrar	V7	cerrar	V10	cerrar
V2	abierta	V5	abierta	V8	abierta	V11	abierta
V3	cerrar	V6	cerrar	V9	cerrar	V12	cerrar

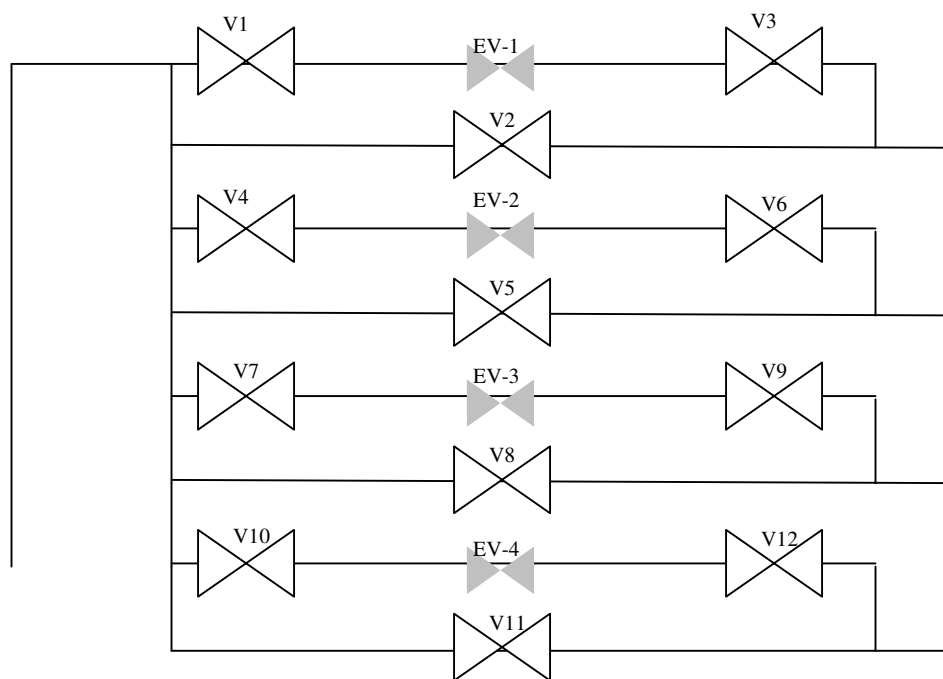


Figura 68. Múltiple de aire para control neumático

Donde:

V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12 son válvulas de paso rápido

EV-1, EV-2, EV-3, EV-4 son electroválvulas

2. Ubicarse frente a los tableros principales de la línea.
3. Colocar en automático los switches de movimiento y ventilación de todos los rotantes, en los tableros correspondientes a cada uno.
4. Accionar el interruptor principal del tablero de potencia, esto se hace para energizar todos los tableros de la línea.
5. Una vez energizada la línea, se debe chequear el voltaje entre fases, es decir, entre línea N°1 y línea N°2, entre línea N°2 y línea N°3 y entre línea N°3 y línea N°1, el cual debe estar entre 208 y 220 voltios, si el valor no se ubica en éste rango debe acudir al personal de mantenimiento.
6. Accionar el botón prueba de lámparas para verificar el funcionamiento de todas las luces ubicadas en los tableros mímicos de cada sección de secado (menos el secado del trabatto).

7. Accionar el botón de parada (seguridad) para el rotante N°1, donde al presionar la luz debe estar intermitente, luego se hace lo mismo para los otros rotantes (2, 3 y 4).

8. Chequear el tablero de control principal: verificando que el display esté encendido, donde se deben visualizar, para cada rotante, los valores de velocidad, temperatura, humedad y ΔT (valores de PV y SP), esto se hace presionando la tecla F4 para el rotante N°1, la tecla F5 para el rotante N°2, la tecla F6 para el rotante N°3 y la tecla F7 para el rotante N°4.

9. Verificar que las luces: descarga manual y descarga de línea esté desactivada, es decir, su led correspondiente esté apagado, ya que no se van a hacer ninguno de estos procedimientos, en caso contrario accionar por 5 segundos el switch “descarga de línea”, luego llevarlo a su posición cero (0), esto con la finalidad de resetear todos los parámetros.

10. En el tablero correspondiente al primer rotante, activar el switch luminoso que enciende la luz interna de todos los rotantes, luego trasladarse hasta cada rotante y verificar las condiciones físicas, no debe haber residuos de pasta, ni en la entrada, ni en la boca de descarga (sensor capacitivo), así mismo verificar la limpieza interna, botes de agua o cualquier anomalía presente, si esto ocurre solicitar al personal de mantenimiento para solucionar el inconveniente.

Procedimiento de precalentamiento manual

El precalentamiento manual es un proceso con el cual se busca preparar térmicamente a los rotantes antes de que sea introducida la pasta en proceso, esto se realiza de una forma secuencial y temporizada con el objeto de ahorrar energía y excluir las alarmas de prensa.

1. Verificar que toda la línea haya cumplido con las condiciones de prearranque.

2. Ubicarse frente al tablero de control PLC.

3. Accionar el botón de prearranque de línea que el cual se iluminará de color anaranjado, en ese momento se produce una señal sonora, al concluir la alarma

inmediatamente activar el switch con llave hacia la derecha en posición de precalentamiento manual

4. Verifique que la luz de señalización de precalentamiento manual esté encendida, en caso contrario restaure el sistema según el paso 9 de prearranque de línea y repita los pasos 1, 2 y 3 de esta sección.

5. Observar en el mímico del primer rotante el accionamiento de los comandos de movimiento y ventilación.

6. Observar la presurización en tablero de control del módulo MPF2-N del primer rotante.

En este modo de operación se accionarán los comandos de movimiento, ventilación y calor del rotante 2 a los 25 minutos del rotante 3 a los 80 minutos y del rotante 4 a los 110 minutos, cabe destacar que este proceso tiene una duración de 30 minutos en cada rotante después del cual se detendrá y puede ser interrumpido al desactivar el precalentamiento manual.

Procedimiento de arranque en vacío

1. Verificar que toda la línea haya cumplido con las condiciones de prearranque.

2. Ubicarse frente al tablero de control PLC.

3. Accionar el botón de prearranque de línea que el cual se iluminará de color anaranjado, en ese momento se produce una señal sonora, al concluir la alarma inmediatamente activar el switch con llave hacia la izquierda en posición de arranque vacío, al accionarlo el switch regresa hasta su posición original.

4. Verifique que la luz de señalización de arranque vacío esté encendida, en caso contrario restaure el sistema según el paso 9 de prearranque de línea y repita los pasos 1, 2 y 3 de esta sección.

5. Observar en el mímico del primer rotante el accionamiento de los comandos de movimiento y ventilación.

6. Observar la presurización en tablero de control del módulo MPF2-N del primer rotante.

En este modo de operación se accionaran los comandos de movimiento, ventilación y calor del rotante 2 a los 30 minutos del arranque del rotante 1, del rotante 3 a los 40 minutos del rotante 1 y del rotante 4 a los 50 minutos de arranque del rotante 3, cabe destacar como condición de arranque del rotante 4 el funcionamiento del elevador de carga de silos, además la parada de cualquiera de estos equipos ocasionará el bloqueo de todos los sistemas aguas arriba del mismo.

Procedimiento de arranque máquina llena

Este procedimiento se lleva a cabo luego de ocurrir un bloqueo de la máquina en un proceso de producción o en el proceso de arranque de máquina vacía y este no haya culminado.

1. Verificar que toda la línea haya cumplido con las condiciones de prearranque.
2. Ubicarse frente al tablero de control PLC.
3. Accionar el botón de prearranque de línea que el cual se iluminará de color anaranjado, en ese momento se produce una señal sonora, al concluir la alarma inmediatamente activar el switch con llave hacia la derecha en posición de arranque lleno, al accionarlo el switch regresa hasta su posición original.
4. Verifique que la luz de señalización de arranque lleno esté encendida, en caso contrario restaure el sistema según el paso 9 de prearranque de línea y repita los pasos 1, 2 y 3 de esta sección.

En este modo de operación se accionan los comandos de movimiento de ventilación y calor del rotante 4 inicialmente, luego del rotante 3, posteriormente rotante 2 y finalmente rotante 1, estos eventos se observan en los mímicos de los sistemas respectivos.

Operación Trabatto

El trabatto posee una botonera de marcha y parada de movimiento y ventilación, estos comandos se activan con los botones verdes y se desactivan con los botones rojos.

En la parte superior de la botonera de marcha y parada se encuentra un switch de 2 posiciones en el cual se define el modo de operación de éste equipo, estos modos son manual o automático (ver figura. 69)

Modo Automático

En esta modalidad el movimiento del equipo y su ventilación se rige por el comando del primer rotante, es decir, el trabatto únicamente se pondrá en marcha si el primer rotante está en movimiento, en el caso en que estén ambos trabajando y el rotante se bloquea por cualquier causa, el trabatto también lo hará, por lo que es necesario de nuevo poner en marcha el sistema, esto se hace desde la botonera de marcha y parada, tomando en cuenta la modalidad de trabajo.

Modo Manual

En esta modalidad de trabajo el movimiento del equipo y la ventilación, no está sujeto a ningún tipo de unión con las máquinas aguas abajo del sistema únicamente de la botonera de marcha y parada, esta modalidad de trabajo es recomendada únicamente de la botonera de marcha y parada, esta modalidad de trabajo es recomendada únicamente para las pruebas mantenimiento y reparación.

Comandos de Regulación de Velocidad

Esta sección se encuentra en la columna de la prensa frontal derecha del trabatto. El objetivo de estos elementos es de poder modificar la velocidad de movimiento del trabatto así como el flujo de aire de ventilación, según los requerimientos del formato en producción, de una forma gradual y continua. En el tablero ambas perillas están compuestas por un nonio indicativo de la posición y el

número de vueltas, así como de un bloqueo con la finalidad de que la misma no sea modificada accidentalmente; más no indica la velocidad de giro del motor.

Compuerta de descarte

En la salida del trabatto existe una compuerta de descarte, la que se puede abrir, con la finalidad de no permitir el paso de producto defectuoso al 1^{er} rotante, esta operación es recomendable después de cualquier tipo de arranque de la línea.

Válvulas para calor

Es importante destacar que el trabatto no posee comando de calor por lo que es necesario abrir la válvula de alimentación y retorno de agua caliente al ponerlo en operación, además se recomienda un precalentamiento del mismo antes de alimentarlo con el producto en proceso.

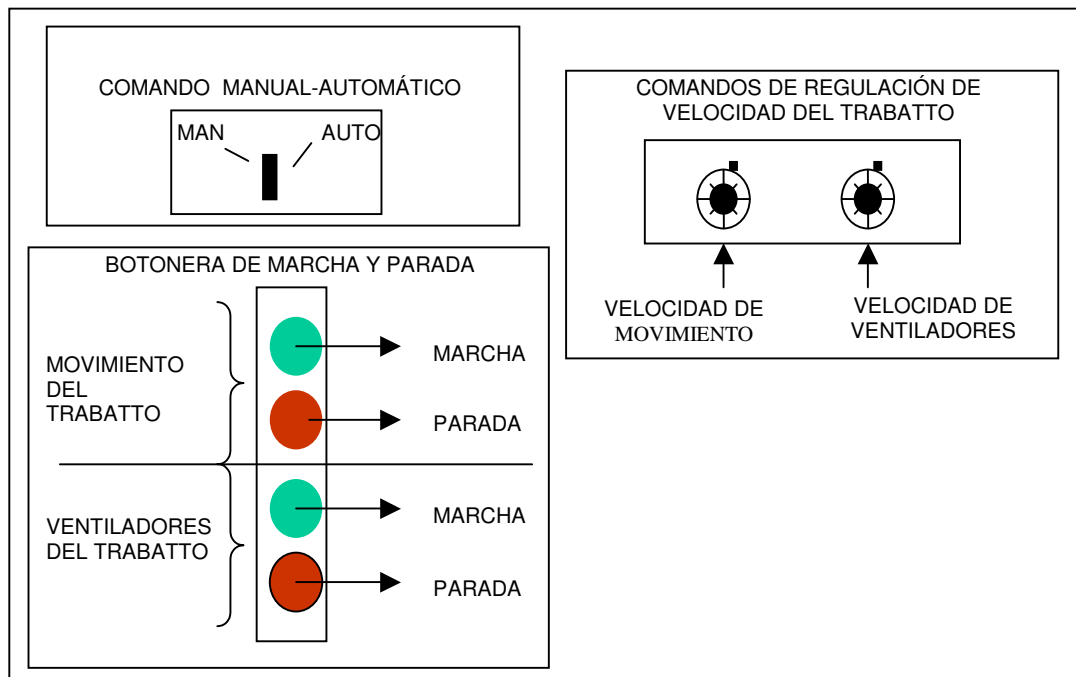


Figura 69. Tableros del Trabatto

Operación de amasado y extrusión

Los comandos de la prensa de amasado y extrusión se encuentran resumidos en 4 puntos del sistema:

1.Control de dosificación

En este tablero hay dos modalidades de dosificación de sémola, agua y vegetales deshidratados, según se indica en la figura 70.

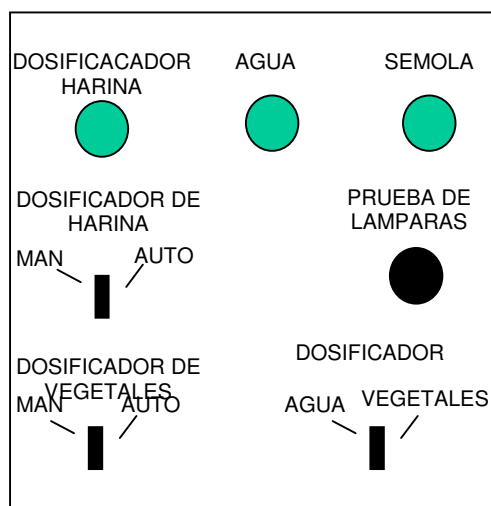


Figura 70. Tablero de dosificación

1.1 Dosificador de harina-agua

Este sistema se encuentra acoplado mecánicamente lo cual asegura una dosificación de agua existente en el contenedor alimentado por los grifos cuando gira el tornillo sin fin que dosifica la sémola, sin embargo existen dos modalidades de operación.

Modo automático

Tanto en el contenedor de sémola, en la parte superior de la prensa, como en el de dosificación de agua, existen sensores capacitivos y de nivel, respectivamente. El objetivo de ello es bloquear la dosificación al carecer de alguna de éstas materias primas, en ese momento la luz verde indicadora de agua o sémola iniciará un

parpadeo según sea la alarma, esto activará una señal sonora y a su vez, en la consola del panel de control se podrá leer el texto ERROR DE PRENSA.

La señal sonora de la alarma se podrá desactivar oprimiendo el botón ALARMA en el tablero de control, pero esta no se desactivará hasta que sea superada la causa que lo originó.

Esta modalidad de trabajo se recomienda cuando la prensa está en operación continua con la finalidad de mantener la continuidad en la consistencia del amasado.

Modo manual

En esta modalidad de trabajo la dosificación no será bloqueada al originarse alarma se sémola y/o agua, se recomienda usar esta en la primera dosificación al iniciar el trabajo de la prensa, o para activar la dosificación, luego de la parada por alarma en modo automático. Cabe destacar que al estar activado el modo manual la luz indicadora del dosificador de harina será parpadeante a una frecuencia mayor que la producida por la activación de la protección térmica del motor de dicho comando.

1.2 Dosificador de vegetales

El sistema de dosificación tiene la opción de acoplar un grupo de almacenamiento y dosificación de aditivos líquidos el cual es usado para agregar una solución que contiene vegetales en el proceso de amasado, al igual que en la dosificación de agua, existen 2 modalidades de trabajo:

Modo automático

En esta modalidad de trabajo el sistema de dosificación de aditivos líquidos se detendrá al existir una parada de la amasadora doble, bien sea voluntaria u originada por la acción de una alarma cuando esta opera automáticamente.

La opción del grupo de almacenamiento y dosificación de aditivos líquidos están indicados en el manual de uso y mantenimiento del equipo.

Modo manual

En esta modalidad de trabajo el sistema de dosificación de aditivos líquidos no se detendrá al existir cualquier tipo de parada de la amasadora doble. Es recomendable la supervisión continua del sistema al trabajar en este modo.

1.3 Comando dosificador

Este comando se usa con el objeto de definir el fluido a dosificar el cual puede ser agua o solución con vegetales, con la finalidad de excluir la alarma del sensor de nivel de agua o del grupo de almacenamiento y dosificación de aditivos líquidos.

1.4 Prueba de lámparas

Este botón se acciona con la finalidad de conocer el estado de trabajo de las luces indicadoras, es decir, al accionar este botón alguno no enciende debe sustituirse o chequear el circuito de conexión.

2. Botonera comando amasadora-prensa

Esta botonera se encuentra ubicada sobre la prensa de extrusión, en la parte superior derecha de la amasadora bajo vacío y tiene como objetivo la activación la activación local de los elementos que la componen (ver figura 71).

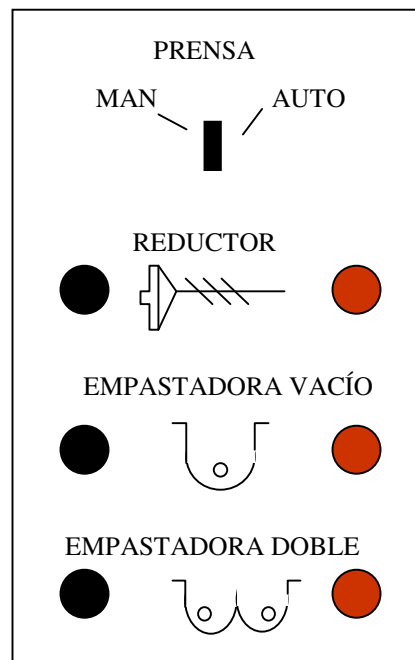


Figura 71. Botonera comando amasadora-prensa

2.1 Modalidad de trabajo

Modo manual

En esta modalidad de trabajo se excluye el bloqueo del comando tornillo sin fin por los grupos que se encuentran aguas abajo del mismo, como lo son:

- a) Extractor de molde.
- b) Car 500.
- c) Hoja 1000.
- d) Trabatto.
- e) Línea de secado (1° rotante).

Se recomienda usar este modo de trabajo únicamente durante la preparación del amasado y la purga del tornillo de extrusión así como también con fines de mantenimiento.

Modo automático

En esta modalidad de trabajo se incluye el bloqueo del tornillo sin fin por parada o alarma de los equipos que se encuentran aguas abajo como los son:

- a) Extractor de molde en mala posición.
- b) Error Car 500.
- c) Error Hoja 1000.
- d) Parada del trabatto.
- e) Parada de la línea de secado (1° rotante).

Para sensar las causas de fallas del equipo de corte de pasta CAR 500 o de troquelado HOJA 1000, consultar con el manual de usuario de dichos equipos.

2.2 Comando reductor

Se encuentra compuesto por dos botones negro “ON” y rojo “OF” (ver figura 67) desde este comando se acciona y se bloquea el movimiento del tornillo sin fin de extrusión bien sea para purga de limpieza o moldeado de producto en proceso.

2.3 Comando empastadora vacío

Este comando activa y desactiva el amasado bajo vacío (ver figura 71), cabe destacar que en cualquiera de las modalidades de operación esta amasadora sensa el nivel de llenado y bloqueando la amasadora doble y la dosificación cuando se encuentra en el nivel de control superior y la activa nuevamente cuando alcanza el nivel inferior de control.

Es importante tomar en cuenta que la amasadora bajo vacío y el capsulismo de dosificación de masa se encuentran conectados mecánicamente por lo que es indispensable tomar las medidas de seguridad necesarias al activar dicho sistema.

2.4 Comando empastadora doble

Este comando activa y desactiva la amasadora doble, además si el comando de dosificación está en modalidad de automático (ver figura, 71), este equipo comandará los arranques y paradas del mismo.

Al ser accionado el botón de la amasadora doble se debe tomar en cuenta que este equipo posee unas palancas de seguridad en las compuertas que aseguran que se mantengan cerradas y a su vez acoplan la caja reductora con el eje de la amasadora con la finalidad de que no esté girando cuando se encuentren abiertos.

Las paradas y arranques de este equipo están comandadas por los sensores de nivel en la amasadora bajo vacío, en operación de trabajo, luego se desea que la amasadora doble trabaje cuando la primera está llena, es necesario mantener oprimido el botón negro de arranque del equipo, de lo contrario se detendrá al soltar el botón.

3. Botonera amasadora-prensa remoto

Esta botonera cumple la misma función de arranque y parada de la amasadora prensa (ver figura 72), las funciones adicionales se han desactivado ya que fueron incorporados nuevos equipos que sustituyen su función de una manera más eficiente.

El uso de esta botonera se recomienda cuando la máquina está operando y ocurre una parada en el sistema de secado la cual se puede restituir rápidamente, es

decir, no ocurre durante este período ninguna modificación de las características de la masa en proceso y la que se encuentra dentro del tornillo de extrusión.

Cabe destacar que es necesario que esté en movimiento el trabatto, el equipo CAR 500 u HOJA 1000 para que los sistemas puedan ser comandados en modalidad de automático desde dicha botonera.

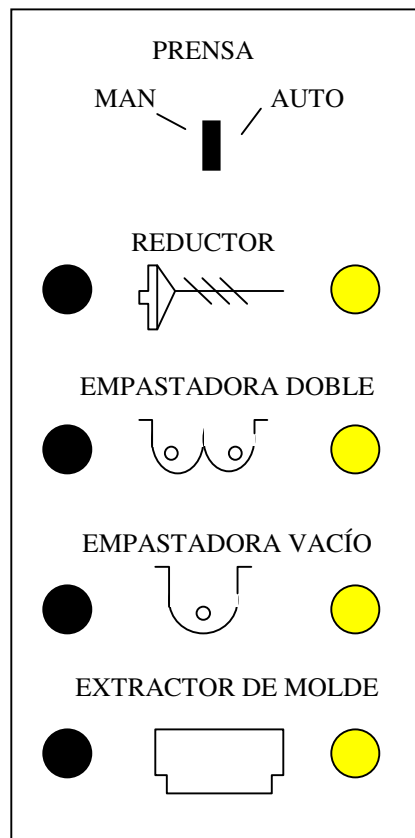


Figura 72. Botonera amasadora-prensa remoto

4. Control de velocidad de dosificación

En este comando, como se indica en la figura 73, se puede observar y modificar en escala 0-100, la velocidad de giro del sistema de dosificación de agua y sémola; la misma se puede aumentar oprimiendo el botón de flecha hacia arriba y disminuir con

el botón de flecha hacia abajo, además se puede parar y activar manteniendo la última frecuencia si se mantienen oprimidas ambas funciones al mismo tiempo.

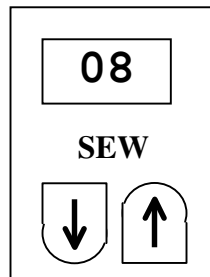


Figura 73. Control de velocidad de dosificación

Es importante resaltar que el sistema de modificación de velocidad es completamente electrónico y se encuentra suplementado al motor eléctrico, por lo que se recomienda limpiar el motor con aire fresco cuantas veces sea posible, con el objeto de evitar su calentamiento por acumulación de polvo de sémola sobre la superficie dosificadora de calor.

En el proceso de amasado y extrusión existen dos elementos que no poseen ningún tipo de control como los son el agua de grifos al primer contenedor de agua, el cual posee un ducto de reboce; este debe graduarse para evitar altos retornos de agua de amasado y el vacío que se acciona abriendo la válvula correspondiente sobre la amasadora bajo vacío.

Operación Cambio de formato

1. Para realizar este procedimiento es necesario inicialmente detener el proceso de extrusión para ello se detiene el reductor del tornillo sin fin desde cualquiera de las botoneras de amasadora prensa, esto hará que se detenga la amasadora doble al llenar la amasadora bajo vacío.

2. Detener el equipo HOJA 1000 o CAR 500 según las especificaciones de manual correspondiente.

3. Espere a descargar el trabatto y luego detenga su movimiento y ventilación.

4.Retire el molde, usando la botonera de extracción de molde y reponga nuevamente este sistema a su posición original.

5.Coloque el nuevo molde en posición de trabajo usando la botonera de extracción de molde y retórnela nuevamente a su posición original asegurando que esté activado el micro switch de final de carrera.

6.Encienda la ventilación y movimiento del trabatto bajo la modalidad de automático, para que éste se precaliente.

7.Encienda el equipo HOJA 1000 o CAR 500, según sea el formato de trabajo.

8.Asegurándose que está en buenas condiciones el amasado y que el producto en proceso haya alcanzado una distancia considerable dentro del rotante, tal que no se pueda mezclar con el nuevo formato en fabricación, ponga en operación el proceso de amasado y extrusión en la modalidad de automático, tomando en cuenta las consideraciones del proceso de dosificación explicados previamente.

PROCEDIMIENTO DE PARADA Y DESCARGA DE LA LÍNEA N°3

1. En el panel de control de PLC, accione el switch de llave de descarga de línea, durante este proceso estará encendida la luz verde indicadora la cual desactiva el calor de 1^{er} rotante a los 45 minutos, y el movimiento a los 70 minutos; el calor del 2^{do} rotante a los 120 minutos y el movimiento a los 175 minutos; el calor del 3^{er} rotante a los 275 minutos y el movimiento a los 295 minutos, el calor del 4^{to} rotante a los 350 minutos y el movimiento a los 430 minutos.

2. Inmediatamente de accionar el switch de llave de descarga de línea, dirigirse a la parte superior de la prensa y desactive el proceso de dosificación desde dicho tablero.

3. Espere el vaciado tanto de la tina de la amasadora doble como la del amasado bajo vacío, para desactivar el sistema prensa-amasado desde la botonera correspondiente.

4. Desincorpore el equipo HOJA 1000 o CAR 500, según sea el formato de operación, como lo indica el manual de operación respectivo.

5. Espere a vaciar el trabatto y apague el movimiento y la ventilación, desde la botonera respectiva.
6. Tomando en cuenta las consideraciones de temperatura y humedad, espere la detención del sistema de secado en los tiempos indicados en el paso 1.
7. Detenga el elevador de carga de silos desde el tablero de control de silos.
8. Corte la energía en el tablero de potencia y proceda con las labores de limpieza pertinentes al caso, accionando el switch de iluminación de rotantes en el tablero del 1^{er} rotante, para obtener iluminación en la parte interna.

V.4 DISCIPLINA ELÉCTRICA

En Esta sección se ejecutaron las actividades de ingeniería de detalles en cuanto al sistema de suministro de potencia e instalaciones eléctricas para el montaje de sistema de control de las etapas de secado de la línea de producción, donde se actualizaron los planos eléctricos disponibles en la empresa.

V.4.1 Suministro de potencia

La línea de producción posee un tablero de potencia principal a través del cual activando la palanca como se observa en la figura 74 se energiza toda la línea de producción. Una vez energizada la línea, se debe chequear el voltaje entre fases, es decir, entre línea N°1 y línea N°2, entre línea N°2 y línea N°3 y entre línea N°3 y línea N°1, el cual debe estar entre 208 y 220 voltios.



Figura 74. Tablero principal de potencia

V.4.2 Actualización de planos eléctricos

La empresa suministró los planos eléctricos de la línea con el antiguo sistema de control para los cuales se realizó la actualización incorporando el Controlador Lógico Programable, así como la actualización del cableado, ubicación de otros elementos para el nuevo sistema de control y fuentes de alimentación. Los cuales se presentan a continuación en el Anexo 8.

V.5 DISCIPLINA DE SISTEMAS

En Esta sección se ejecutaron las actividades de ingeniería de detalles en cuanto a los sistemas de control y protección del nuevo sistema de control, mediante el esquema de automatización y especificaciones funcionales del sistema de control. Los puntos enumerados a continuación se enfocarán al primer rotante siendo perfectamente válidos para los otros dos.

V.5.1 Criterio de selección de señales del PLC

El PLC maneja distintas señales analógicas: para las medidas de corriente (4-20mA), tensión (0-10V) y sonda para temperatura y humedad.

El algoritmo PI elabora la señal de comando a partir:

- de la medida muestreada por el módulo de entrada,
- del valor de consigna determinado por el operador o el programa,
- de los valores de los parámetros del corrector.

La señal del corrector es tratada directamente por una tarjeta de salidas analógicas del autómatas conectada al accionador.

Las señales del nuevo sistema de control diseñado para la línea de producción se seleccionaron en función de las entradas y salidas requeridas para el mismo ya que se requieren como se explicó en el capítulo 5 28 E/S analógicas, por lo tanto las señales que se utilizarán en este sistema de control para el primer rotante se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Señales que intervienen en el nuevo sistema de control

SEÑAL	SIMBOLO	CLASIFICACION
Entrada de temperatura	IT	Señal analógica de entrada al PLC ya que se introduce al mismo por medio de una señal que proviene de la sonda.
Salida de temperatura	QT	Señal analógica de salida del PLC como reflejo hacia el módulo MPF2.
Control de temperatura	CT	Señal analógica de salida del PLC o OUT del control que se envía a la válvula de control.
Entrada de humedad relativa	IH	Señal analógica de entrada al PLC ya que se introduce al mismo por medio de una señal que proviene de la sonda.
Salida de humedad relativa	QH	Señal analógica de salida del PLC como reflejo hacia el módulo MPF2.
Control de humedad relativa	CH	Señal analógica de salida del PLC o OUT del control que se envía al pistón para la apertura o cierre de las compuertas para la salida de humedad.
Velocidad de giro del rotante	VG	Señal analógica que se introduce en el PLC por medio de la consola y que se envía como una salida hacia cada uno de los rotantes.

V.5.2 Criterios de configuración y programación del software del PI

La sintaxis de llamada de la función PI para elaborar el programa es la siguiente:

PID (TAG, UNIT, PV, OUT, AUTO, PARA)

Ejemplo de utilización:

PID('TEMP', 'GRADOS', %MW10, %MW11, %M10, %MW20:43)

Donde %MW10, %MW11 son memorias tipo word, %M10 son memorias tipo bit y %MW20:43 es una tabla direccionada de memorias.

La configuración del software permite definir para la aplicación el número de los diferentes tipos de bloques de funciones, el número de palabras de los registros, el número de bits internos %M, el número de palabras internas %MW y el número de constantes %KW.

Para cada uno de los campos que se desee modificar se selecciona el campo y, a continuación, se introduce el valor deseado.

Nota: Un control prohíbe la introducción de valores superiores al número máximo programado.

La siguiente tabla 13 describe los parámetros para la programación de PI.

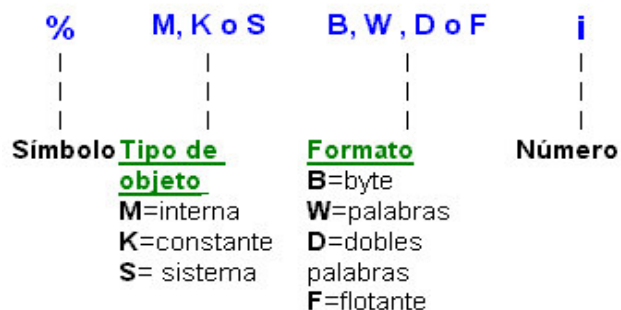
Tabla 13. Parámetros para la programación del PI

Parámetro	Tipo	Naturaleza	Valor por defecto	Descripción
TAG	caracteres (8)	entrada	-	Nombre de PI utilizado por la consola
UNIT	caracteres (6)	entrada	-	Unidad de medida utilizada por la consola
PV	palabra	entrada	-	medida de 0-10000
OUT	palabra	salida	0	Salida analógica del PI
AUTO	bit	entrada/salida	0	Modo de marcha del PI: 0>manual, 1:automático
SP	palabra	entrada/salida	0	Valor de consigna interno en formato de 0-10000
OUT-MAN	palabra	entrada/salida	0	Valor de la salida manual del PI (0-10000)
KP	palabra	entrada/salida	100	Ganancia proporcional del PI, el cual determina el sentido de acción del PI (<0 sentido directo, >0 sentido inverso).
TI	palabra	entrada/salida	0	Tiempo de la acción integral del PI
TD	palabra	entrada/salida	0	Tiempo de la acción derivada del PI (entre 0-10000)
TS	palabra	entrada/salida	Período de la tarea en la que se halla el PI	Período de muestreo de PI (en 1/100 de segundo) entre 10 ms y s mn 20 s
OUT_MAX	palabra	entrada/salida	0	Valor de la salida manual del PI
OUT_MIN	palabra	Entrada/salida	0	Límite inferior de PI en modo automático entre 0-10000

V.5.3 Direccionamiento de las palabras

Las palabras se direccionan del modo siguiente:

Las palabras se direccionan del modo siguiente:



V.5.4 Lista de variables asociadas a la construcción del controlador PI para el Rotante 1

Para elaborar el programa que se introdujo en el PLC para elaborar el PI se utilizaron las siguientes variables mostradas en la tabla 14 para los lazos de temperatura y humedad.

Tabla 14. Variables para la programación de PI de la pantalla de control

TEMPERATURA ROTANTE 1			HUMEDAD ROTANTE 1		
Parámetro	Variable asociada	Límites	Parámetro	Variable asociada	Límites
TAG	%MB190:8	-	TAG	%MB270:8	-
UNIT	%MB200:6	-	UNIT	%MB280:6	-
PV	%MW1	Multiplicar por 1/1000	PV	%MW3	Multiplicar por 1/1000
OUT	%MW210	-	OUT	%MW290	-
AUTO	%M212	0 o 1	AUTO	%M213	0 o 1
SP	%MW220	40-75	SP	%MW295	0-25
OUT-MAN	%MW221	0 o 1	OUT-MAN	%MW296	0 o 1
KP	%MW222	0-3000	KP	%MW297	0-3000
TI	%MW223	0-1000	TI	%MW298	0-1000
TD	%MW224	0-1000	TD	%MW299	0-1000
TS	%MW225	0-1000	TS	%MW300	0-1000
OUT_MAX	-	5 psi	OUT_MAX	%MW301	5 psi
OUT_MIN	%MW227	-	OUT_MIN	%MW302	-
mas 43 palabras ocultas			mas 43 palabras ocultas		
Apertura de la válvula	%MW210	-	Apertura de las compuertas	%MW290	-

Para establecer una comunicación entre el proceso y el operador se asociaron las variables del PI a la consola de control a través de una pantalla para el control del rotante 1. Las variables que se establecieron en la pantalla de control corresponden a las programadas para el PI reflejadas en la tabla 14. Es aquí donde se establecieron los límites para las mismas de manera que las modificables por el operador queden como tipo lectura/escritura pero con límites determinados para evitar que el dato introducido no salga de los límites establecidos para seguridad de la producción.

En la figura 76 puede observarse como se ve en el PC los campos para introducir las variables y programar la pantalla de control.

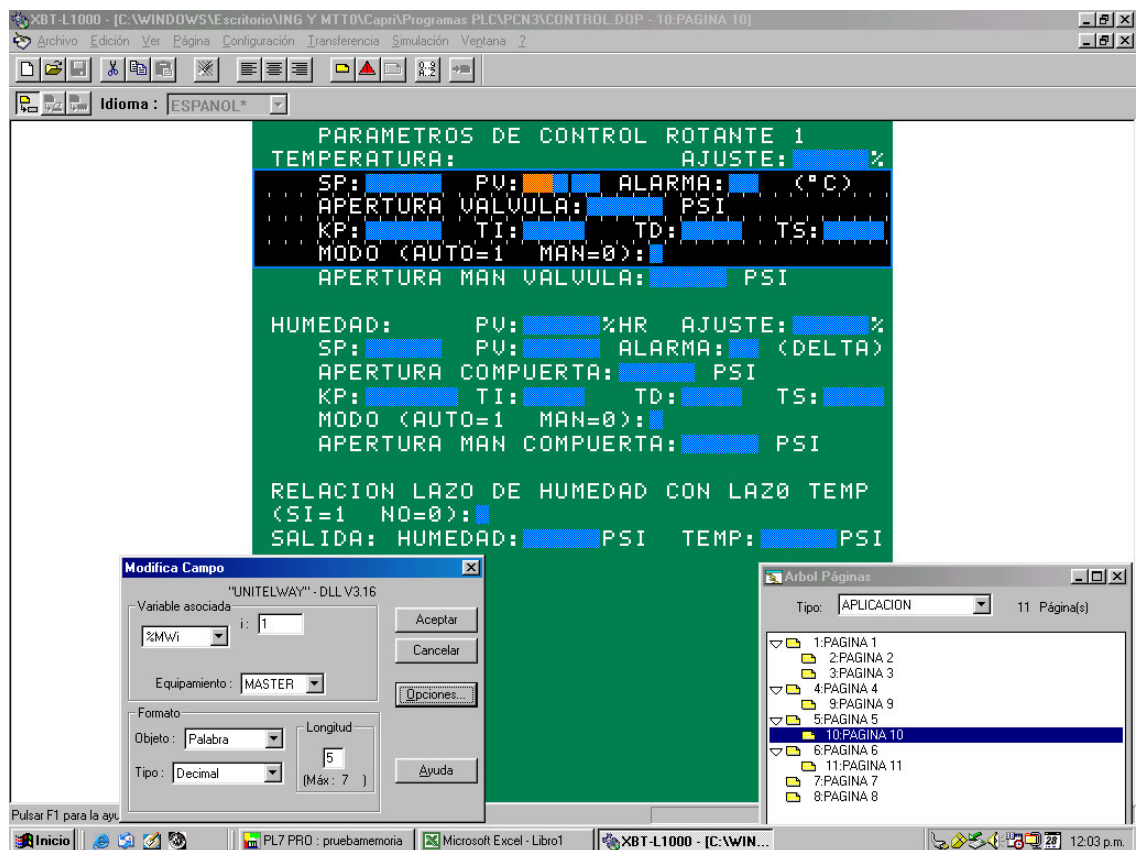


Figura 76. Campos para programar la pantalla de control

V.5.5 Lista de variables asociadas a los valores de PV y SP del proceso para el Rotante 1.

De acuerdo a la programación de la consola o para el software del PLC se utilizan las diferentes palabras como se observa en la tabla 15 y 16. Por ejemplo para la temperatura las de 0-150 son para los valores de temperatura en °C y se llevan en escala de 0-10000 para efectos del programa del PLC ya que es el rango de valores donde se debe programar. Igualmente para los valores de humedad los de 0-100 es el rango en porcentaje de humedad relativa y para efectos de programación se llevan en un rango de 0-10000.

Tabla 15. Valores PV para temperatura y humedad en diferentes escalas para el rotante 1

VALORES PV para el Rotante 1			
TEMPERATURA		HUMEDAD	
Variables	Observaciones	Variables	Observaciones
%MW1	Tipo palabra	%MW3	Tipo palabra
%IW10.0	entrada	%IW10.1	entrada
%MF125	Escala 0-10000	%MF129	Escala 0-10000
%MF127	Escala 0-150	%MF131	Escala 0-100

Tabla 16. Valores SP para temperatura y humedades en diferentes escalas para el rotante 1

VALORES SP para el Rotante 1		
TEMPERATURA	HUMEDAD	DELTA T
%MW220 escala (0-10000)	%MW295 (escala 0-10000)	%MF153 (escala 0-10000)
%MF155 escala (0-150)	%MF179 (escala 0-100)	%MF157 (0-100)

V.5.6 Lista de variables asociadas a las ecuaciones para los cálculos de PV-DELTA T y SP-%HR para el Rotante 1

Para elaborar el software de cálculo de las variables PV de delta T y SP de %HR fue necesario hacer una selección de variables tipo palabra flotante ya que este tipo de variables es para manejar números reales para realizar las operaciones básicas matemáticas. Además se seleccionaron dichas variables con un espacio de 2 en 2 para evitar el solapamiento de valores.

El solapamiento ocurre cuando las variables ocupan las casillas asignadas a un bit de espacio para cada número. Para saber cuantas casillas ocupa un valor real se lleva ese número a números binarios y se cuentan tantas casillas como números entre 1 y ceros haya. Las variables se pueden apreciar para el rotante 1 en la tabla 17.

Tabla 17. Variables asociadas a las ecuaciones psicrométricas para el rotante 1

Cálculo de ΔT a partir de T_{BS} (PV) y %HR (PV)		Cálculo de SP de %HR a partir de T_{BS} (SP) y ΔT (SP)	
Cálculo	Variables	Cálculo	Variables
Ctte A	%KFO	Ctte A	%KFO
Ctte B	%KF4	Ctte B	%KF4
Ctte C	%KF8	Ctte C	%KF8
Convertidor	%KF12	Convertidor	%KF12
moles	%KF16	moles	%KF16
P atm	%KF20	P atm	%KF20
factor	%KF24	factor	%KF24
T_{BS}	%MF127	T_{BS}	%MF155
%HR	%MF131	ΔT	%MF157
P vap (Pa)	%MF137	T bulbo húmedo	%MF159
Presión parcial de agua	%MF139	P vap (Pa)	%MF165
Humedad absoluta	%MF141	H saturación	%MF167
ΔT	%MF153	H absoluta	%MF169
		Presión parcial de agua	%MF171
		P vap (T_{BS})	%MF177
		%HR	%MF179

Para comprobar si efectivamente el software realiza las operaciones matemáticas correctamente se empleó una aplicación del software utilizado que se denomina tablas de animación.

El programa permite crear tablas de animación que contienen listas de variables, y permiten conocer el valor de las variables con diferentes tipos de visualización y forzar las variables bit.

Las tablas de variables se pueden crear en modo local o en modo conectado.

El modo conectado permite activar (comando Servicios/Animar) o desactivar la animación de una tabla (comando Servicios/Detener la animación). La animación se realiza de forma sincrónica: todos los valores de objetos se leen en el procesador al final del ciclo.

Es posible modificar de modo unitario el valor de una variable, forzar el valor de un bit o cancelar su forzado. Para modificar la variable:

1. Seleccione la variable y acceda al área Valor actual.
2. Introduzca el valor de la variable y valide con Modificar.

En la figura 77 podemos observar la pantalla de tablas de animación y en la figura 78 podemos observar la pantalla de tablas forzadas cuyos valores se mostraran en la sección de resultados.

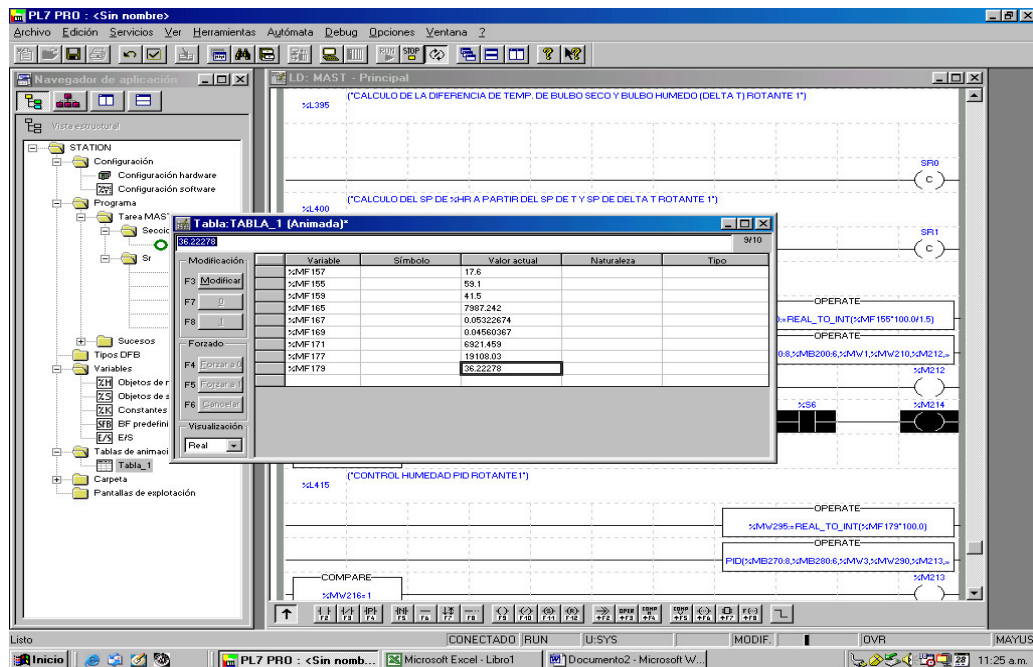


Figura 77. Tabla de animación para simular las ecuaciones para cálculo de set point de %HR

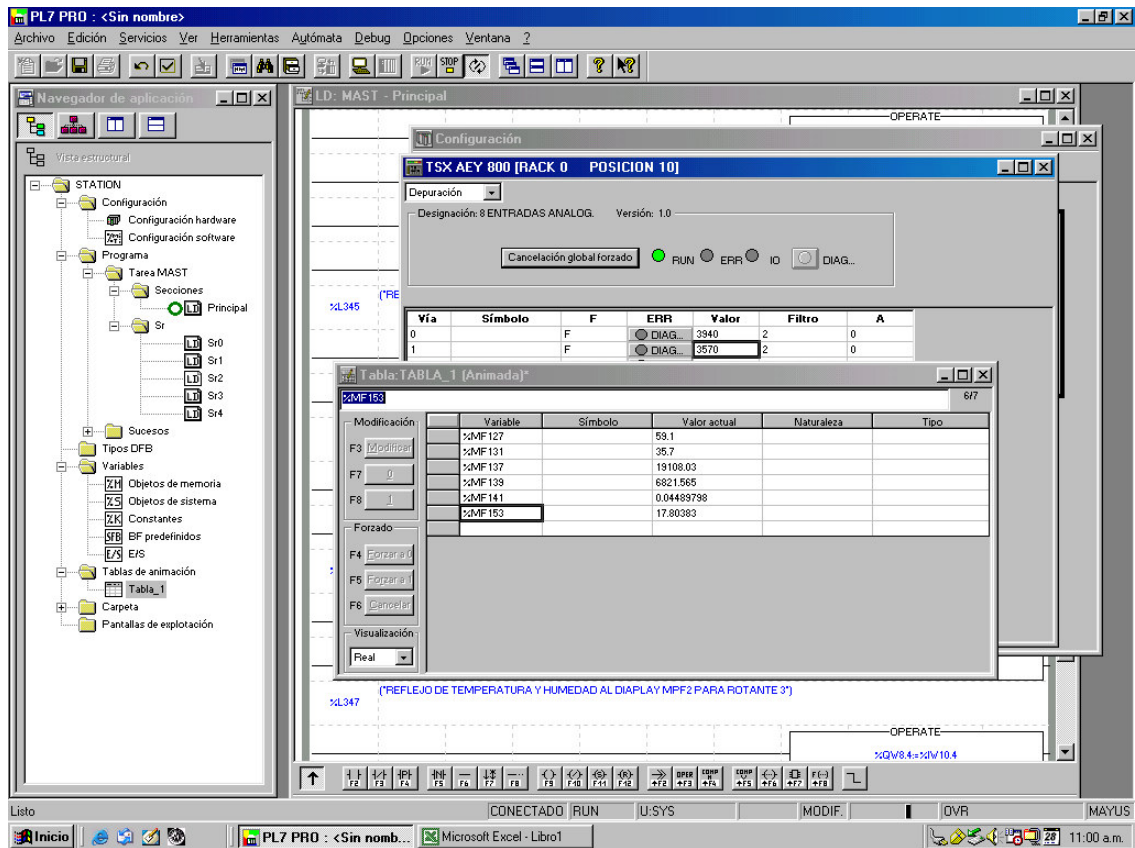


Figura 78. Tabla de forzamiento para simular las ecuaciones para cálculo de PV de ΔT

V.5.7. Entradas - Salidas I/O para la línea de producción completa

Las entradas y salidas de la línea 3, en general, se configuran seleccionando el modelo del elemento (por ejemplo una tarjeta de entradas/salidas analógicas) de una lista del menú en configuración de hardware. En esa lista se selecciona el código del modelo y luego la posición y la dirección de la entrada o la salida.

Por ejemplo:

%I2.5 entrada del módulo rack 0, situado en la posición 2 del rack, vía 5

Nota: las vías indican el número de la entrada ocupada.

Si se desea desplazar el elemento (tarjeta de entrada / salida) a un rack de expansión, este se indicará como un número situado entre la posición y la vía antes del punto, por ejemplo:

%I201.5 entrada del módulo, rack 01 posición 2, vía 5

La tabla de entrada / salida para la línea 3 en total indica el telefast al que se conectó el módulo y el borne utilizado. Esta tabla puede verse en el Anexo 10.

V.5.8 Lista de variables asociadas a las alarmas de toda la línea de producción

Para la señalización de las alarmas se elaboró un programa dentro de la consola de diálogo donde al activarse cualquiera de ellas el operador observará en que sitio ocurre el problema, las variables asociadas para la consola se crean en pantallas especiales de alarma donde la diferencia radica en el orden de prioridad indicadas con el número de la variable que señala que existe una tabla numerada con distintas prioridades, las cuales se indican en la tabla 18.

Tabla 18. Alarmas asociadas a la consola

ALARMA	ORDEN DE PRIORIDAD
MW103:X0	Problemas en la prensa
MW103:X1	Problemas con giro del rotante 1
MW103:X2	Problemas con giro del rotante 2
MW103:X3	Problemas con giro del rotante 3
MW103:X4	Problemas con giro del rotante 4
MW103:X5	Desalineación rotante 1
MW103:X6	Desalineación rotante 2
MW103:X7	Desalineación rotante 3
MW103:X8	Desalineación rotante 4
MW103:X9	Obstrucción en la salida R1
MW103:X10	Obstrucción en la salida R2
MW103:X11	Obstrucción en la salida R3
MW103:X12	Obstrucción en la salida R4
MW103:X13	Reboce en la entrada rotante 2
MW103:X14	Reboce en la entrada rotante 3
MW103:X15	Reboce en la entrada rotante 4

V.5.9 Transferencia del programa PC <-> Autómata

1. Seleccione el comando Autómata/Transferir Programa.
2. Seleccione la transferencia PC->Autómata y haga clic en Aceptar.

3. Si una tarjeta de memoria que permite el almacenamiento de símbolos y comentarios está declarada en la configuración, la casilla con los símbolos está disponible: puede elegir efectuar o retardar la transferencia de los símbolos para una fase posterior de transferencia

Observación sobre la transferencia

Si una aplicación está abierta en el PC cuando se produce una petición de transferencia automática -> PC.

1. si existen modificaciones efectuadas desde el último guardado, el software propone guardarlas antes de continuar.

2 .posteriormente se recomienda:

- ya sea guardar los datos (símbolos), la carpeta relativa a la aplicación, las tablas de animación y las pantallas de explotación presentes en el terminal (PC): utilice el botón Guardar.

- o inicializar los datos (símbolos), la carpeta relativa a la aplicación, las tablas de animación y las pantallas de explotación presentes en el terminal (PC): utilice el botón Inicializar. (inicializar: poner en sus valores predeterminados como en el caso de un comando Crear).

Si la base de símbolos y comentarios está presente en el autómata, la elección sólo se aplica a la carpeta relativa a la aplicación, las tablas de animación y las pantallas de explotación. La base de símbolos y comentarios es transferida desde el autómata hacia el PC.

El resultado de la transferencia se indica en la barra de estado (en la parte inferior de la ventana).

La tecla ESC permite en cualquier momento interrumpir la transferencia.

El programa de control creado para la temperatura y la humedad relativa puede verse en el Anexo 10 incluyendo sus subprogramas.

V.5.10 Especificaciones de la consola

La consola de comunicación se utiliza para tener acceso a la página de datos generales del proceso, para transmitir y recibir datos a través de la pantalla de control y para saber a través de las alarmas en que parte de la línea ocurre alguna falla. Está diseñada para mostrar la hora y fecha de la falla.

Dispone de teclas de función que se observan a continuación en la tabla 19.

Tabla 19. Teclas de función de la consola

TECLAS ASOCIADAS	FUNCION
ENTER	Validar selecciones o datos introducidos y reconocimiento de las alarmas.
MOD	Editar páginas, contraseñas y campos.
ESC	Cancelar datos introducidos y suspender o detener una acción en curso.
SHIFT	Acceder a una determinada función a las teclas.
MENU	Acceder a un menú con las funciones de explotación.
HOME	Volver al punto de entrada del menú actual. Ejm. Volver a al primera página de aplicación.

Las teclas flecha permiten cambiar de página en un menú, desplazarse por una página, seleccionar un valor de un dígito, seleccionar un valor en una lista de elección.

En este proyecto se utilizó un modelo sencillo de consola con 32 caracteres por línea de 4 líneas visibles por página, con fondo de pantalla fluorescente con valores con caracteres en color negro y no admite funciones gráficas.

El programa introducido en la consola, o panel operador, asociado al programa de control introducido en el PLC puede observarse en el Anexo 11.

V.6 ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN

En esta sección se describen los requerimientos para la realización de los trabajos de montaje y construcción y todo lo referente a la instalación del nuevo sistema de control.

V.6.1 Cableado para llevar la señal de la sonda al PLC

Como primer paso se desactivó la potencia en toda la línea.

Se utilizó un cable apantallado, ya que este está especialmente diseñado para evitar que las señales que lleva sean distorsionadas debido a los campos magnéticos que puedan alterarlas. Cada cable está constituido por tres cables internos los cuales se distribuyeron de la siguiente manera:

- 2 cables por cada rotante uno para la temperatura y otro para la humedad.
- Un cable de tres cables corresponde a entrada de temperatura (PV), salida de control de temperatura (OUT), y puesta a tierra igualmente para la humedad, entrada de humedad (PV), salida de control de humedad y puesta a tierra.

Se midió el cable desde el tablero de control dejando una parte de longitud para la canalización, en total se midió para los cuatro rotantes.

Activando tablero principal de potencia se energizó la línea y se comprobaron los voltajes en las conexiones.

V.6.2 Comprobación de la señal

Se verificó luego la correcta señal de PV que va desde la sonda hasta la consola. Por ello se colocó un termómetro electrónico dentro del rotante con gasa mojada y sin gasa para conocer la temperatura de bulbo húmedo y de bulbo seco. Luego se tomó nota de las temperaturas de bulbo húmedo y seco para comparar con los valores registrados en la consola. Para establecer una comparación entre estos valores se transformó el valor como se explicó en capítulos anteriores en una escala comprensible para la consola. Como esta señal entra al PLC y luego a la consola se debe llevar de una escala de 0-10000 para el PLC y luego la lectura se observará en la pantalla en °C para la temperatura y % para la humedad.

Finalmente se comprobó que la señal no era distorsionada y se reportaba correctamente en la consola.

V.6.3 Pruebas a los elementos finales de control

Luego de instalado el sistema de control se procedió a verificar la presión de salida del PLC, pasando por el transductor hasta los elementos finales de control.

En el tablero de control donde está ubicado el transductor están ubicados dos manómetros uno para la presión hacia la válvula y otro para la presión de apertura de las compuertas de salida de humedad los cuales no indicaban el mismo valor en la pantalla de control. En el sistema reemplazado la presión para abrir la válvula estaba en un rango de (0-15) psi y para que el pistón moviera las compuertas manejaba un rango de (0-15) psi; todas estas presiones indicadas por los respectivos manómetros ubicados en el panel externo al los rotantes. En el sistema instalado se realizó una calibración llevando esta presión leída en los manómetros a los rangos mostrados por la consola, comprendidos en rango de (3-15) psi para apertura de la válvula y de (9-15) psi para la apertura del pistón.

Prueba de señal para la válvula de control: colocando el controlador en manual en el estado 0, se procedió a la apertura manual de la válvula y se comparó este valor con el del valor del manómetro correspondiente a la válvula.

Lo mismo se hizo para la prueba de apertura del pistón. En total se tomaron 10 valores comparativos que coincidían perfectamente para la válvula y para el pistón, estos valores se ajustaron a través de una relación lineal, ajustada por una recta de ecuación:

$$Y=1,25X-2500$$

Donde:

Y = salida deseada indicada en el manómetro

X = salida del PLC sin corregir

Esta recta se basó en las escalas del PLC 0-10000.

V.6.4 Detalles de instalación por equipo

En la tabla que se muestra a continuación se indican los detalles generales para la instalación de los elementos del PLC

Tabla 20. Detalles de instalación de equipos

NOMBRE	ESPECIFICACIONES DE INSTALACIÓN
Módulos de Ventilación	Se necesitan tornillos con arandela imperdible y cabeza hexagonal con ranura.
Rack	Para instalar los conectores en el cable se necesita una pinza pelacables, 1 par de tijeras y cable con extremos libres.
Módulo de alimentación	El módulo de alimentación debe colocarse obligatoriamente en la primera posición del rack
Procesador (CPU)	Ocupa obligatoriamente la posición siguiente al módulo de alimentación.
Módulos de entradas/salidas digitales	Fijación con tornillos
Base Telefast	Fijación con tornillos
Módulos de entradas/salidas analógicas	La conexión se realiza mediante un cable blindado con una longitud de tres metros equipado en ambos extremos con conectores tipo SUB-D
Módulos de entradas/salidas analógicas	Fijación con tornillos
Sonda Rotronic	Es importante que el transmisor este montado en un lugar cuyo clima sea representativo de el ambiente a ser controlado. La humedad relativa depende en mucho de la temperatura. Por lo que es importante que las mediciones obtenidas estén libres de influencias indeseables de temperatura. Los lugares típicos donde el el transmisor no debe ser montado son en las paredes externas de un edificio, sobre radiadores de calentamiento, bajo la luz solar ó cerca de ventanas y puertas. En las paredes internas de de edificios, pilares, etc. pueden ser sitios ideales.

CAPITULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para este proyecto todos ellos referidos al primer secador, ya que para hacer el control en el resto de los secadores se necesitaba más memoria disponible dentro del CPU, por lo tanto al hacer el programa del primer secador se consumieron todas las memorias disponibles en el diseño de este sistema de control. Además es importante destacar que aunque se adquirió el nuevo CPU para completar la cantidad de entradas/salidas, no fue posible su instalación debido a que el software disponible no correspondía al nuevo equipo adquirido.

VI. 1 Comprobación de los cálculos para %HR (SP) y ΔT (PV)

Luego de realizar los cálculos para determinar los valores de %HR (SP) y ΔT (PV), se llevaron a un programa para ser introducido en el PLC así de esta manera poder observar en pantalla éstos valores. Para comprobar que efectivamente este programa realizaba un cálculo correcto, como se mostró en la figura 76, se hizo una corrida a través de una tabla de animación ya que los valores de SP pueden modificarse bien sea desde la consola (pantalla de control) o desde la misma tabla de animación.

Los valores para establecer la comparación se muestran en la tabla 21 señalando la variable asociada y los valores obtenidos en las ecuaciones presentadas en el Anexo 5.

Tabla 21. Cálculo de SP de %HR a partir de T_{BS} (SP) y ΔT (SP)

Cálculo de %HR (SP) a partir de T_{BS} (SP) y ΔT (SP)			
Cálculo	Variable	Valor de la ecuación	Valor en el PLC
T_{BS}	%MF155	59,1	59,1
ΔT	%MF157	17,6	17,6
T bulbo húmedo	%MF159	41,5	41,5
P vap (Pa)	%MF165	7987,38	7987,242
H saturación	%MF167	0,0532	0,05322
H absoluta	%MF169	0,045	0,04506
Presión parcial de agua	%MF171	6836	6921,459
P vap (T_{BS})	%MF177	19108,4	19108,03
%HR	%MF179	35,7	36,22

Para comprobar los valores arrojados por el PLC en cuanto a PV ΔT y compararlos con las ecuaciones fue necesario forzar los valores ya que los valores para PV son los reales del proceso. Esto se hizo en una tabla de force y luego los demás valores se observaron en una tabla de animación como se mostró en la figura 77. En la tabla 22 se hace la comparación de éstos valores.

Tabla 22. Cálculo de ΔT a partir de T_{BS} (PV) y %HR (PV)

Cálculo de ΔT (PV) a partir de T_{BS} (PV) y %HR (PV)			
Cálculo	Variables	Valor de la ecuación	Valor en el PLC
T_{BS}	%MF127	59,1	59,1
%HR	%MF131	35,7	35,7
P vap (Pa)	%MF137	19108,4	19108,03
Presión parcial de agua	%MF139	6836	6825
Humedad absoluta	%MF141	0,045	0,04489
ΔT	%MF153	17,7	17,80

Como puede verse en la tabla 22 y en la tabla 23, los valores calculados a través de las ecuaciones psicrométricas coinciden, con diferencias de decimales, con los valores programados para estos cálculos en el PLC. Esto garantiza que el valor de %HR (SP) para realizar el control de la humedad por el PLC es correcto, así mismo

se garantiza que el valor calculado de ΔT (PV) mostrado en la consola es el valor real del proceso en ese instante. Además para verificar que estos valores correspondieran a la carta psicrométrica se comparó el punto hallado los valores calculados que se muestran en el Anexo 7.

VI.2 Prueba escalón del proceso

A través de la prueba escalón se determinarían los parámetros del controlador. Esta prueba se realizó haciendo un cambio en escalón para la temperatura con el antiguo controlador en manual y aumentando la presión de aire para abrir la válvula de control, como se explicó en el capítulo 7. Al tomar los datos se observó una gran oscilación de la curva, esto es debido a que el agua de calentamiento proveniente de la caldera no tiene una temperatura constante ya que el control para la misma es on-off, esto genera estas oscilaciones como se muestra en la figura 79.

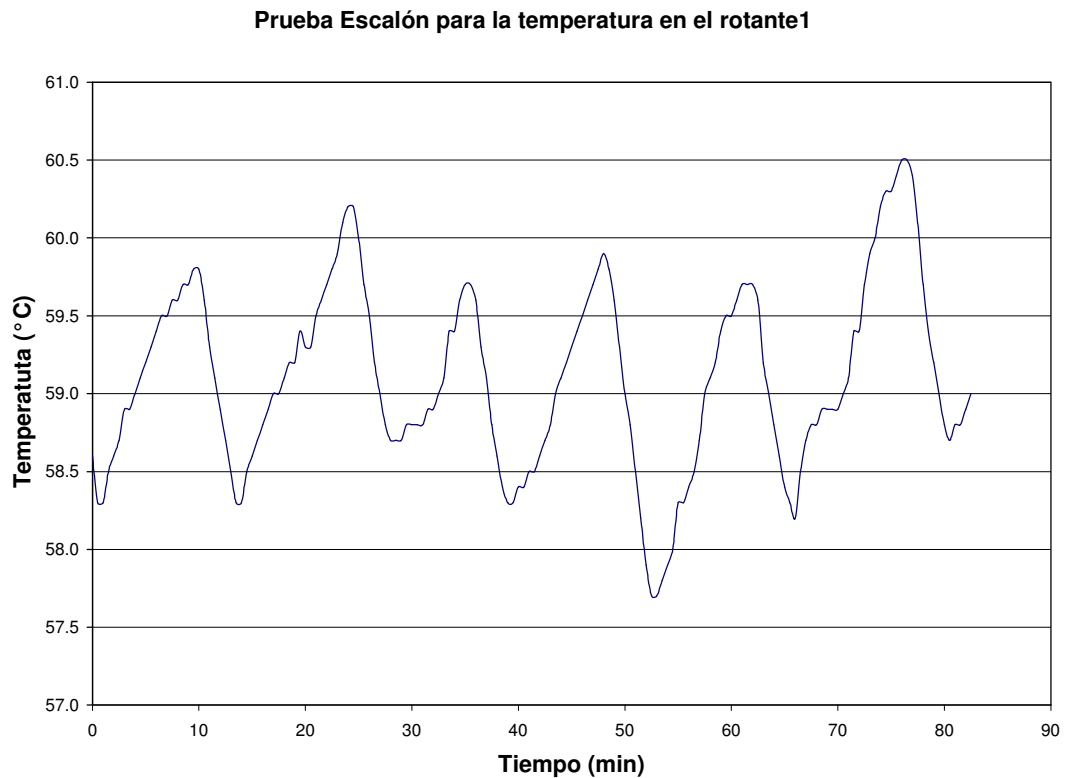


Figura 79. Respuesta ante un cambio en escalón para la temperatura en el rotante 1

En vista de lo anterior al programar la pantalla de control se colocaron los parámetros del controlador incluso el tiempo derivativo para que el operador pueda modificarlo cada vez que desee. Esto se hizo con la intención de hacer diferentes pruebas y así poder determinar los parámetros más apropiados para controlar lo mejor posible este proceso aunque el controlador PI no puede compensar la perturbación que ocasiona la temperatura de calentamiento debido al control on-off del calentador de donde proviene. Además, esta agua de calentamiento surte a otras líneas de producción siendo esto otro factor que afecta la temperatura que llega al intercambiador de calor del primer secador de la línea.

La prueba escalón no se pudo efectuar para el ΔT ya que como este valor es pequeño, al hacer la prueba con una variación apreciable se pondría en riesgo la producción.

VI.3 Respuesta del proceso ante el nuevo control

Como se explicó anteriormente no se pudieron determinar los parámetros del controlador, por lo tanto para ver el comportamiento de nuevo sistema de control se tomaron valores fijados experimentalmente para este proceso utilizado por el sistema de control de la línea número 1 de pasta corta. Esta línea tiene un sistema diferente de control pero también utiliza un controlador PI y además es importante destacar que esta línea posee un calentador de agua que controla la temperatura de salida haciéndola constante y este flujo de agua de calentamiento llega únicamente a esta línea.

Para realizar la prueba de la respuesta del proceso ante el control programado a través del PLC, se utilizaron los parámetros para el controlador PI anteriormente explicados.

Para comparar estos valores se tomaron datos del proceso antes de quitar el antiguo control los cuales mostramos en la figura 80.

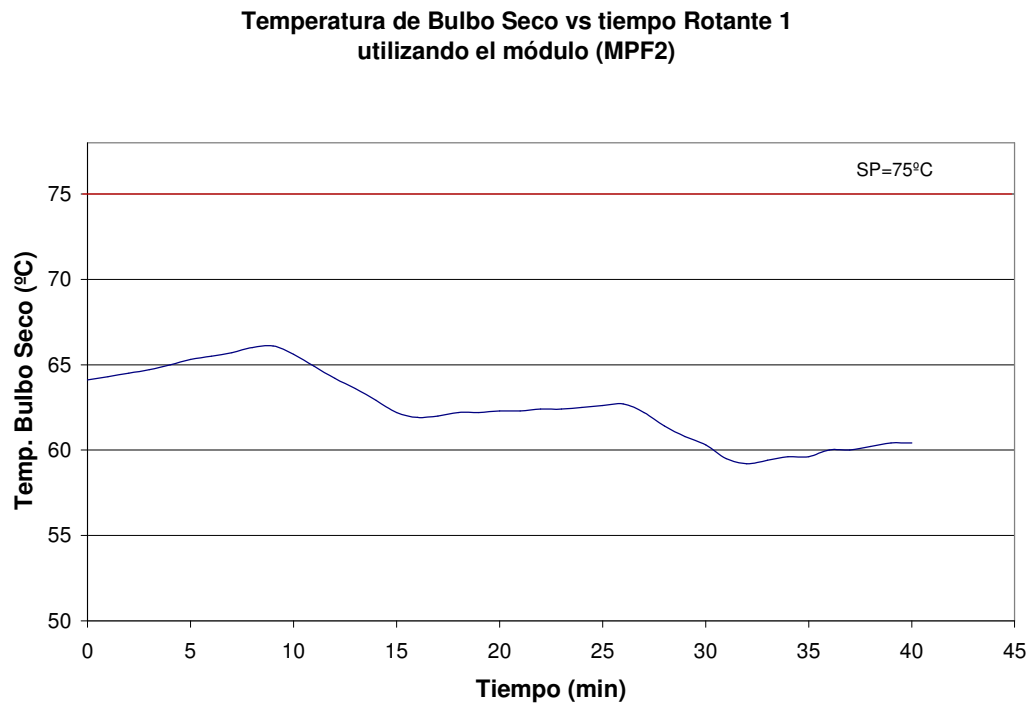


Figura 80. Comportamiento de la Temperatura del proceso (PV) utilizando el módulo MPF2 durante la producción para el rotante 1

Como puede verse en la figura 80 la temperatura esta bastante alejado del set-point y se aleja aún más a medida que transcurre el tiempo.

En la figura 81 podemos observar el comportamiento de ΔT del proceso con el antiguo control, para el rotante 1.

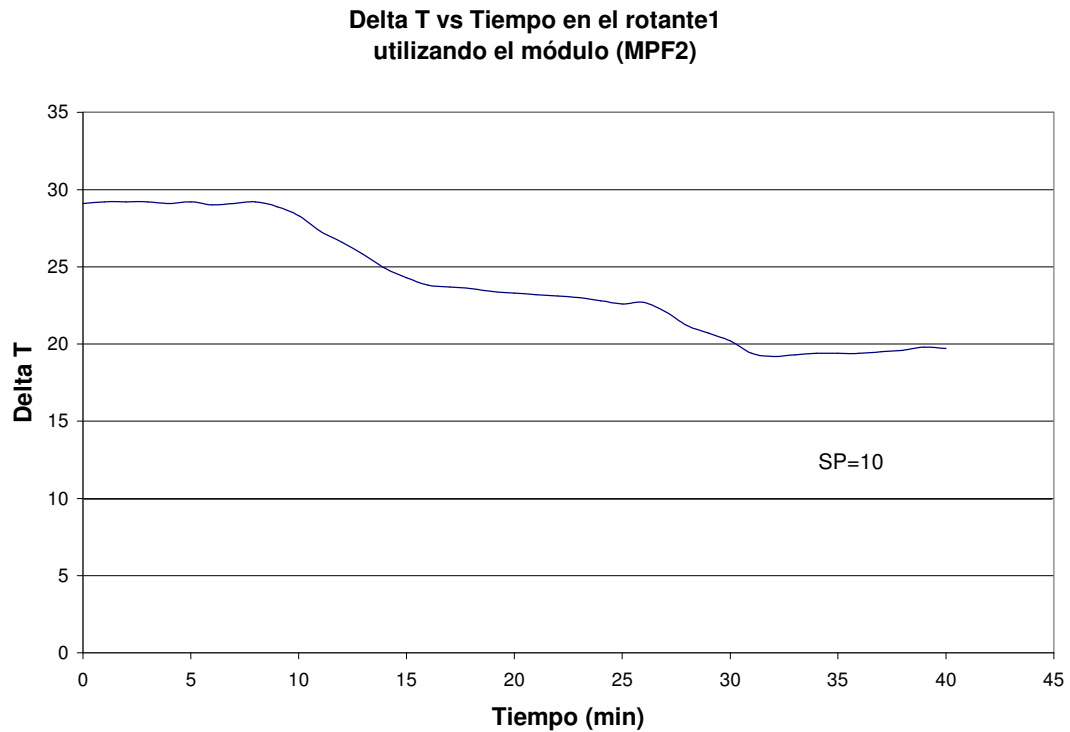
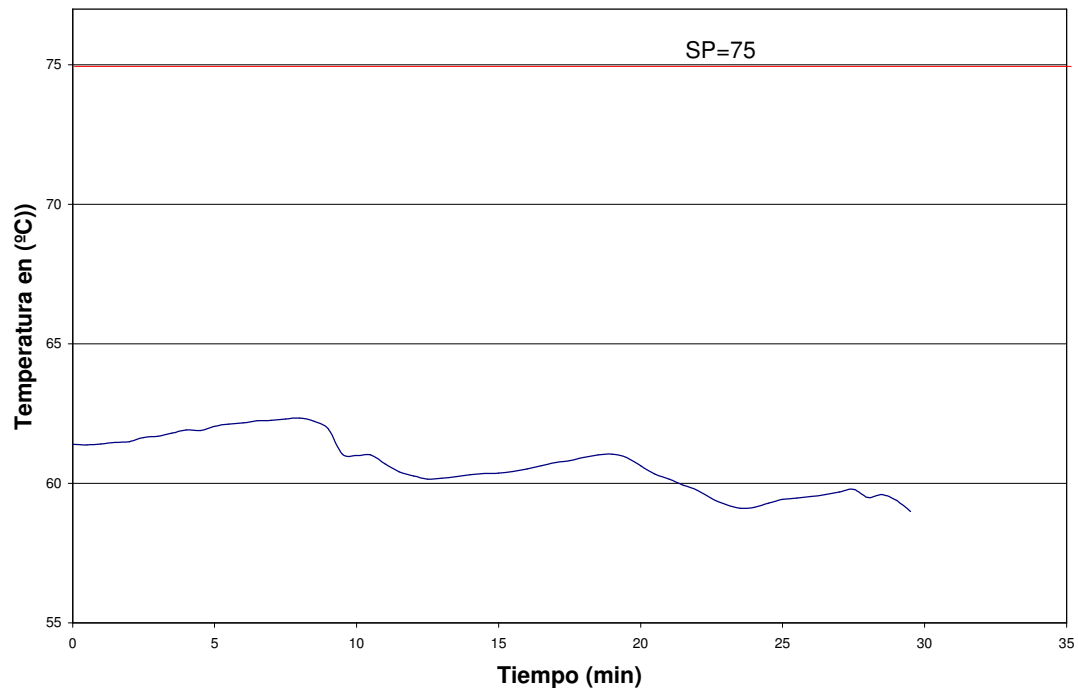


Figura 81. Comportamiento de ΔT durante el proceso (PV) utilizando el módulo (MPF2) para el rotante 1

Como podemos observar en la figura anterior la variable se acerca al set-point fijado aunque no llega a estabilizarse muy cerca de él.

Luego de instalado el nuevo sistema, para observar la respuesta del proceso ante el mismo se arrancó la línea para hacer una producción de pasta y así comprobar que realizara el control con pasta internamente en el rotante 1. Los resultados se muestran en las tablas 82 y 83.

**Temperatura (PV) vs tiempo en el rotante 1
con el nuevo sistema de control (PLC)**



**Figura 82. Comportamiento de la Temperatura del proceso (PV)
utilizando el nuevo sistema (PLC) durante la producción para el rotante 1**

Como puede observarse en la figura anterior el comportamiento es muy similar a la curva del antiguo control, esto es lógico ya que lo que se busca es el funcionamiento del control mediante el PLC para poder retirara los módulos que hacían el antiguo control. Además no se tiene un control más eficiente porque se utilizaron los mismos parámetros para el controlador que utilizaba el sistema antiguo.

Si establecemos una comparación entre la figura 80 y la figura 82, el nuevo sistema de control reproduce el comportamiento dela temperatura del antiguo sistema pero no la acerca al set-point.

Ahora observaremos el comportamiento del ΔT para el nuevo sistema de control implementado utilizando el PLC, en la figura 83.

**Delta T (PV) vs tiempo para el rotante 1
utilizando el nuevo sistema de control (PLC)**

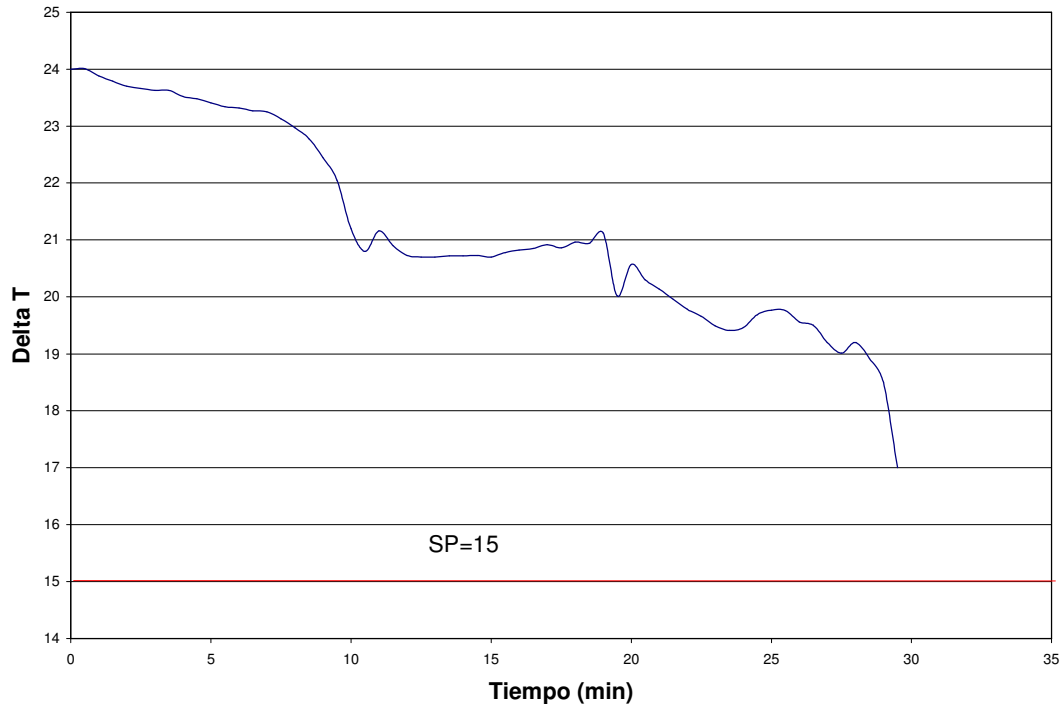


Figura 83. Comportamiento de ΔT durante el proceso (PV) utilizando el nuevo control (PLC) para el rotante 1

Como se puede observar en la figura 83 el ΔT se acerca más al set point que con el antiguo sistema de control (figura 81).

Las respuestas oscilatorias de las variables temperatura y humedad se atribuyen a la temperatura del agua de calentamiento para el secado de la pasta, además se debe resaltar que la acción integral produce respuestas oscilatorias y reduce la estabilidad del sistema, por lo tanto se recomienda realizar distintas pruebas variando los parámetros del controlador PI de cada variable a controlar para ver cuales son los más convenientes e incluso probar con un controlador PID y ver el comportamiento del sistema.

Es importante destacar que para tomar los datos del nuevo control fue necesario hacerlo a través de una pantalla de animación ya que como se explicó en capítulos

En la figura 84 podemos ver la pantalla de animación para el nuevo control.



146

Tabla 23. Parámetros del controlador PI para el control de la temperatura y el control de la humedad para el primer rotante

Temperatura		Delta T (ΔT)	
SP	75 °C	SP	15
K	250	K	-650
τ_I	20	τ_I	20
τ_D	0	τ_D	0

La acción del controlador está directamente relacionada con la acción de falla de la válvula en el lazo de temperatura, la válvula es ATO (aire para abrir) falla cerrada (FC):

$$T(t) \uparrow \quad \text{válvula} \downarrow \quad \text{OUT} \downarrow \quad \Rightarrow \text{ACCIÓN INVERSA}$$

De la misma manera ocurre para el pistón

$$\text{HR}(t) \uparrow \quad \text{válvula} \downarrow \quad \text{OUT} \downarrow \quad \Rightarrow \text{ACCIÓN INVERSA}$$

VI.4 Respuesta de los elementos finales de control

Durante la prueba de comportamiento del nuevo sistema de control se observó la respuesta de los elementos finales de control, la válvula de control para la temperatura y el pistón para la salida de humedad.

En la figura 85 se observa la respuesta de la válvula de control (OUT) desde el inicio de la producción en el primer rotante respecto al tiempo.

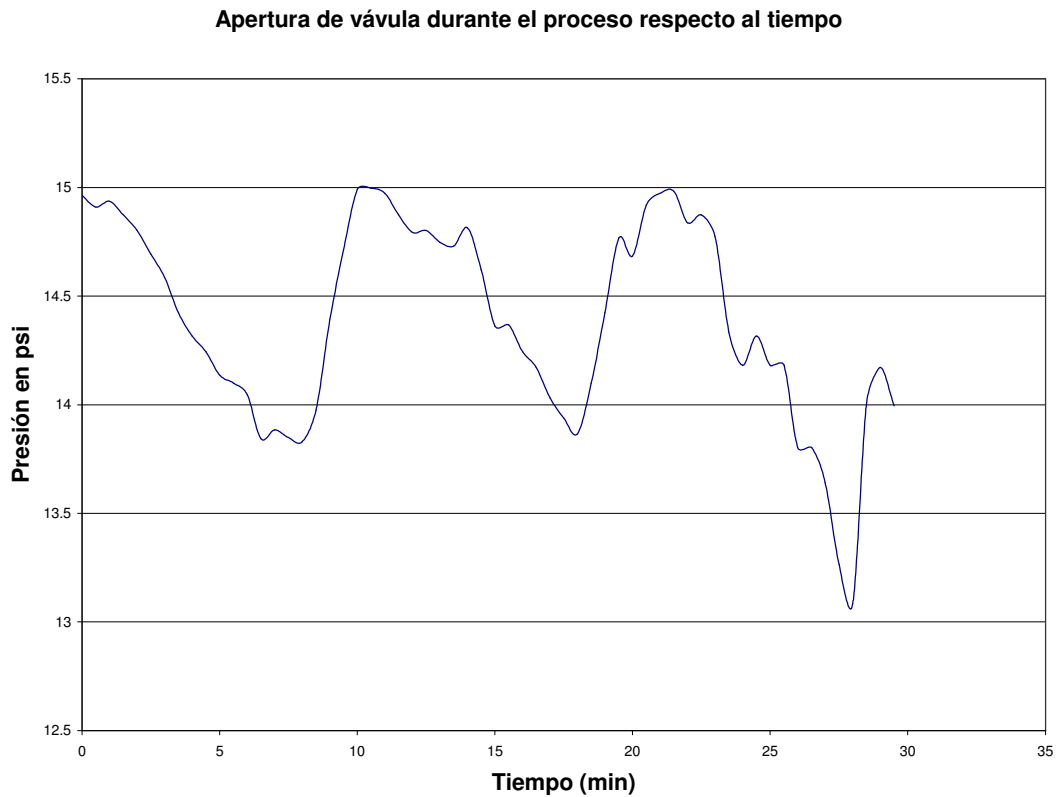


Figura 85. OUT de la válvula de control para la temperatura en el rotante 1

Como se puede observar la válvula comienza a abrir para que aumente la temperatura y así tratar de llegar al set-point, a medida que transcurre el tiempo va aumentando la presión de salida para abrir la válvula (OUT).

En la figura 86 se observa la salida (OUT) del controlador hacia el elemento final de control que es el pistón para la apertura o cierre de las compuertas de salida de humedad.

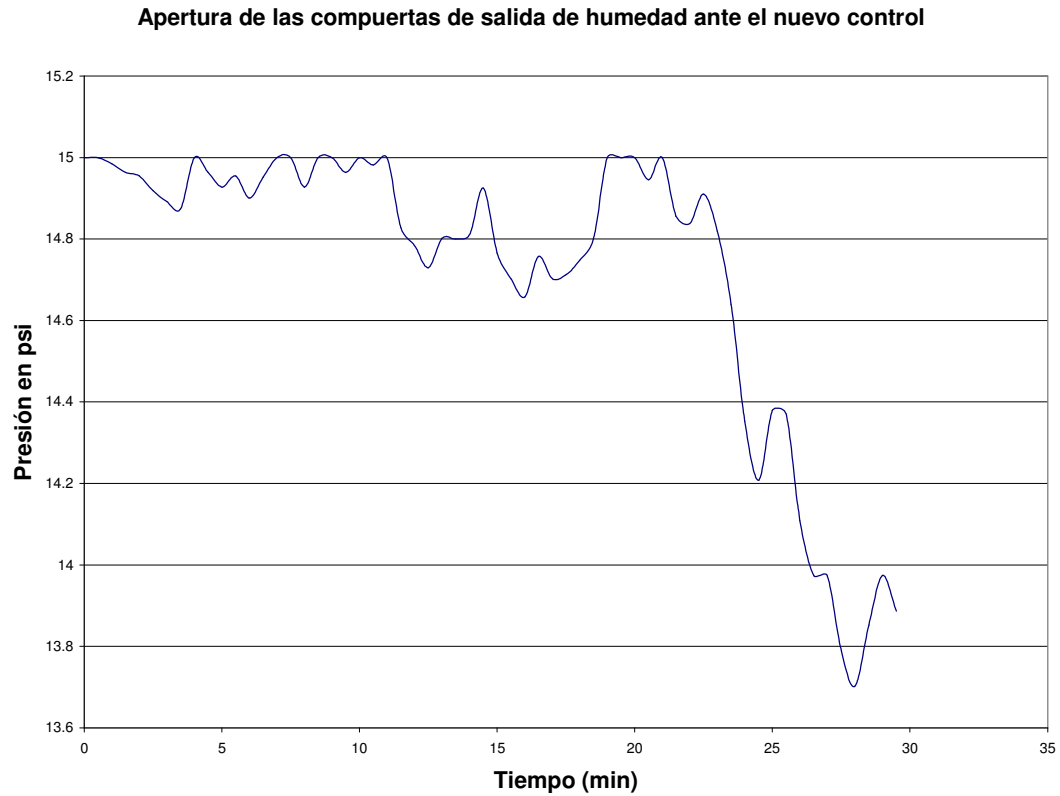


Figura 86. OUT hacia el pistón para el control de la humedad en el rotante 1

Como se observa en la figura anterior la salida de presión del controlador hacia el pistón se va modificando a medida que transcurre el tiempo buscando acercarse al valor del set-point introducido por el operador.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta parte se establecen las conclusiones del proyecto en función de los resultados obtenidos, además se dan algunas recomendaciones para mejorar el sistema de control instalado.

- El programa elaborado para los cálculos del ΔT (PV) muestra en pantalla el valor correcto del proceso en tiempo real.
- El valor calculado por el programa, según las ecuaciones programadas para que el controlador tome el valor de %HR (SP), es el correcto y el programa funciona perfectamente.
- Al programar las ecuaciones para los cálculos se deben hacer las transformaciones pertinentes para cada valor manejado [números reales, entradas tipo palabra, palabras tipo bit, etc].
- Se debe tomar en cuenta el solapamiento entre las variables, es decir, se deben dejar espacios entre cada variable aproximadamente de 2 para no alterar ninguno de los valores de las mismas.
- Antes de programar el software se debe conocer el número de variables que maneja el CPU que se va a utilizar, el número de palabras disponibles, y la memoria en K palabras, para garantizar que se puedan programar todas las aplicaciones requeridas.
- El sistema de control actual se comporta de manera similar al antiguo sistema de control aunque en el nuevo el valor de ΔT tienden a acercarse al set-point más que el valor del sistema antiguo.
- El programa para la pantalla de control establece una perfecta comunicación con el PLC.

- En el nuevo sistema de control la presión de aire para apertura de la compuerta es de (9-15) psi y la presión para abrir la válvula de control está comprendida de (3-15).
- Los parámetros del PI fueron tomados del sistema de control PI de la línea 1 que es de pasta corta, en vista de que los valores no se pudieron calcular a través de la prueba escalón del proceso.
- La prueba escalón arrojó una curva que no cumple con el comportamiento de la curva de respuesta esperada, ya que es requisito indispensable que no entren perturbaciones al sistema durante la misma y como se explicó el sistema de calentamiento del agua para el secado es on-off y esta perturbación no puede ser compensada por el controlador PI programado.
- Se debería hacer un control continuo para la temperatura de salida del calentador que surte el agua de calentamiento a la línea de producción para evitar las oscilaciones en el valor de PV de temperatura y así obtener un mejor control del proceso.
- Se deben hacer pruebas experimentales para encontrar los valores más apropiados que hagan el control lo mejor posible a pesar de las perturbaciones.
- El sistema nuevo posee la ventaja sobre el antiguo que en una misma pantalla de control pueden observarse los parámetros con solo presionar la flecha bajar para ver todos los valores.

BIBLIOGRAFÍA

1. BLANCO BERENICE. “*Control de Procesos*”. Guías II, III, IV y V. Abril 2001.
2. CCII Inform. “¿Qué es un PLC?”. Abril 2002. www.intec.edu.do
3. Ciencias Místicas. Electrónica y Tecnología. “Los PLC o autómatas programables”. www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/electricidad/plc
4. FAVA. “Manual Impianti per pastifici”. Elaborado por FAVA S.p.A. 1985 Italia.
5. Grupo Tecnológico Maser. “Curso Básico de Autómatas Programables”. www.grupo-maser.com
6. PERRY. “Manual de Ingeniero Químico”. Mc Graw Hill. Tomos III y IV.
7. Rodríguez R. Francisco. “Los PLC: el bello encanto”. División de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Control. Boletín Informativo Enero 1998. México DF, año 2, n° 1. www.intec.edu.do
8. SMITH, Corripio. “Control Automático de Procesos”. Editorial Limusa. México, D. F.
9. TERYBAL, Robert. “Operaciones de transferencia de masa”. Editorial M^c Graw Hill. 1988, pp (247-270).
10. Ubiria M. Marcos. “Que es un PLC y sistema SCADA-MMF”. www.euskalnet.net/m.ubiria/articulos.htm

11. Vallejo Horacio D. "PLC los Controladores Lógico Programables". *Saber Electrónica*, N°126, edición 12/11, pag 5-13. México 1999.
12. Vallejo Horacio D. "Curso de Autómatas Programables". *Saber Electrónica*, N°127, edición 12/12, pag 5-13. México 1999.
13. Vallejo Horacio D. "Comparación del PLC con otras Tecnologías y Componentes del PLC". *Saber Electrónica*, N°129, edición 2/13, pag 77-79. México 1999.
14. Vallejo Horacio D. "El Sistema de Entrada/Salida de un Autómata". *Saber Electrónica*, N°132, edición 13/5, pag 57-60. México 1999.

A N E X O S

ANEXO 1. Tabla de Mollier utilizada por el Módulo MPF2.

**ANEXO 2. Diagrama de Instrumentación DTI para el
Sistema MPF2 suministrado por la empresa.**

**ANEXO 3. Hojas de Simbología Eléctrica suministrada por
la empresa para la interpretación de los planos eléctricos**

ANEXO 4. Hojas de descripción de estrategias de control bajo la nomenclatura SAMA.

**ANEXO 5. Cálculos psicrométricos para la
determinación de $\dot{A}T$ (PV) y %HR (Set Point)**

**ANEXO 6. Tabla de relaciones psicrométricas para el
sistema aire-agua.**

**ANEXO 7. Gráfica de verificación de los valores calculados
a través de una carta psicrométrica.**

ANEXO 8. Planos eléctricos actualizados.

**ANEXO 9. Lista general de Entradas / Salidas para la
línea de producción.**

ANEXO 10. Programa introducido en el PLC para el control de la temperatura y la humedad relativa.

ANEXO 11. Programa de interconexión entre las variables del PLC y la Consola (Pantalla de Control).

ANEXO 12. Vista aérea de la planta Pastas Capri C.A.

**ANEXO 13. Vista aérea de la línea numero 3 de
producción de pasta corta**

**ANEXO 14. Vista lateral de la línea número 3 de
producción de pasta corta.**