



Procedimientos metodológicos en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales

Methodological procedures in the design of prototypes of temperature and speed controllers in manual devices

Procedimentos metodológicos na concepção de protótipos de controladores de temperatura e velocidade em dispositivos manuais

Luis Jacinto Mendoza-Cuzme^I
mluisjacinto@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5870-5810>

Rodrigo Eduardo López-Pallo^{II}
relp.rodrigo@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8811-6141>

Mike Paolo Machuca-Avalos^{III}
danny_rch@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1093-3886>

Correspondencia: mluisjacinto@hotmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 31 de junio de 2021 ***Aceptado:** 31 de julio de 2021 * **Publicado:** 31 de agosto de 2021

- I. Magíster en Automatización y Control Industrial, Ingeniero Electrico, Ecuador.
- II. Ingeniero Electrico, Ecuador.
- III. Magíster en Comercio y Finanzas Internacionales, Ingeniero Electrico, Ecuador.

Resumen

La investigación tuvo por objeto: elaborar un diagnóstico sobre los procedimientos metodológicos que se aplican en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales, partiendo de una problemática referenciada por datos aportados por 20 docentes de las Universidades Ecuatorianas, donde se imparten titulación en el área de la ingeniería eléctrica y electrónica, evidenciándose que no hay una uniformidad de criterios en los procesos llevados a cabo para el diseño, básicamente porque estos dispositivos vienen ya elaborados para adecuarse según las situaciones de control para lo que están ya fabricados. El estudio fue bajo el paradigma cuantitativo, de campo, de nivel descriptivo y exploratorio aplicando procedimientos a nivel teórico y empírico, al un grupo docentes universitarios del área de conocimiento de controles automáticos. Se hizo una revisión bibliográfica sobre la temática abordada, para luego contrastarlo con los datos aportados en las entrevistas y encuestas aplicadas, arrojando como resultados que los métodos de diseños de controladores esta acorde con los recursos tecnologicos que se emplean en la academia, no se adecuan a los últimos avances tecnologicos, son consistentes con las literaturas, pero distan de ser aplicados a nivel industrial, debiendo existir una normativa tecnica que rijan los procedimientos de diseño. El diagrama de procesos obtenido permite sistematizar los metodos mediante una correlacion de pasos integrales y diversificada, recomendandose mayores vinculaciones entre la academia y las empresas.

Palabras clave: controladores de temperatura y velocidad; diagrama de procesos; procedimientos metodologicos de diseño.

Abstract

The objective of the research was: to elaborate a diagnosis on the methodological procedures that are applied in the design of prototypes of temperature and speed controllers in manual devices, based on a problem referenced by data provided by 20 teachers from Ecuadorian Universities, where they are taught degree in the area of electrical and electronic engineering, evidencing that there is no uniformity of criteria in the processes carried out for the design, basically because these devices are already elaborated to adapt according to the control situations for what they are already manufactured. The study was under the quantitative, field, descriptive and exploratory level paradigm, applying procedures at a theoretical and empirical level, to a group of university

teachers in the area of knowledge of automatic controls. A bibliographic review was made on the topic addressed, to then contrast it with the data provided in the interviews and applied surveys, showing as results that the controller design methods are in accordance with the technological resources used in the academy, they are not adequate to the latest technological advances, they are consistent with the literature, but are far from being applied at an industrial level, and there must be a technical regulation that governs the design procedures. The process diagram obtained allows the methods to be systematized through a comprehensive and diversified correlation of steps, recommending greater links between academia and companies.

Key words: temperature and speed controllers; process diagram; methodological design procedures.

Resumo

O objetivo da pesquisa foi: elaborar um diagnóstico sobre os procedimentos metodológicos que são aplicados no projeto de protótipos de controladores de temperatura e velocidade em dispositivos manuais, a partir de um problema referenciado por dados fornecidos por 20 professores de universidades equatorianas, onde se encontram lecionou licenciatura na área de engenharia elétrica e eletrônica, evidenciando que não há uniformidade de critérios nos processos realizados para o projeto, basicamente porque esses dispositivos já são elaborados para se adaptarem às situações de controle pelo que já são fabricados. . O estudo decorreu sob o paradigma quantitativo, de campo, descritivo e exploratório, aplicando procedimentos a nível teórico e empírico a um grupo de professores universitários da área do conhecimento dos controles automáticos. Foi feita uma revisão bibliográfica sobre o tema abordado, para então contrastá-la com os dados fornecidos nas entrevistas e levantamentos aplicados, mostrando como resultados que os métodos de projeto de controladores estão de acordo com os recursos tecnológicos utilizados na academia, não são adequados para os últimos avanços tecnológicos, são consistentes com a literatura, mas estão longe de serem aplicados a nível industrial, devendo haver um regulamento técnico que rege os procedimentos de projeto. O diagrama de processos obtido permite que os métodos sejam sistematizados por meio de uma correlação abrangente e diversificada de etapas, recomendando maiores vínculos entre academia e empresas.

Palavras-chave: controladores de temperatura e velocidade; diagrama do processo; procedimentos de design metodológico.

Introducción

El vocablo: diseñar, proviene de la lengua latina designare y desde su etimología adquiere el significado de designar, marcar, delinear, trazar, planificar, inventar. Al darle una definición desde las ciencias de la ingeniería, se establece como un proceso donde se aplican una serie de técnicas y principios con el propósito de crear objetos o procesos en detalle para posibilitar su creación. En este sentido, el diseño conlleva a tres niveles de creaciones: el primero cuando se concibe el producto como una idea en mente, el segundo cuando se plasma en un boceto o plano su configuración y un tercer nivel, cuando se crea de forma tangible a través de prototipos funcionales.

Estos prototipos funcionales son definidos en la mayoría de los casos con una terminación denominada: máquinas; las máquinas son definidas como aparatos constituidos por una serie de subsistemas de naturaleza mecánica, eléctrica y estructural, con componentes denominados elementos de máquinas, que están dispuestos de forma articulada, con el propósito intrínseco de transformar movimientos en fuerzas, para un propósito específico, entre las que están: la manufactura, ensambles, ergonomía, mantenimiento, reciclaje o transporte de productos.

Considerando lo planteado por Medina y Arias (2020), el proceso de diseño es de por sí, complejo, porque lleva a plantear muchas prerrogativas tales como: relaciones de movimientos entre componentes, relaciones entre los desplazamientos y los esfuerzos generados, la cantidad de calor generado por el consumo energético, los requisitos de control de los procesos, los materiales involucrados, los procesos de fabricación, los costos estimados, la seguridad implícita, las emisiones contaminantes, los aspectos legales, entre otros. Lo anterior hace necesario la necesidad de abordar este proceso de diseño desde la multidisciplinariedad de las ciencias para abarcar el mayor número de requisitos que deben ser satisfechos.

Como una consideración de vital importancia en la operacionalidad de las maquinas o aparatos, según lo manifiesta Bolton (2011), está, la velocidad y temperatura a la que se pueden someter los componentes, ya que los materiales que lo conforman presentan limites resistivos que pueden desencadenar fallas, debiéndose disponer de ciertos elementos de control para minimizar estos impactos.

Descripción de la realidad problematizadora

Tomando como referencia los datos aportados por 20 docentes seleccionados de las Universidades donde se imparten titulación en el área de la ingeniería eléctrica y electrónica, se pudo evidenciar que no hay una uniformidad de criterios en los procesos llevados a cabo para el diseño de controladores de temperatura y velocidad para equipos manuales, básicamente porque estos dispositivos vienen ya elaborados para adecuarse según las situaciones de control para lo que están ya fabricados. En la industria de fabricación de controladores existen departamentos de investigación y desarrollo que aplican sus metodologías de diseño, las cuales no se extienden al ámbito educativo, debiéndose adoptar procesos que están preestablecidos en las literaturas correspondientes, pero que están alejadas de las realidades del entorno Ecuatoriano y no consideran los avances tecnológicos que sobre esta materia están presentes en el mercado.

De allí entonces que esta investigación tuvo como objetivo principal: Elaborar un diagnóstico sobre los procedimientos metodológicos que se aplican en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales.

Se plantearon como objetivos específicos los siguientes:

- Evaluar los métodos empleados para el diseño de controladores, partiendo de una revisión de trabajos investigativos realizados y publicados.
- Establecer un procedimiento general de diseño a partir de los procesos llevados a cabo en las referencias consultadas y contrastada con los aplicados por los docentes.
- Proponer una sistematización metodológica desde el punto de vista académico para el complemento de la acción de diseño de controladores de temperaturas y velocidad.

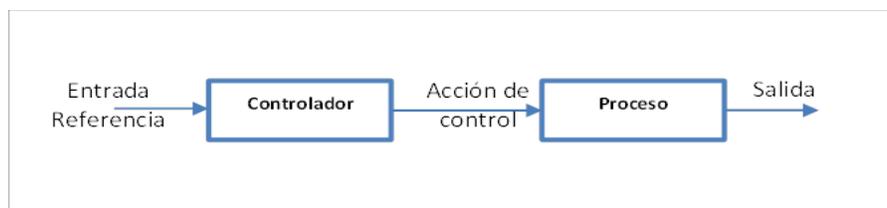
Consideraciones teóricas

Un controlador automático queda definido por Vera y Cadena (2019), como un dispositivo o conjunto de dispositivos que miden el valor de una variable, condición o estado, corrigiendo o limitando las potenciales desviaciones de este valor, medido desde una referencia de mando llamado set point. Tiene por objeto producir en un sistema dado, una salida deseada cuando las entradas son cambiadas, dándose en forma de señales de mando en espera que la salida siga y

cuyas perturbaciones se espera minimizar; el diseñador debe satisfacer tres condiciones básicas para el comportamiento del sistema de control: que sea estable, preciso y rápido en la respuesta. Condori y Serpa (2017), establecen que un sistema de control tiene por objeto, mantener en un periodo de tiempo, un valor constante o planificado de un parámetro físico que se está midiendo. Se fundamenta en la medición que toma a la salida de un proceso, para retroalimentarla como una nueva entrada al sistema. Estos sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto y lazo cerrado.

Un sistema de control de lazo abierto presenta una señal de salida donde no se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada y no influye sobre la acción de control. Su representación queda como la mostrada en la figura 1.

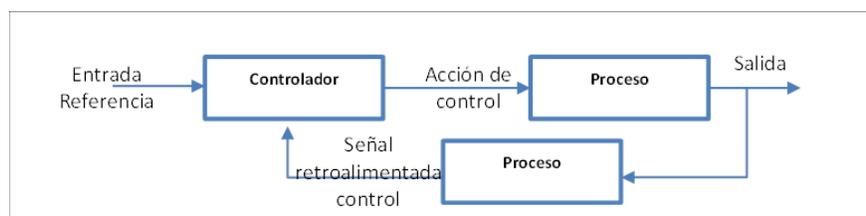
Figura 1: Sistema de control de lazo abierto



Fuente: Análisis y elaboración propia 2021

Un sistema de control de lazo cerrado presenta una señal de salida controlada, que es sometida a una retroalimentación y comparación con un valor de entrada referenciada, enviándose una acción de control directamente proporcional a la diferencia entre los valores de entrada y salida del sistema, de manera que se mitigue el error y se compense la salida. Su representación se muestra en la figura 2

Figura 2: Sistema de control de lazo Cerrado



Fuente: Análisis y elaboración propia 2021.

La automatización industrial según Henriquez y Martínez (2019), establece una parte esencial a nivel productivo de las industrias modernas, por su empleo en el ajuste de variables para la prevención de fallas que ocasionen y lleven a potenciales paralizaciones de las plantas que la conforman. Es necesario el conocimiento de la operatividad dinámica de los procesos para aplicar un determinado control, pudiendo ser descritos por modelos simplificados que consideren factores tales como ganancia, tiempos muertos y tiempos de estabilización.

Esto entonces, lleva a afirmar que la automatización contempla una serie de procesos que se ejecutan sin la participación directa de personas, sino por la acción directa de controladores que están configurados mediante una secuencia de instrucciones y acciones de monitoreo de forma continua.

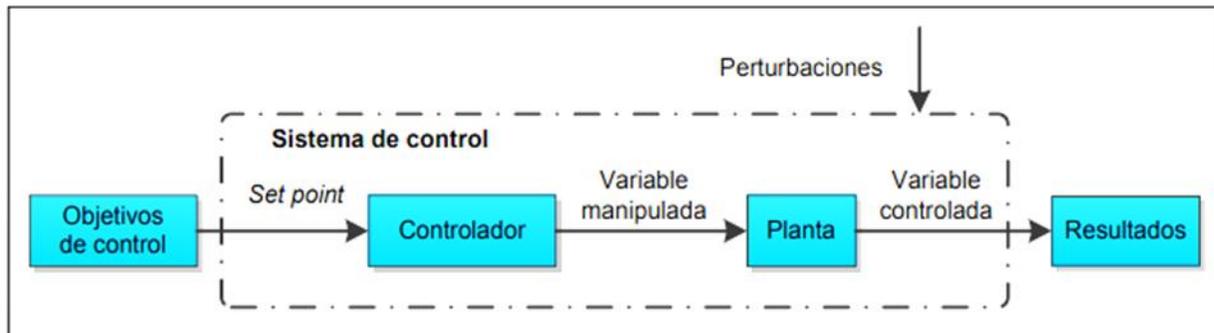
Los elementos que conforman a un sistema automatizado son:

- La energía para operar los procesos que conforman al sistema.
- Un programa de instrucciones secuenciadas para direccionar los procesos.
- Un sistema de control para la activación de las instrucciones.

Loachamín y Ñauñay (2015) manifiestan que en Ecuador, producto de las demandas del entorno, se ha visto en la necesidad de incentivar a las pequeñas y medianas industrias para fomentar un desarrollo técnico sostenido que la lleve a un cambio de paradigma productivo, de forma tal que al adoptar los mecanismos de automatización:

- Se alcancen mejores tiempos de producción a partir de procesos ininterrumpidos.
- Se concrete un control de variables con mayores niveles de precisión para mejorar la calidad de los productos, disminuyendo las incertidumbres asociadas.
- Se aumente la capacidad productiva.
- Se facilite la ergonomía al recurso humano.
- Se aseguren los procedimientos.
- Se satisfaga las exigencias del mercado consumidor.

Estos condicionantes quedan interrelacionados considerando los componentes del sistema de control mostrados en la figura 3

Figura 3: Componentes de un sistema de control

Fuente: Loachamín y Ñañañay 2015.

Se puede apreciar la importancia que tiene un controlador dentro de un proceso, ya que por medio de éste, se puede estabilizar y sacar mayor provecho a los sistemas productivos. Existen muchos tipos de controladores que se fundamentan sobre variables de los procesos, siendo estas variables: temperatura, humedad, PH, velocidad, presión, salinidad, turbidez, entre muchos otros. Para esta investigación se tomó como objeto de investigación, los controladores de velocidad y temperatura en cuando a los procedimientos metodológicos que se siguen para su diseño y posterior inserción en equipos manuales.

Un controlador de temperatura es un instrumento diseñado para que un equipo opere dentro de un rango de valor deseado, ejerciendo acciones de control para que el proceso se mantenga operativo según los requerimientos establecidos por el diseñador. Se trata de comparar la temperatura del medio donde se da un proceso, con una temperatura ideal o de referencia para acometer una acción reguladora o de control. Para esto se usan sensores de temperatura, que según Gomez (2017), es un dispositivo que permite medir la temperatura en un punto de interés, transformándolo en una señal analógica o digital, pudiendo ser: termopares, resistencias o semiconductores.

Un controlador de velocidad según Avila, Cuasquer, Ortega y Pozo (2016), es un dispositivo de naturaleza electrónica, que presenta un circuito formado por un conjunto de transistores, que tienen la función de regular la transferencia de energía desde los motores, hasta obtener una variación estable, precisa y efectiva de la velocidad, su dirección y torque. Un sensor de velocidad según Gomez (2017), es un dispositivo que permite medir el desplazamiento por unidad de tiempo de un objeto, debiéndose considerar de inicio, el tipo de velocidad que se

desea conocer. Para esta investigación el interés está centrado en la velocidad angular, ya que a nivel industrial mayormente se trabaja con revoluciones de giro por minutos. Entre los más extendidos se encuentran los tacómetros y los encoders.

Materiales y métodos

Modalidad de la Investigación

La investigación se enfoca bajo el paradigma cuantitativo que según Hernández, Fernández, y Baptista (2014), se recogen y analizan datos cuantitativos. Trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre las variables: controladores y dispositivos manuales, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra y así hacer inferencia causal que explique por qué las cosas suceden o no, de una forma determinada. Para este caso se busca una metodología que sea más acorde para el diseño de los controladores de velocidad y temperatura en equipos manuales.

Tipo de investigación: de campo, de nivel descriptivo y exploratorio, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), se busca recabar información sobre el estado que tiene el proceso de diseño de controladores, tomando como referencia dependencias universitarias y sus desarrollos en los últimos años, de manera que puedan ser estudiados y conocer con mayor detalle, los procedimientos que se llevan a cabo para este fin.

Instrumentos: Se ejecutaron los siguientes: guía de revisión documental, encuesta general y entrevista

Procedimientos: para recabar y procesar los datos vinculantes a las variables de estudio, se adoptaron métodos y procedimientos a nivel teórico y empírico, según Hernández (2017), para la obtención de la mayor información posible sobre las variables: controladores y equipos manuales y sus interrelaciones desde la visión de los sujetos de estudio, que para la presente investigación, son los docentes que imparten conocimientos en unidades curriculares vinculadas a los controles automáticos.

Métodos del orden teórico

Histórico-Lógico: Con el objetivo de entender la trayectoria real de los procedimientos empleados en el diseño de los controladores sobre equipos manuales, tomando en cuenta investigaciones desarrolladas en los últimos años.

Análisis y síntesis: Con el propósito de estudiar los fundamentos epistemológicos que rige el diseño de controladores de velocidad y temperatura, a los fines de establecer los métodos que delinien el proceso de diseño de estos elementos.

Inducción y deducción: Con el objetivo de generalizar las experiencias sobre los procedimientos que se imparten en las cátedras sobre el diseño de controladores y luego particularizarlo de acuerdo a la realidad presente en el contexto de actuación.

Métodos del nivel empírico

Revisión documental: Con el objetivo de obtener información necesaria sobre el diseño de controladores, para su posterior contrastación con los contenidos curriculares de las materias afines.

Encuesta general: Con el propósito de recabar de la muestra inicial, los datos de la realidad problematizadora.

Entrevista: Con el fin de comprobar y enriquecer los datos vinculados a los métodos de diseño de controladores.

Análisis de los datos: Se aplicó el método estadístico descriptivo a la encuesta y a la entrevista.

Resultados y discusión

Se realizó una evaluación de los métodos empleados para el diseño de controladores, partiendo de una revisión de trabajos investigativos realizados y publicados, de manera que se puedan establecer los procedimientos de diseño aplicados. En mayor medida se puede observar que los pasos empleados son los siguientes:

1. Identificación del sistema donde el controlador estará instalado.
2. Descripción de las variables a controlar.
3. Caracterización del controlador mediante modelación matemática, elección de sensores, funciones de transferencia y establecimiento de la interfaz gráfica.

4. Simulación del controlador empleando los recursos tecnológicos, como LabView y Matlab.
5. Ajustes e implementación.

A continuación se muestra en la Tabla 1, las referencias consultadas

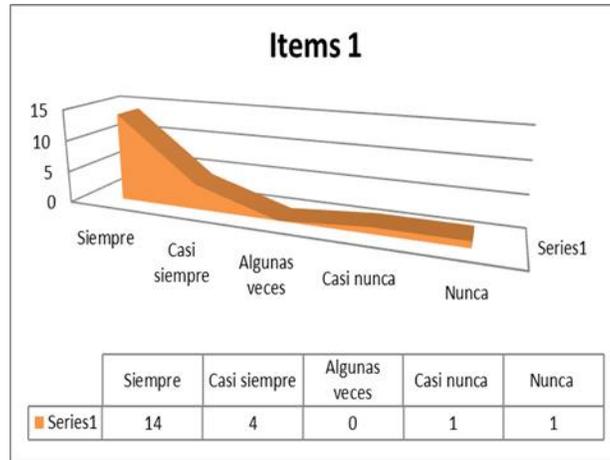
Tabla 1. Referencias consultadas

TITULO	AUTOR –AÑO-UNIV
Diseño e implementación de un prototipo controlador de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para la supervivencia del camarón usando controladores P, PI, PID y lógica difusa.	Vera y Cadena (2019) Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil
Análisis, diseño e implementación de un prototipo para un dispositivo de monitoreo ambiental de centros de cómputo de bajo costo basado en tecnología ARM y software de código abierto aplicable a una pequeña y mediana empresa	Sanchez & Tintinago (2015) Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil
Diseño y elaboración de un prototipo para un sistema inteligente de prevención de accidentes de tránsito por exceso de velocidad aplicado al transporte interprovincial	Paredes y Bermeo (2018) Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca
Diseño e implementación del control de temperatura y velocidad para el reactor químico de un sistema experimental usado en la elaboración del 5 hidroximetilfurfural a partir de la melaza de caña para la obtención de biocombustible	Cajamarca y Valverde (2012) Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca
Diseño de Controladores PID para Plantas Inciertas	Gomez (2017) Universidad de Murcia
Diseño y construcción de una máquina hot-plate para el procesamiento de sustancias químicas, utilizando lógica difusa para el control de velocidad y temperatura, destinada a biotecnología	Loachamín y Nauñay (2015) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Diseño e implementación de controladores clásicos y en el espacio de estados para el sistema servomotor del laboratorio de servomecanismos	Chacon, (2010) Escuela Politécnica del Ejército
Desarrollo de un sistema de control de temperatura y monitoreo de PH y humedad del proceso de spin coating	Becero y Espinoza (2018) Universidad Autónoma de Occidente -Cali
Diseño e Implementación de un sistema de control cascada en la planta de intercambio térmico - PIT000	Alvarez, Moreno, y Ramirez (2017) Informador Técnico (Colombia) 81(1) Enero - Junio 2017: 32-43 ISSN 0122-056X
Diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta	Condori Y Serpa (2017) Universidad Nacional del Altiplano - Puno
Diseño e implementación de un controlador de temperatura y monitoreo de señales para la automatización de equipos de refrigeración	García, Kanayet, y Ruiz, (2006) Universidad de Buenaventura-Bogotá
Diseño de controladores PID	Zayas, Quintan, Jove, Casteleiro, y Calvo, (2020) Universidad de la Coruña
Metodología para el diseño del sistema de control en aplicaciones de corrección de posicionamiento de productos en procesos de manufactura: aplicación de orientación de botellas	Zanja & Chavero, (2018). Academia Journals
Diseño e implementación de un controlador proporcional integral en un controlador industrial de procesos	Vargas (2010) UNMSM
Diseño e Implementación del control electrónico de velocidad con freno regenerativo para una plataforma autónoma móvil terrestre con tracción diferencial	Avila , Cuasquer, Ortega, y Pozo,(2016) Escuela Politécnica Nacional
Identificación y sintonización de controladores PID para procesos de integración.	Henriquez & Martinez, (2019) Universidad de la Costa - CUC

Fuente: Elaboración Propia 2021

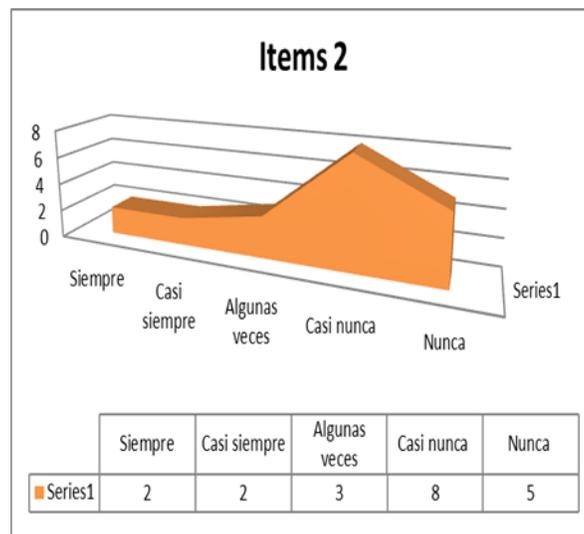
Seguidamente se aplicó el cuestionario a 20 Docentes de 5 Universidades del Ecuador que imparten unidades curriculares relacionados al area de controles automaticos en las especialidades de ingeniería eléctrica y electrónica, obteniéndose los siguientes resultados:

1.¿Considera Ud, que la metodología que se imparte en su Institucion Universitaria para el diseño de controladores de temperatura y velocidad en equipos manuales, esta acorde con los recursos tecnologicos disponibles en los laboratorios de formacion?



El 90 % considera que siempre y casi siempre la metodología que se imparte esta acorde con los recursos tecnologicos, sobre todo porque se disponen de herramientas como sistema arduino, labview, matlab, que sirve de soporte para la parte academica.

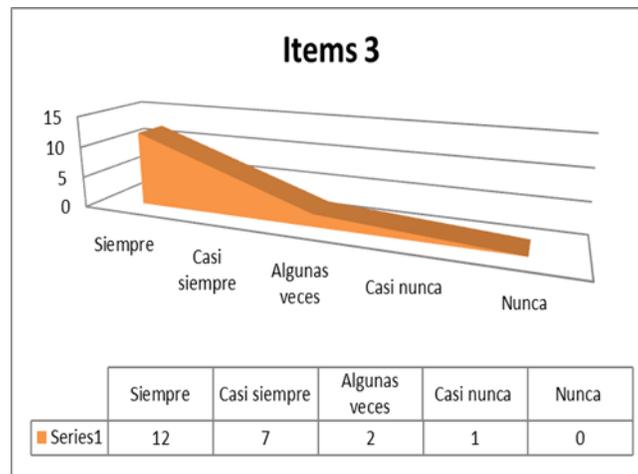
2.¿Cree Ud, que la metodología que se imparte en su Institucion Universitaria para el diseño de controladores de temperatura y velocidad en equipos manuales, se adecuan a los ultimos avances logrados en la industria a nivel mundial?



El 65% cree que casi nunca y nunca, la metodología que se imparte se adecua a los ultimos avances logrados a nivel mundial, esto debido los costos que representan estos prototipos y tambien por la naturaleza de los procesos que en la actualidad se aplican en las industrias

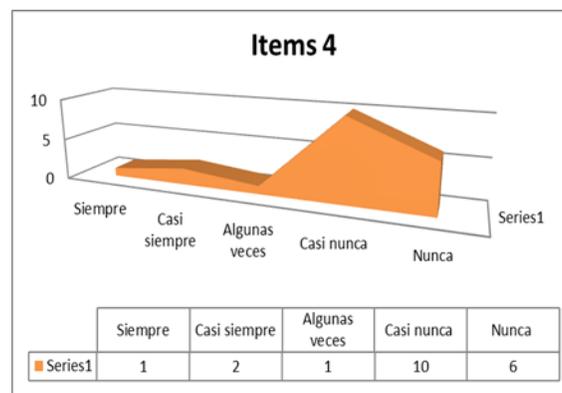
Ecuatorianas. Este tipo de desarrollo se enfocan a sistemas robotizados, que hoy día esta poco extendido en el País, por lo que se ve mas la pertinencia de adecuar los contenidos a esa realidad imperante.

3.¿Piensa Ud, que la metodología para el diseño de controladores de temperatura y velocidad en equipos manuales, sigue una secuencia estandarizada en las investigaciones desarrolladas en su Institucion ?



Un 95% de los encuestados considera que siempre y casi siempre la metodología de diseño sigue una secuencia estandarizada en las investigaciones realizadas, basicamente porque las literaturas vinculadas a las unidades curriculares, establecen procedimientos análogos, formando parte del conocimiento adquirido por futuros egresados.

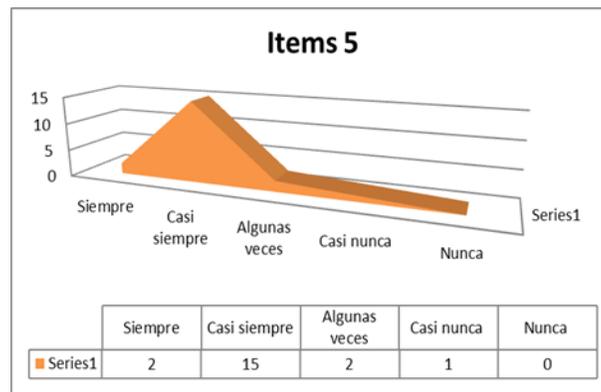
4.¿ Los procedimientos metodológicos en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales, llevados a cabo por los diseñadores, a nivel industrial , son considerados al momento de impartir conocimientos cuando se tratan en los programas academicos aplicados por usted ?



El 80% de los docentes consultados manifiestan que casi nunca y nunca consideran los procedimientos metodologicos aplicados por los diseñadores a nivel industrial, debido a que los recursos que se se tienen a nivel academico comparado con los que se tiene a nivel industrial no estan a la par, por lo que deben ajustarse a la realidad presente en el entorno educativo de formacion.

5.¿ Los procedimientos metodologicos en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales, deben ser estandarizados mediante su establecimiento según una normativa que las riga a nivel gubernamental?

Un 85% de los docentes consultados establece que siempre y casi siempre los procedimientos metodoogicos deben ser estandarizados mediante una norma, esto para poder sincerar lo que se enseña en las academias con respecto a lo que se aplica en la industria



A continuación se establece de un procedimiento general de diseño, a partir de los procesos llevados a cabo en las referencias consultadas y contrastadas con los aplicados por los docentes, con la finalidad de poder establecer una metodología más acorde con la realidad estudiada y manifestada en las entrevistas efectuadas en esta investigación.

El resultado fue el establecimiento de la siguiente metodología:

1. Las espececificaciones de partida para el diseño de un controlador automático se basan fundamentalmente en los rangos operativos de las variables de entrada y de sus derivadas, el valor maximo aceptable del error en el estado del regimen , asi como el tiempo maximo de estabilizacion y pico de sobretiro.
2. Con la experiencia preliminar del tipo y origen de la variable de entrada, el diseñador integra las componentes del sistema automatizado basico de control, estableciendo seguidamente la funcion de transferencia de lazo abierto, para luego examinar el lugar geometrico de G(S).

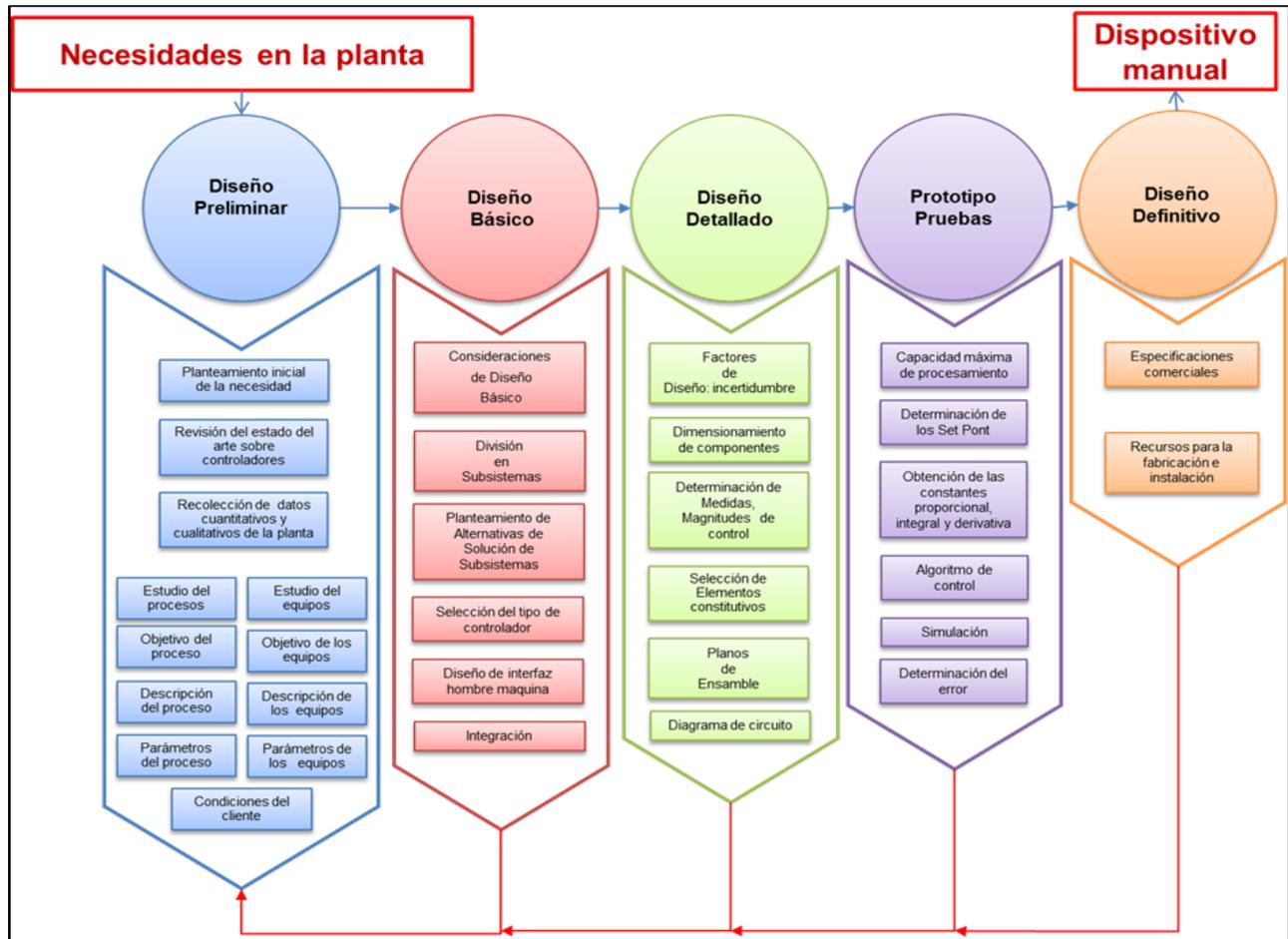
3. Seguidamente se hace un ajuste de la ganancia K del sistema, para dar satisfacción de los requerimientos del error en estado de régimen y para la estabilidad, se examina de nuevo el lugar geométrico resultante $KG(S)$.

4. Al existir inestabilidad para la ganancia requerida, habrá que reformular ese lugar geométrico resultante $KG(S)$, empleando la compensación derivativa o integral, mediante una componente que atrase o adelante la fase hasta que no se alcance a obtener un margen de fase y de ganancia aceptables.

Estas consideraciones son intrínsecas al proceso de diseño de controladores y es meramente disciplinar dados los contenidos impartidos desde las unidades curriculares. Estos pasos son de naturaleza genérica, porque se pueden ampliar y adaptar de acuerdo a los criterios y herramientas que posea el diseñador, así como de condiciones externas al sistema donde se pretende instalar el controlador.

A continuación se hizo una propuesta de sistematización metodológica desde el punto de vista académico, para el complemento de la acción de diseño de controladores de temperaturas y velocidad. Esto se sustentó con el desarrollo de un diagrama de procesos que se muestra en la figura 5.

Figura 5. Diagrama de procesos



Fuente: Elaboración propia 2021

Con la adopción de las fases mostradas en el diagrama de procesos, se deben considerar una serie de aspectos que son propios al momento de diseñar controladores de temperatura y velocidad; estas consideraciones se muestran a continuación:

- Al no haber incertidumbre no se tiene necesidad de considerar lazo cerrado.
- Las incertidumbres quedan representadas por: inexactitudes en el modelado de la planta y perturbaciones no medibles que actúan sobre ella.
- Aunque se dé el caso de que el efecto de la incertidumbre sea permisible en función de las especificaciones de control, la retroalimentación tampoco sería estrictamente necesaria.

- La retroalimentación puede representar riesgos, por la generación de las inestabilidades y su empleo queda justificado por la necesidad de reducir las consecuencias de la incertidumbre por debajo de unos límites marcados por las especificaciones de control
- El diseño debe mostrar algún tipo de modelado de la incertidumbre, así como unas especificaciones de diseño, para que tenga utilidad en la practica
- Se desea que el comportamiento del controlador diseñado mantenga un buen nivel de caracterización, a pesar de potenciales cambios en el equipo.
- En la mayoría de casos prácticos los controladores son capaces de ofertar una solución práctica, cuando las especificaciones no son demasiado exigentes.

Consideraciones finales

Para llevar a cabo un proceso de diseño de controladores de temperatura y velocidad, no solamente se necesita poseer un buen criterio técnico basado en la experiencia, sino también el manejo de herramientas tecnológicas para simular y someter a pruebas los dispositivos; esta afirmación resulta de la evaluación llevada a cabo en una serie de investigaciones relacionadas al proceso de diseño, donde los procedimientos aplicados fueron consistentes y adaptados al tipo de controlador seleccionado para el proceso o dispositivo de intervención.

Se evidencia según los sujetos consultados, que las metodologías que se imparten en la academia sobre los métodos de diseños de controladores, esta acorde con los recursos tecnologicos que se empelean en la academia, sobre todo los que tienen que ver con la simulacion de procesos, pero no se adecuan a los últimos avances tecnológicos, debido a que son procesos que no estan soportados en el pais por sus altos altos opeativos. Tambien quedo evidenciado que los metodos de diseños aplicados en las investigaciones consultadas, son consistentes con las literaturas que tratan estos topicos de estudio, pero distan de ser aplicados a nivel industrial, debiendo existir una normativa que regule este tipo de actuacion y aplicación.

Luego se desarrolló una propuesta de sistematización metodológica desde el punto de vista académico, para el complemento de la acción de diseño de controladores de temperaturas y velocidad, mediante un diagrama de procesos que correlaciona los pasos generales que deben seguirse para un diseño más integral y diversificado

Se recomienda una mayor vinculación y relación entre los actores de los ámbitos académicos e industrial a los fines de poder integrar e intercambiar experiencias sobre el diseño de controladores de temperatura y velocidad, para que se alcance un buen nivel formativo y los futuros profesionales tengan un mejor desempeño y manejo de las técnicas empleadas.

Referencias

1. Alvarez, J., Moreno, J., & Ramirez, E. (2017). Diseño e Implementación de un sistema de control cascada en la planta de intercambio térmico - PIT000. *Informador Tecnico*, 32-43.
2. Avila , E., Cuasquer, V., Ortega, L., & Pozo, M. (2016). Diseño e Implementación del control electrónico de velocidad con freno regenerativo para una plataforma autónoma móvil terrestre con tracción diferencial. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
3. Becerro, J., & Espinoza, S. (2018). Desarrollo de un sistema de control de temperatura y monitoreo de PH y humedad del proceso de spin coating. Cali: Universidad Autonoma de Occidente.
4. Bolton, W. (2011). *Mecatronica. Sistemas de control electrico en la ingenieria mecanica y electronica*. Mexico: Alfa Omega.
5. Cajamarca, J., & Valverde , J. (2012). Diseño e implementación del control de temperatura y velocidad para el reactor químico de un sistema experimental usado en la elaboración del 5 hidroximetilfurfural a partir de la melaza de caña para la obtención de biocombustible. Cuenca: Universidad Politecnica Salesisana sede Cuenca.
6. Chacon, E. (2010). Diseño e implementación de controladores clásicos y en el espacio de estados para el sistema servomotor del laboratorio de servomecanismos. Quito: Escuela Politecnica del Ejercito.
7. Condori, S., & Serpa, J. (2017). diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta. Puno-Peru: Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
8. Garcia, J., Kanayet, J., & Ruiz, G. (2006). Diseño e implementación de un controlador de temperatura y monitoreo de señales para la automatización de equipos de refrigeración. Bogota: Universidad de Buenaventura.

9. Gomez, P. (2017). Diseño de Controladores PID para Plantas Inciertas. Murcia: Universidad de Murcia.
10. Henriquez, J., & Martinez, W. (2019). Identificación y sintonización de controladores para procesos de integracion. Barraquilla: Universidad de la Costa CUC.
11. Hernandez, R. (2017). Metodologia de Investigacion: Ruta cuantitativa, cualitativa y Mixta. Mexico: McGrawHil.
12. Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). Metodologia de la Investigacion. Mexico: McGawHill.
13. Loachamín , H., & Ñauñay, D. (2015). Diseño y construcción de una máquina hot-plate para el procesamiento de sustancias químicas, utilizando lógica difusa para el control de velocidad y temperatura, destinada a biotecnología. Sangolqui Ecuador: Universidad de las Fuerzas Amadas ESPE.
14. Medina, A., & Arias, O. (2020). Diseño e implementacion de un sistema de control de temperatura y velocidad de un tambor mezclador de una tostadora de cafe para el beneficiadero "La esperanza"En el municipio La plata-Huilia. Neiva Colombia: Universidad Antonio Nariño.
15. Paredes, R., & Bermeo, A. (2018). Diseño y elaboración de un prototipo para un sistema inteligente de prevención de accidentes de tránsito por exceso de velocidad aplicado al transporte interprovincial. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca.
16. Sanchez, G., & Tintinago, D. (2015). Análisis, diseño e implementación de un prototipo para un dispositivo de monitoreo ambiental de centros de cómputo de bajo costo basado en tecnología ARM y software de código abierto aplicable a una pequeña y mediana empresa. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana Sede Guayaquil.
17. Vargas, B. (2010). Diseño e implementación de un controlador proporcional integral en un controlador industrial de procesos. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
18. Vera, B., & Cadena , E. (2019). Diseño e implementación de un prototipo controlador de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para la supervivencia del camarón usando controladores P, PI, PID y lógica difusa. Guayaquil: Universidad Politecnica Salesiana Guayaquil.

19. Zanja, E., & Chavero, E. (2018). Metodología para el diseño del sistema de control en aplicaciones de corrección de posicionamiento de productos en procesos de manufactura: aplicación de orientación de botellas. *Academia Journals* , 6101-6106.
20. Zayas, F., Quintian, H., Jove, E., Casteleiro, J., & Calvo, J. (2020). Diseño de controladores PID. Barcelona: Universidad de la Coruña.

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)