




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 



DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE FORMACIÓN PARA POTENCIAR EL USO DE LAS HERRAMIENTAS TIC EN LA APLICACIÓN DE LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

2018-1-ES01-KA202-050709

Control del Sistema Autónomo

Pautas para el TUTOR

Autores: INRAE

Fecha: Feb 2021

Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente la opinión del autor, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Contenido

1	Objetivos	2
2	Instrucciones para el Tutor	2
3	La base del control de los sistemas automatizados	2
3.1	Sistemas de control de todo o nada	2
3.2	Álgebra Booleana	3
3.3	Lógica Difusa	6
3.4	Lógica Secuencial.....	8
3.4.1	Sistemas de control de lazo abierto.....	8
3.4.2	Sistemas de control de lazo cerrado.....	8
3.4.3	Principio de control PID	9
4	Aplicaciones a los esparcidores de fertilizantes.....	10
4.1	Las bases del control de la aplicación de fertilizantes.....	11
4.2	Primer nivel de control: reducción del offset de la dosificación.....	13
4.3	Segundo nivel de control: evitar la variabilidad.....	14
5	Aplicación a Abonadoras Orgánicas.....	15
6	Enlaces Relacionados	16

1 Objetivos

Los objetivos de esta lección son:

- Dar una visión general de las diferentes formas de control de un Sistema Automatizado
- Comprender los conceptos de lazo abierto, lazo cerrado y controlador PID
- Comprender las reglas de control en el caso de un fertilizante o esparcidores de estiércol

2 Instrucciones para el Tutor

Esta es una lección de 2h en presencia. Esta presentación llevará al asistente a obtener una descripción general del control de los sistemas automatizados (AS) con una visión de los esparcidores de fertilizantes y estiércol.

3 La base del control de los sistemas automatizados

Diapositiva 3 del documento *5.3 Lección control.pdf*.

Esta diapositiva es una representación esquemática de un sistema automatizado que ya se mostró en la lección anterior. La parte de control es el “cerebro” del AS tomando información tanto del operador a través del MMI como de los sensores de la parte operativa. La parte de control comandará entonces a la parte operativa a través de actuadores.

La diapositiva 4 del documento *5.3 Lección control.pdf* introduce 4 niveles diferentes de control desarrollados en esta presentación:

- Sistemas de control todo o nada
- Control de bucle abierto
- Control de bucle cerrado
- Principio del controlador PID

3.1 Sistemas de control de todo o nada

La diapositiva 5 del documento *5.3 Lección control.pdf* introduce el concepto de lógica binaria que es el concepto central de los sistemas de control de todo o nada. Usando el ejemplo de un recipiente (con fugas) lleno de agua, la idea es mantener el nivel del agua entre los niveles mínimo y máximo (usando detectores de nivel). La válvula que alimenta el sistema con agua que solo

puede estar completamente abierta (estado 1 u ENCENDIDO) o completamente cerrada (estado 0 u APAGADO), ilustrando el concepto de lógica binaria. Una forma conveniente de representar las diferentes situaciones es una tabla de resolución donde se define el estado del sistema (válvula) considerando el estado de los 2 detectores.

La activación de la válvula solo es posible cuando el detector de nivel máximo es 1 cualquiera que sea el estado del detector de nivel mínimo (de hecho, este detector de nivel mínimo podría eliminarse...).

Diapositiva 6 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Aquí se presenta otro sistema de todo o nada con una cerradura de puerta. Se necesitan dos puertas para entrar al edificio. La segunda puerta solo se puede abrir después de cerrar la primera puerta. Ambas puertas están equipadas con botones de control ubicados a ambos lados de las puertas que tienen 2 posiciones (0 o 1). Las cerraduras de las puertas también tienen 2 posiciones (0 o 1). El sistema se completa con un controlador y una fuente de alimentación.

Diapositiva 7 del documento *5.3 Lección control.pdf*

El proceso es el siguiente:

Paso 1: ambas puertas están cerradas y ambas cerraduras están activadas.

Paso 2: Se activa el botón 1 que desactiva la cerradura 1: Se abre la puerta 1

Paso 3: Cuando la Puerta 1 se cierra, un sensor de posición de la puerta activa la Cerradura 1

Paso 4: Cuando se activa el botón 2, Lock2 libera Door2.

Paso 5: Cuando la Puerta 2 se cierra, el segundo sensor de posición de la puerta activa el bloqueo 2.

Si un botón se activa en el orden apropiado (por ejemplo, el botón 2 en el paso 3 o el botón 1 en el paso 4), el sistema no reacciona.

La tabla de resolución ilustra este proceso combinatorio. El proceso opuesto (de la Puerta 2 a la Puerta 1) se puede discutir con los participantes.

3.2 Álgebra Booleana

Diapositiva 8 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Los sistemas de todo o nada (AON) se basan en lógica binaria que utiliza componentes combinatorios (2 estados).

Se da un ejemplo con los botones relacionados con un interruptor:

Un interruptor normalmente abierto (N/O o NO) significa que el interruptor está abierto cuando se suelta el botón y se cierra automáticamente cuando se activa el botón.

Un interruptor normalmente cerrado (N/C o NC) se cierra cuando se suelta el botón y se abre automáticamente cuando se activa el botón.

Estos dos interruptores tienen ventajas complementarias:

Se puede usar un interruptor NO como botón de puerta o el sensor de puerta como un interruptor NC se puede usar como botón de seguridad que abre la alimentación eléctrica) o como sensor final.

La diapositiva 9 del documento *5.3 Lección control.pdf* ilustra diferentes tipos de interruptores NO/NC que se pueden activar manualmente o eléctricamente con una bobina. Los interruptores también pueden tener una posición no permanente, ya que generalmente se usa un resorte para liberar automáticamente la posición cuando se libera la acción en el botón.

Por razones prácticas, todos los componentes se pueden representar con símbolos normalizados de EN 60617-7.

Diapositiva 10 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La lógica binaria permite la combinación de componentes para funcionalidades más o menos complejas. En este propósito, se utilizan puertas y se caracterizan por entradas, salidas y una acción combinatoria de la puerta.

Se puede dar una representación práctica de una puerta AND con dos interruptores, conectados en serie. Ambos interruptores deben activarse para alimentar la luz con electricidad. La tabla de resolución ilustra los diferentes estados de entradas y salidas. Se pueden encontrar diferentes símbolos para representar una puerta AND.

Se da una representación práctica de una puerta OR con dos interruptores montados en paralelo. En este caso, la bombilla se activa cuando uno o los dos interruptores están activados.

Una tercera puerta que se encuentra comúnmente es una puerta NO para la cual la salida siempre es opuesta a la entrada.

La combinación de entradas/salidas se rige por el álgebra booleana: una puerta AND es como la multiplicación entre (0 y 1); como una puerta OR es como una suma o 0 y 1.

Diapositiva 11 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Las puertas AND y NO u OR y NO se pueden combinar para dar puertas NAND (combinación en paralelo de interruptores NC) y NOR (combinación en serie de interruptores NC).

Diapositiva 12 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Se pueden definir puertas adicionales al excluir la posibilidad de tener resultados similares al activar uno o los interruptores y ambos interruptores. Esta exclusión conduce a la definición de puertas XAND y XOR. Una puerta XOR normalmente se encuentra con un interruptor de 2 vías (se usan 2 interruptores con posición permanente). XNOR también se denomina "coincidencia", la activación de la salida solo es posible cuando ambas entradas están en un estado similar.

Diapositiva 13 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Ilustra otro ejemplo en el que se puede utilizar la lógica binaria para controlar un proceso de embotellado. Primero, se sugiere describir los 4 procesos unitarios e imaginar cómo controlar cada uno de ellos usando interruptores, sensores y actuadores (válvulas, arietes, etc.)

Ejemplo

Proceso Unitario	Funciones	A controlar	Sensores	Actuadores
Llenado	Llenar la botella hasta el límite	Nivel en la botella	Sensores de Volumen, Nivel, Posición	Válvula
Taponamiento	Insertar un tapón hasta el límite	Posición y distancia dentro de la botella	Posición, fuerza	Pistón neumático
Cobertura	Insertar la tapa en el	Posición y distancia	Posición, fuerza	Pistón neumático

	lugar correcto	alrededor del cuello de la botella		
Etiquetado	Coloque una etiqueta en el lugar correcto	Posición en la botella	Posición	Rollos, pistones

En segundo lugar, el vínculo entre procesos unitarios se puede desarrollar utilizando sensores de posición (por ejemplo, una barrera de luz o un sensor de posición, etc.)

Diapositiva 14 del documento 5.3 Lección control.pdf

Los sistemas binarios pueden volverse complejos rápidamente cuando se combinan muchos componentes (sensores, actuadores). Entonces es necesario reducir el número de puertas usando algunas leyes de lógica binaria que son la base del álgebra booleana:

- Conmutatividad: el orden de las entradas de la puerta no modifica el resultado:

ex. $3+2 = 2+3$; $3 \times 2 = 2 \times 3$

- Asociatividad: cuando se utiliza el mismo operador entre varias entradas, no hay predominio de una asociación específica: ej: $3 \times (2 \times 4) = (3 \times 2) \times 4$

- La distributividad de la multiplicación sobre la suma permite convertir un producto de sumas (o diferencias) en una suma (o diferencia) de productos.

Ej: $5 \times (1+3) = 5 \times 1 + 5 \times 3$ o $5 - (1 \times 3) = (5-1) \times (5-3)$

- Idempotencia: denota un elemento de un conjunto que no cambia de valor cuando se multiplica o se opera sobre sí mismo.

- Absorción: para este ejemplo, reemplace + por OR y x por AND

- Involución

Diapositiva 15 del documento 5.3 Lección control.pdf

El álgebra booleana más compleja se conoce como el teorema de De Morgan, que se usa ampliamente para resolver ecuaciones booleanas complejas en electrónica.

Muchos sitios web proponen información adicional sobre el teorema y las leyes de De Morgan.

Ej: <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-7/demorgans-theorems/>

3.3 Lógica Difusa

Diapositiva 16 del documento 5.3 Lección control.pdf

La lógica binaria es conveniente para controlar sistemas automatizados pero, a veces, las cosas son como tonos de gris en lugar de blanco y negro...

La lógica difusa se desarrolló para administrar y controlar dichos sistemas automatizados con un mayor nivel de incertidumbre.

Diapositiva 17 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La situación binaria se explica por el punto rojo y la curva escalonada muestra el color en función de la posición a lo largo de la matriz.

En el caso de las lógicas difusas, la intensidad del verde es variable según la posición; la curva no es un escalón sino una pendiente.

Diapositiva 18 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Otra forma de ilustrar conceptos de lógica difusa es a través de la evolución de distintas variables en una misma escala: aquí las variables son “sensaciones” y la escala es un valor cuantitativo. A veces, la distinción entre frío y tibio o entre tibio y caliente es muy incierta. La lógica difusa utiliza dichos diagramas para controlar sistemas automatizados en condiciones inciertas.

Diapositiva 19 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Aquí se da un ejemplo de aplicación con la detección de vegetación en imágenes (aplicación de detección de malas hierbas, por ejemplo). En este caso se consideran 2 variables como insumos: la cobertura de maleza (% de superficie cubierta) y la extensión del parche de maleza. Cada variable está definida por funciones de pertenencia. Como salida, la aplicación de herbicidas también se rige por lógicas difusas basadas en una combinación de variables anteriores.

Diapositiva 20 Noción de sistema de inferencia

Se pueden encontrar muchos ejemplos adicionales:

Harpreet Singh, Madan M. Gupta, Thomas Meitzler, Zeng-Guang Hou, Kum Kum Garg, Ashu M. G. Solo y Lotfi A. Zadeh, 2013. Aplicaciones de la lógica difusa en la vida real. Avances en Sistemas difusos, volumen 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/581879>

Diapositiva 21 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La integración de un FIS requiere varias operaciones:

Módulo de fuzzificación: transforma las entradas del sistema, que son números nítidos, en conjuntos borrosos. Esto se hace aplicando una función de fuzzificación. • Base de conocimientos: almacena las reglas SI-ENTONCES. • Motor de inferencia: simula el proceso de razonamiento humano haciendo inferencias borrosas sobre las entradas y las reglas SI-ENTONCES. • Módulo de defuzzificación: transforma el conjunto borroso obtenido por el motor de inferencia en un valor nítido.

3.4 Lógica Secuencial

Diapositiva 22 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La lógica secuencial representa una evolución de la lógica combinacional que incluye un “efecto memoria”. La salida no solo se define por el estado de las entradas, sino también por el reloj. En otras palabras, la salida depende de las entradas, pero también del paso anterior del proceso.

Diapositiva 23 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La lógica secuencial utiliza controladores para operar entradas y salidas.

3.4.1 Sistemas de control de lazo abierto

Diapositiva 24 del documento *5.3 Lección control.pdf*

El primer paso de la lógica secuencial es el Open Loop donde la entrada generará una salida de acuerdo con las reglas y configuraciones. La mayoría de los sistemas automatizados basados en el tiempo son circuitos abiertos: lavadora, tostadora...

En este ejemplo, la luz solo se controla de acuerdo con la luz natural, por lo que la luz artificial solo se usa cuando es necesaria.

Pero el límite de los sistemas de lazo abierto en este caso es que no se opera la retroalimentación del sistema controlado. Otro ejemplo práctico relacionado con el riego: un aspersor que solo se controla con un temporizador es un circuito abierto. Si se controla por la humedad del suelo, es un circuito cerrado.

3.4.2 Sistemas de control de lazo cerrado

Diapositiva 25 del documento *5.3 Lección control.pdf*

En el caso de Close Loop, hay una retroalimentación del sistema que se considera. En este ejemplo, el sensor de iluminación del plan de trabajo (WPI) está orientado hacia el plan de trabajo y NO hacia el sol. Luego, la luz artificial se controla de acuerdo con las condiciones reales de trabajo.

Diapositiva 26 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Es posible mezclar el tipo de lazo de control:

Los sistemas de control de lazo cerrado tienen en cuenta la información del sensor de iluminancia ya que la luz de control de lazo abierto solo se basa en información indirecta.

Diapositiva 27 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La complejidad de los sistemas controlados por lógica secuencial puede requerir una forma de describir el proceso a través de la definición de pasos, fases de transición y condiciones operativas (receptividad). Entonces es posible tener diferentes escenarios dependiendo de si las condiciones se cumplen o no.

Hablamos de SFC (Gráficos de Funciones Secuenciales). GRAFCET es un ejemplo de tal diagrama.

3.4.3 Principio de control PID

Diapositiva 28 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Los sistemas de circuito cerrado secuencial pueden requerir sistemas de control que se adapten al sistema en términos de reactividad y estabilidad. PID significa proporcional, integrado y derivado) los controladores se encuentran comúnmente en tales sistemas.

Producen diferente tipo de salida (variable medida MV) según la entrada (punto de consigna SP) mediante el cálculo de un error (e). Como se trata de un proceso secuencial, este error puede variar según el tiempo.

Diapositiva 29 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Los controladores PID asocian simultáneamente 3 niveles de corrección diferentes pero también se pueden encontrar correcciones simples (P, I o D) o gemelas (PI).

Diapositiva 30 del documento *5.3 Lección control.pdf*

En el caso del controlador P la corrección será proporcional al error considerando una ganancia denominada K_p . Pero un solo controlador proporcional puede implicar inestabilidad porque la corrección solo se activa cuando existe una diferencia entre MV y SP. Para sistemas más estables, la etapa de estabilidad puede requerir más tiempo. (Diapositiva 31 del documento *5.3 Lección control.pdf*) también muestran la influencia del valor de K_p en la estabilidad o el tiempo para alcanzar la estabilidad. K_p se definirá para un sistema dado.

La diapositiva 32 del documento *5.3 Lección control.pdf* muestra el segundo término que es una integral sobre el tiempo del error. Se puede representar por el área de superficie de la curva de error. Cuanto más dure el error en el tiempo más grande será el correctivo pero el riesgo de sobrepasar el setpoint también es alto (ver Diapositiva 33 del documento *5.3 Lección control.pdf*). K_i se definirá para un sistema dado.

Diapositiva 34 del documento *5.3 Lección control.pdf*. El último término es Derivado, lo que significa que considera la pendiente de la variación del error como referencia. Es un término más predictivo. K_d se definirá para un sistema dado.

Diapositiva 35 del documento *5.3 Lección control.pdf*. Cuando los 3 términos se encuentran en un controlador PID, actúan de forma complementaria. El video muestra la reacción del tiempo en función de los 3 valores constantes.

A veces, cuando el sistema es muy variable debido a la señal de alta frecuencia, un controlador PID no siempre es suficiente. En este caso, la sintonización de bucle puede integrar filtros de paso bajo.

4 Aplicaciones a los esparcidos de fertilizantes

Diapositiva 36 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Aquí se muestran los aspectos generales para una distribución de fertilizante precisa y optimizada. Para minimizar los impactos ambientales, la dosis de fertilizante i) deberá adaptarse a las necesidades de los cultivos objetivo* ii) deberá minimizar las pérdidas mediante el control de la sección de la barra y iii) deberá integrar los aspectos balísticos de acuerdo con la pendiente.

*el mapa aquí mostrado corresponde al mapa de aplicación donde se espera una dosificación constante. El sistema de control actuará principalmente en cabeceras y control de sección de barra. Se pueden encontrar otros casos en los que la aplicación de nitrógeno se puede adaptar a las necesidades

4.1 Las bases del control de la aplicación de fertilizantes

La diapositiva 37 del documento *5.3 Lección control.pdf* introduce el contexto general. Un mapa de prescripción resulta de la agregación de información de aplicaciones anteriores, mapas de análisis de suelos y un modelo agrícola adaptado al cultivo. Cualquier diferencia entre la prescripción y el mapa de aplicación posterior conducirá a dos situaciones principales: una dosis insuficiente puede implicar pérdidas de rendimiento (ingresos) mientras que una dosis excesiva puede provocar impactos ambientales y también pérdidas económicas.

Se supone que la técnica de aplicación opera con precisión el mapa de prescripción teniendo en cuenta la configuración interna del esparcidor y las características de los fertilizantes:

- El diseño del disco y las palas
- La velocidad de revolución del disco
- El ángulo de los discos con la horizontal.
- El caudal de fertilizantes
- Densidad y forma del fertilizante
- Punto de caída del fertilizante en el disco

La diapositiva 38 del documento *5.3 Lección control.pdf* presenta cómo el objetivo de la tasa de aplicación depende de las características intrínsecas del esparcidor, así como de factores externos. Los parámetros intrínsecos corresponden al cruce de:

- La “huella” del esparcidor: según los ajustes y las características del disco/cuchilla, la salida del esparcidor está representada por un patrón en forma de banana obtenido con una posición estática del esparcidor. Por lo general, esta huella representa una franja de una superficie de 1/3 de hectárea.
- El caudal “tamponado” significa que el caudal instantáneo no siempre es constante debido a efectos mecánicos/materiales. En el caso de los fertilizantes minerales, el flujo medido sigue el flujo objetivo, mientras que para los esparcidores orgánicos, el flujo de material es constante solo para una parte de la liberación de estiércol. Sin embargo, la ley de control se basa en un caudal objetivo constante.
- Cuando esta huella se desplaza dentro del campo y considerando la recuperación lateral y el control de la sección de la barra, se puede dibujar un mapa de aplicación.

Los factores externos que afectan la tasa de aplicación objetivo son

- El viento que puede afectar a la balística y la huella resultante
- La variabilidad del tipo de fertilizantes (orgánicos o minerales), forma, tamaño y densidad que afectan la huella y el flujo
- Los desniveles del campo que afectan balística y la huella
- La forma del campo que genera potencial sobredosificación o subdosificación.

Diapositiva 39 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Los esparcidores tienen que responder a dos problemas principales:

- La tasa de aplicación global deberá ser conforme a la dosis objetivo. La compensación global generalmente se debe a errores al determinar el caudal exacto.
- La variabilidad de la tasa de aplicación local se debe a las características de distribución cruzada y al error de flujo que genera una variabilidad cuando las capas se superponen (figura).

El diagrama muestra una distribución típica del error de dosificación de un esparcidor convencional.

Diapositiva 40 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Esta diapositiva muestra una representación esquemática de las funcionalidades de un esparcidor y dónde se puede necesitar un control.

1) Cajas negras: El mapa de prescripción se emite a partir de niveles anteriores y una información espacial proporcionada por un GPS) lleva teóricamente a la definición de 2 puntos de ajuste: la dosis y el ancho de trabajo.

Ambas informaciones son de referencia para la unidad de control. Esta CU se dedica principalmente al cálculo de la "ley" de dosificación

$$D = (Q \times L \times V) / 600$$

Donde:

D es el caudal (kg/min)

Q es la tasa de aplicación (kg/ha)

L es el ancho del esparcidor (m)

V es la velocidad (km/h)

2) Recuadros naranjas: el caudal (D) depende de la posición (apertura) de la trampilla del tanque que se va a calibrar (Acción). La ley de dosificación genera una posición de trampilla objetivo que se compara con la posición de trampilla actual proporcionada por un sensor de posición de trampilla. Este sistema de control también es capaz de reaccionar según la posición del GPS

3) Recuadros azules: El ancho de trabajo se debe calibrar (Acción) porque depende de la combinación de disco/cuchilla/fertilizante. Un ancho objetivo se define de acuerdo con la ley de aplicación y, si existiera, un sensor de ancho de trabajo puede corregir la configuración inicial. Esto sucede cuando se activa el control de la sección de la pluma del esparcidor

4) Cajas marrones: el último parámetro es la velocidad de avance que se establece y un sensor de velocidad está presente cuando se ejecuta la funcionalidad DPA (Débit Proportionel à l'Avancement - flujo proporcional a la velocidad de viaje).

4.2 Primer nivel de control: reducción del offset de la dosificación

La diapositiva 41 del documento *5.3 Lección control.pdf* introduce un primer nivel de control centrado en las compensaciones de dosificación de reducción.

Una acción de primer orden es controlar el caudal.

Son posibles dos formas a través de la medición del flujo de corriente y la posición de la trampilla.

- Es posible una ponderación global utilizando sensores de carga y un chasis doble. Esta solución existe en la mayoría de los esparcidores y es globalmente suficiente
- el peso se mide indirectamente a través de la medición del par mecánico en cada eje de disco.

Diapositiva 42 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Un parámetro de segundo orden es controlar la velocidad de viaje usando un DPA electrónico

Diapositiva 43 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Un parámetro de tercer orden es el ancho de esparcimiento

Diapositiva 44 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Un parámetro de cuarto orden es la distancia/posición en el campo

4.3 Segundo nivel de control: evitar la variabilidad

La diapositiva 45 del documento *5.3 Lección control.pdf* presenta cómo las innovaciones tecnológicas pueden permitir ofrecer funcionalidades de pulverizador a un esparcidor.

Un esparcidor tradicional se caracteriza por un caudal continuo y posible ajuste del ancho de trabajo. Cuando se caracteriza el patrón de esparcimiento, es posible agregar funcionalidades típicas de "pulverizador" como un control de sección de barra real. En la práctica corresponde a una modificación del patrón de esparcimiento.

La diapositiva 46 del documento *5.3 Lección control.pdf* explica el propósito de una sección de barra y los requisitos en cuanto a la medición del ancho de trabajo objetivo y el control del caudal. La figura presenta una primera simulación basada en la modificación online del caudal en función de la distancia (de 200m a 375 en este caso). El patrón de dispersión se mantiene igual (izquierda) pero se modifica la distribución transversal (derecha). El ángulo de cada disco se mantiene igual (abajo).

Diapositiva 47 del documento *5.3 Lección control.pdf*

En este caso, el control de la sección de la barra se obtiene con un ajuste del ancho de esparcimiento y se modifican los ángulos del disco derecho.

La diapositiva 48 del documento *5.3 Lección control.pdf* muestra un ejemplo comercialmente disponible del control de secciones de barra.

Diapositiva 49 del documento *5.3 Lección control.pdf*

El control del ancho de trabajo es de gran interés para la distribución de precisión. El ejemplo del sistema JUSTAX compuesto por sensores piezoeléctricos golpeados por los gránulos cuando son expulsados del disco. El resultado corresponde a una densidad de impactos según el ángulo. La modificación de la distribución del patrón según el ángulo se muestra con la animación. También se presentan distribuciones transversales equivalentes.

Diapositiva 50 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Otros fabricantes (por ejemplo, Kuhn, Amazone y Rauch con sensor de efecto Doppler) proporcionan sistemas de actualización similares.

Diapositiva 51 y Diapositiva 52 del documento *5.3 Lección control.pdf*

El control de la pendiente y del viento también es posible si se miden los ajustes básicos de la distribución, así como las condiciones externas (viento o pendientes). La diapositiva 51 se centra principalmente en la corrección de pendientes, mientras que la diapositiva 52 se centra principalmente en el control del viento lateral.

Diapositiva 53 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Es posible la integración de las necesidades espaciales (mapa de prescripción) para gestionar la dosis local óptima.

La diapositiva 54 del documento *5.3 Lección control.pdf* presenta mapa de error respecto a la prescripción cuando la aplicación es uniforme.

Diapositiva 55 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Muestra un ejemplo de transcripción del mapa de prescripción para cada disco y la diapositiva 56 del documento *5.3 Lección control.pdf* presenta el mapa resultante considerando la modulación izquierda y derecha de la dosis.

5 Aplicación a Abonadoras Orgánicas

Diapositiva 57 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Los esparcidores de fertilizantes orgánicos también están preocupados por el desarrollo de la aplicación de precisión. Aunque consideradas máquinas de baja tecnología durante muchos años, las mejoras tecnológicas están en curso para optimizar la distribución de materia orgánica. La mayoría de las máquinas modernas están equipadas con batidores verticales.

Diapositiva 58 del documento *5.3 Lección control.pdf*

La parte inferior del remolque se mueve para empujar la materia hacia los batidores, pero en comparación con un proceso teórico (pistón), el flujo real no es constante debido a la transferencia de materia hacia adelante. La curva verde corresponde a una máquina tradicional sin control. También muestra que el tiempo de vaciado es más largo en este caso. La curva naranja corresponde a una velocidad controlada de la mesa inferior que mejora la regularidad del caudal pero aún genera un tiempo de vaciado más prolongado. La curva azul corresponde a la situación en la que se controlan tanto la tabla inferior como una ponderación.

Diapositiva 59 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Se encuentran funcionalidades DPA para algunos fabricantes mejorando la homogeneidad del caudal en función de la velocidad de desplazamiento.

Diapositiva 60 del documento *5.3 Lección control.pdf*

Brinda algunas conclusiones que pueden ser discutidas con la audiencia.

6 Enlaces Relacionados

Recursos en línea sobre lógica binaria: <http://binary-academy.com/dnld/> (in English and Spanish) más adaptado a niños y adolescents.

M. Zegarelli, 2007. Logic for dummies, Wiley Publishing, Inc. ISBN-13: 978-0-471-79941-2. 330p. Note: extensive overview of all intellectual logic.

Lógica difusa:

https://www.tutorialspoint.com/fuzzy_logic/fuzzy_logic_introduction.htm

Harpreet Singh, Madan M. Gupta, Thomas Meitzler, Zeng-Guang Hou, Kum Kum Garg, Ashu M. G. Solo, and Lotfi A. Zadeh, 2013. Real-Life Applications of Fuzzy Logic. Advances in fuzzy Systems, volume 2013.

<https://doi.org/10.1155/2013/581879>

Grafcet :

https://www.mhj-tools.com/?page=grafcet-studio&gclid=EA1a1QobChMI_KO11-nz7wIVxYbVCh29Wwi7EAMYASAAEgJcRvD_BwE

Introducción a la Función Secuencial (SFC) :

https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/r149_sfc_getting_started_guide_en.pdf

introducción al controlador PID: <https://www.dataforth.com/introduction-to-pid-control.aspx>

Información sobre la aplicación de fertilizantes:

J. van Bergeijk, D. Goense, L.G. van Willigenburg, L. Speelman, 2001. Dynamic Weighing for Accurate Fertilizer Application and Monitoring, Journal of Agricultural Engineering Research, Volume 80, Issue 1, 2001, Pages 25-35, <https://doi.org/10.1006/jaer.2001.0714>.

E.-M. Abbou-Ou-Cherif, E. Piron, Alaa Chateaneuf, D. Miclet, R. Lenain, et al.. On-the-field simulation of fertilizer spreading: Part 1 – Modeling. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, 2017, 142 (A), pp.235-247. [10.1016/j.compag.2017.09.006](https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.006). [hal-02053096](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02053096)

E.-M. Abbou-Ou-Cherif, E. Piron, A. Chateauneuf, D. Miclet, R. Lenain, et al.. On-the-field simulation of fertilizer spreading: Part 2 – Uniformity investigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, 2017, 141, pp.118-130. [\(hal-02053106\)](#)

El Mehdi Abbou-Ou-Cherif, Emmanuel Piron, Alaa Chateauneuf, Denis Miclet, Sylvain Villette. On-the-field simulation of fertilizer spreading: Part 3 – Control of disk inclination for uniform application on undulating fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, Elsevier, 2019, 158, pp.150-158. [\(10.1016/j.compag.2019.01.050\)](#). [\(hal-02067177\)](#)

Alare, Taiwo & Alare, Kehinde. (2020). Application of Control System and Digital Techniques: An Approach of Achieving Smart Agriculture. 10.13140/RG.2.2.10895.74408.