



REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de la Educación

Autor: Prof. Aux. Ing. Carlos Rafael Molina Hernández, M. Sc.

Matanzas 2020



REPÚBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas

Autor: Prof. Aux. Ing Carlos Rafael Molina Hernández, M. Sc.

Tutores: Prof. Tit., Lic. Walfredo González Hernández, Dr. C.
Prof. Aux., Ing. Gil Cruz Lemus, Dr. C.

Matanzas, 2020

Agradecimientos

Esta investigación es el resultado del continuo afán de llevarla hasta sus últimas consecuencias y tributo un merecido reconocimiento a:

Mis tutores:

Dr. C. Walfredo González Hernández, por su dedicación y apoyo incondicional.

Dr. C. Gil Cruz Lemus, por su oportuna intervención, consagración y consejos prestados.

A mis Profesores, compañeros del doctorado y los compañeros de trabajo por su ayuda.

A mis amigos por su gran colaboración.

A todos aquellos que de una forma u otra han hecho posible el desarrollo y culminación de manera exitosa de este trabajo y se encuentran en el anonimato.

A todos, mi infinito Agradecimiento.

Dedicatoria

AL PADRE, DIOS TODO PODEROSO

A la vida

Que me da la oportunidad de disfrutarla,

Que me brinda el amor de mis seres queridos,

A los que me entregan la ternura, el cariño y amor eterno.

A mi Hija María Carla Molina Vega,

A mis Hermanas y sobrinos,

Familiares queridos,

Amistades y sus familiares,

A los que no están hoy junto a mí, especialmente

A la memoria de tía María Luisa Hernández Fernández,

A la memoria de mi madre Teresa América Hernández Fernández,

A la memoria de mi Padre Rafael Valeriano Molina Rodríguez

A la memoria de mis Abuelos

A la memoria de Guadalupe Silveira Caballero

A la memoria de Tomás Arnet

A la memoria de José A. Torrent.

A la Revolución, por su genuino y profundo carácter humano.

SÍNTESIS

La formación de profesionales para la industria química es prioridad a nivel mundial. De ahí que modelar procesos dinámicos de control automático constituye una exigencia en la formación del ingeniero químico, lo cual le impone retos a la Educación Superior. En esta tesis se investiga el desarrollo de las habilidades en la carrera Ingeniería Química como objeto de estudio. Se propone una estrategia didáctica que contribuya al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Esta investigación se sustenta en la concepción dialéctico-materialista del conocimiento científico; ello permitió la selección y aplicación de los métodos de la investigación educativa. Desde el punto de vista teórico se contribuye a la didáctica de la educación superior, en particular a la didáctica del control automático de procesos industriales. Para ello se ofrece el sistema de acciones y operaciones de la habilidad en estudio, lo que favorece el proceder de profesores y estudiantes. Los resultados obtenidos en la validación teórica y la aplicación práctica de la estrategia didáctica en el cuarto año de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas, confirmaron su validez científica y contribución a la práctica social.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS SOBRE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	11
1.1 Consideraciones teóricas sobre las habilidades en la educación superior	11
1.2 Los procesos dinámicos de control automático en la Ingeniería Química	29
1.3 La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Su conceptualización y particularidades en la formación del ingeniero químico	38
CAPÍTULO 2. ESTADO ACTUAL DE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA INGENIERÍA QUÍMICA	49
2.1 Diagnóstico del estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química	49
2.2 Evaluación de los indicadores y las dimensiones que caracterizan la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático	65
CAPÍTULO 3. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA.....	70
3.1 Fundamentación de la estrategia didáctica.....	70
3.2 Presentación de la estrategia didáctica	81
CAPÍTULO 4. VALORACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA	99

4.1 Valoración de los resultados por el criterio de expertos.....	99
4.2 Valoración de los resultados de la introducción práctica de la estrategia didáctica	102
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS.....	136

INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería se ha transformado en el mundo para satisfacer estándares de acreditación, necesidades sociales e industriales, entre otras. Al respecto, hay que considerar que la formación de los profesionales para la industria es un proceso complejo que se manifiesta de forma particular en cada país y época, en correspondencia con el desarrollo científico-tecnológico, económico, político y sociocultural, lo cual impone a las Instituciones de la Educación Superior (IES) desafíos al respecto.

En Cuba la formación del ingeniero se concibe en articulación con la política industrial y energética que se establece en los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021, la cual expresa la necesidad de desarrollar "... la industria diversificando sus producciones y elevando su capacidad tecnológica, con vistas a potenciar la sustitución de importaciones, incrementar las exportaciones y los servicios" (Comité Central del Partido, 2017, p. 33). En consecuencia, la universidad tiene que garantizar un proceso de formación que prepare al estudiante de la carrera Ingeniería Química para egresar como un profesional con alta capacitación y que pueda responder con eficacia a los disímiles problemas que enfrentará en el ejercicio de su profesión. Para lograrlo se requiere la participación activa del estudiante en función del desarrollo de habilidades que lo preparen y lo conduzcan para su desempeño laboral.

En este contexto, la automatización de los procesos industriales se inserta como una necesidad actual y futura. De ahí que la formación y desarrollo de habilidades relacionadas con la automatización sea una exigencia en el modelo del profesional del Ingeniero Químico. Lo anterior justifica la presencia de la Disciplina Fundamentos de Automatización (FA) en los planes de estudio de esta carrera en todas las universidades cubanas donde se estudia. "Abarca los elementos del perfil eléctrico a considerar en la carrera Ingeniería Química. Se ocupa, por tanto, de nociones de

Electrotecnia, Electrónica, Instrumentos de Medición y Controles para Procesos” (Ministerio de Educación Superior, 2010a, p. 22). Al referirse a la actualidad de la utilización de los sistemas de control Adan (2020) argumenta que “... se encuentran en todo tipo de aplicaciones, (...) (control de reactores, columnas de destilación, intercambiadores de calor ...)”. (pp. 19-20)

El desarrollo actual en la industria de procesos químicos y bioquímicos lleva a aplicar el control automático de procesos con tecnologías novedosas, lo que implica la necesidad del cambio de enfoque en el tratamiento de este tipo de control en la carrera cuando el control con esas características no se corresponda con los mismos. Por tanto, se debe atender:

Aquellos dispositivos de medición y control más comúnmente utilizados en la industria de procesos químicos en general (...) y en cómo concebir un esquema de regulación y control dada una situación tecnológica existente.

De igual forma (...) aspectos esenciales de teoría de control convencional y de control avanzado que encuentran mayor aplicación en el control de plantas químicas en la actualidad. (Ministerio de Educación Superior, 2010a, p. 226).

Los primeros trabajos relacionados con el control automático se remontan a varios siglos atrás y hasta la actualidad ha jugado un papel preponderante en el avance de la ciencia y de la ingeniería. En este sentido, se coincide con Alberto et al., (2007) cuando refiere que el “... estudio de los controles automáticos es importante debido a que proporciona una comprensión básica de todos los sistemas dinámicos, así como una mejor apreciación y utilización de las leyes fundamentales de la naturaleza” (p. 2). Son derivadas de un conjunto de leyes generales que describen el comportamiento de los sistemas.

Lo anterior demanda que los estudiantes modelen procesos dinámicos de control automático como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje del control automático de procesos industriales. En consecuencia, se hace necesario que el proceso se favorezca los modos de actuación y las habilidades en los profesionales durante el proceso de formación, aspectos estos insuficientemente abordados en las investigaciones educativas.

La temática referente a la formación y desarrollo de habilidades relacionadas con el control automático de procesos ha sido tratada por diferentes autores, desde diferentes enfoques y puntos de vista los cuales constituyen antecedentes teóricos y metodológicos. En el área internacional se destacan investigaciones afines a la enseñanza del control de procesos representados por varios autores. Mago et al. (2018) centra la investigación en el área de la Automatización y la Robótica en la Ingeniería Mecánica; Kawamura y Alleyne (2017) aborda la dinámica del proceso de reacción y abarcar la brecha entre la teoría y la práctica desde la simulación; Vargas y Herrera (2015) utilizan técnicas de control y simulación que permiten entender el comportamiento de los procesos físicos y Vásquez et al. (2015) desarrollan una estación experimental multipropósito para la enseñanza en Control de Procesos.

Por otra parte, autores tales como Guzmán et al. (2019) y Zumarraga (2016) dirigen sus investigaciones hacia la enseñanza del control automático. En tanto, Weitz (2015) propone una estrategia didáctica relacionada con el diseño de sistemas de control. Se destacan Martínez et al. (2017); Vargas et al. (2014) e Ibáñez (2020), quienes han contribuido con el diseño de herramientas didácticas y laboratorios para la enseñanza de sistemas de control. Guzmán et al. (2019); Jiménez (2016) y Loreto (2020) investigan temáticas concernientes con la enseñanza de la teoría del control.

Por otra parte, existen obras cubanas que son antecedentes para la investigación. Los autores Brito et al. (2011) abordan el papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. Mar et al. (2016) investigan sobre la práctica de control automático a distancia y Pérez et al. (2013) abordan el diseño del sistema de control automático.

Como se evidencia tanto las obras internacionales como nacionales estudiadas reflejan temáticas relacionadas con la modelación matemática en la formación de los ingenieros, control automático y diseño del sistema de control automático. Los fundamentos y las propuestas de soluciones

elaboradas por los autores referenciados, constituyen valiosos aportes para esta investigación; sin embargo, los estudios específicos sobre la enseñanza-aprendizaje de la modelación de procesos dinámicos de control automático son escasos y muy limitado su tratamiento para la formación del ingeniero químico.

En las industrias que tienen automatizado sus procesos productivos en el territorio, entre las que se encuentran: la Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras Holmes”; División Territorial de Comercialización de Combustibles Matanzas; Rayonitro; LABIOFAM Sucursal Matanzas y Sucursal Santa Cruz del Norte de Cuba Ron S.A., los especialistas de estas organizaciones reconocen que el estudio de control de procesos industriales en la actualidad debe enfrentar el reto que impone el desarrollo acelerado de la automatización aplicada al control de procesos químicos. Por tanto, se evidencia la necesidad de formar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en los estudiantes de la carrera Ingeniería Química.

El estudio teórico realizado, la experiencia del autor en la formación y desarrollo de habilidades en el Ingeniero Químico, los resultados científicos obtenidos como fruto de la investigación realizada en opción al título de Máster en Informática Aplicada, los resultados de la observación de los modos de actuación de los estudiantes en la práctica laboral concentrada, la revisión de trabajos de diploma y el seguimiento a los egresados, permitió identificar insuficiencias en el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química, manifestadas en:

- El egresado de la carrera no está suficientemente preparado para la solución de los problemas que demandan la modelación de los procesos dinámicos de control automático, los cuales se expresan, por las empresas, en la defensa pública de la carrera.

- Escasos fundamentos teórico-metodológicos en la disciplina Fundamentos de Automatización, que posibilitan la planificación, organización, ejecución, control y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje dirigido al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.
- No se precisa el sistema de invariantes funcionales que garantice el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.
- La modelación de procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química no siempre es considerada como esencial dentro del conjunto de conocimientos básicos que debe poseer el ingeniero químico, lo que incide en la motivación en los estudiantes.
- El trabajo metodológico de la disciplina y asignatura no siempre aseguran la preparación de los profesores para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.
- Profesores y estudiantes no disponen de un conjunto de acciones secuenciales e interrelacionadas que contribuyan al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.
- En los planes de estudio los objetivos instructivos no se declaran en el sistema de habilidades y en las orientaciones metodológicas de manera clara cómo tratar la habilidad, por lo que existe una carencia teórica que no permite sistematizarla.

La situación problémica descrita evidencia una contradicción entre la necesidad de contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático y las insuficiencias teórico-metodológicas manifiestas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos en la carrera Ingeniería Química.

En correspondencia con lo anterior se formula el siguiente problema científico: ¿Cómo contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química?

El objeto de estudio se enmarca en el desarrollo de habilidades en la carrera Ingeniería Química, en un campo de acción que comprende el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

Para dar respuesta al problema científico, se propone como objetivo: proponer una estrategia didáctica que contribuya al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

Para dar respuesta al objetivo planteado se formulan las siguientes preguntas científicas:

1- ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química?

2- ¿Cuál es el estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas?

3- ¿Cuál es la estructura de una estrategia didáctica que contribuya a desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas?

4- ¿Cuáles son los resultados de la valoración teórica y de la aplicación práctica de la estrategia didáctica elaborada para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas?

Para ofrecer respuestas a las preguntas científicas se ejecutaron las siguientes tareas de investigación:

- 1- Determinación de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.
- 2- Diagnóstico del estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.
- 3- Elaboración de una estrategia didáctica para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.
- 4- Valoración teórica de la estrategia didáctica y de los resultados de la aplicación práctica en el cuarto año de la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

La investigación se basó en la concepción dialéctico materialista del conocimiento científico, desde la cual se busca una respuesta al problema de la investigación con la utilización del paradigma cualitativo fundamentalmente. Ello facilitó comprender la esencia del objeto de estudio, sus características y contradicciones que en él se desarrollan. En correspondencia, se aplicaron métodos de la investigación educativa del nivel teórico y empírico del conocimiento, así como métodos estadísticos y técnicas de investigación.

Del nivel teórico se aplicaron:

El método histórico-lógico posibilitó el estudio de la evolución y desarrollo de los procesos dinámicos de control automático en la Ingeniería Química, factor este a tener en cuenta en el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

El método analítico-sintético permitió descomponer los conceptos medulares de la habilidad para el análisis de sus particularidades y con estos elementos se logra utilizar como síntesis las definiciones y características generales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

El método inductivo-deductivo favoreció llegar a las generalizaciones de las características del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la Ingeniería

Química. Predomina la deducción en la fundamentación teórica de la habilidad, lo inductivo contribuyó a obtener conclusiones generales y particulares a partir de las relaciones que se dan en la enseñanza de la modelación de los procesos dinámicos de control automático.

El método de la modelación propició la determinación del ideal teórico correspondiente a la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, así como a establecer relaciones entre los fundamentos teórico-metodológicos de la estrategia didáctica y su vínculo con la práctica pedagógica.

Del nivel empírico se aplicaron:

La revisión de documentos se empleó para constatar las orientaciones normativas de los planes de estudio “D” y “E” de la carrera Ingeniería Química en Cuba, en función de la habilidad a desarrollar.

El estudio del producto del proceso pedagógico pruebas parciales, informes de la práctica laboral integral (PLI) y de los trabajos de diploma (TD) permitió determinar el estado actual del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

La encuesta aplicada a los estudiantes, egresados, profesores y organizaciones posibilitó conocer opiniones y valoraciones sobre la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

La prueba pedagógica a los estudiantes de cuarto año de la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas posibilitó comprobar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el diagnóstico final.

El criterio de expertos facilitó la validación teórica de la estrategia didáctica propuesta. En el procesamiento se aplicó el método Delphi para evaluar las respuestas de los expertos en cada una de las preguntas y determinar los ajustes de los aspectos valorados.

La triangulación metodológica permitió la determinación de la información coincidente o contradictoria sobre el objeto de investigación a partir de un control cruzado de los datos de diferentes métodos de investigación.

Además, se utilizó la estadística, la cual posibilitó el procesamiento matemático, la tabulación y análisis de la información que se obtuvo en la aplicación de los instrumentos y la validación teórica de la estrategia didáctica propuesta.

La investigación se desarrolló en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas. Se trabajó con las siguientes unidades de análisis: 73 estudiantes, 18 egresados, cinco profesores y siete especialistas de la industria química. En los capítulos dos y cuatro se profundiza en su conformación e intencionalidad.

La novedad científica radica en la fundamentación de una estrategia didáctica que, sin antecedentes en el contexto educativo actual, revela relaciones esenciales entre los fundamentos teórico-metodológicos de los procesos dinámicos de control automático que se asumen y el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química, lo cual le imprime coherencia e integridad a la propuesta.

Desde el punto de vista teórico se contribuye a la didáctica de la educación superior, particularmente a la Disciplina Fundamentos de Automatización, en lo relativo al tratamiento didáctico y metodológico de la habilidad. La contribución a la teoría se expresa en que se aporta la definición de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química, con su sistema de invariantes funcionales.

La significación práctica se revela en la aplicabilidad de la estrategia didáctica, la cual se erige como un accionar de profesores y estudiantes en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos

dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química, contextualizadas a las exigencias profesionales territoriales presentes y emergentes en Matanzas.

La tesis está estructurada en introducción, cuatro capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo se presentan los fundamentos de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. En el capítulo dos, se presenta el estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química en la Universidad de Matanzas. En el capítulo tres se fundamenta y estructura la estrategia didáctica y en el cuarto se presenta la valoración teórica y práctica de la estrategia didáctica.

CAPÍTULO 1.

**FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS SOBRE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS
DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS SOBRE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos-metodológicos acerca de la formación y desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, se define la habilidad objeto de estudio, su sistema de invariantes funcionales y se particulariza en su tratamiento desde el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.1 Consideraciones teóricas sobre las habilidades en la educación superior

La sociedad actual demanda de una universidad nueva, que permita la formación de un ingeniero químico acorde con los procesos que tienen en la industria relacionada con su perfil, revirtiéndose en los modos de actuación más generales de su profesión. Deben ser profesionales "... que pongan en práctica todos los conocimientos y habilidades adquiridos y desarrollados durante todos los años en que fueron estudiantes universitarios. Sean portadores de los avances de la ciencia dondequiera que estén" (Vecino, 2000).

Uno de los aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior que aporta en este sentido es la formación y desarrollo de habilidades durante la formación de pregrado, válido para la carrera Ingeniería Química, ya que el éxito en las diferentes actividades

teóricas o prácticas que realiza el estudiante durante su proceso formativo y una vez que egrese depende en gran medida del dominio que tenga de ellas. La formación de las habilidades ha estado entre los temas centrales en la atención de los educadores y de la investigación educativa en todo el mundo desde diferentes perspectivas y enfoques. Sin embargo, el enfoque histórico cultural, ha brindado una interpretación dialéctico-materialista de los procesos de aprendizaje del individuo y una sólida base conceptual para el tratamiento de este tema.

Entre los autores que lo han tratado desde este enfoque, se destacan (Barreras, 2010; Blanco et al., 2019; Borges, 2012; Brito y González, 1987; Delgado, 2016; Ferrás, 2010; Galperin, 1986; García et al., 2015; Guerrero et al., 2018; León, 2016; Leontiev, 2014; Martins-do-Carmo-de-Oliveira y Massot-Madeira-Coelho, 2020; Placeres, 2020; Segura, 2016; Sixto y Márquez, 2017; Talízina, 1985; Villarreal et al., 2017).

Estos investigadores coinciden en analizar la habilidad en estrecho vínculo con el modo en que el estudiante realiza su actividad, para lo cual necesita disponer de un sistema de acciones y operaciones con carácter consciente. En la bibliografía consultada se han planteado diversas e importantes definiciones acerca de habilidad por psicólogos, pedagogos y didactas.

En el carácter activo de los procesos psíquicos, la esencia del proceso de desarrollo social y humano lo constituye el concepto de actividad, la que tiene como atributo esencial el ser actividad productiva, transformadora (González, 1999). Estos procesos, en el contexto educativo, se manifiestan en tres momentos interrelacionados entre sí: la apropiación de los conocimientos, el desarrollo de la actividad práctica y la actividad comunicativa.

En los procesos psíquicos hay que considerar que el papel regulador se manifiesta como forma de regulación inductora y ejecutora. A la forma de regulación inductora pertenecen aquellos procesos psíquicos que movilizan, conducen y mantienen la actuación del sujeto, tales como: motivación,

vivencias afectivas y voluntad. A la forma de regulación ejecutora pertenecen aquellos procesos psíquicos que permiten considerar las condiciones en que transcurre la ejecución por parte del sujeto, tales como: cognición, hábitos, habilidades, capacidades, valores.

Se reconoce la unidad existente entre los procesos cognitivos y afectivos en los procesos psicológicos. El estudiante experimenta satisfacción al proponer soluciones en su modo de actuación en la que se utiliza la modelación de procesos dinámicos de control automático en el diseño y/o explotación del proceso químico, producto de su actividad cognoscitiva.

Los procesos motivacionales poseen un rol especial para la orientación. En la comunidad científica actual existe el reconocimiento de los componentes afectivos que participan en la regulación inductora de la conducta (Martins-do-Carmo-de-Oliveira y Massot-Madeira-Coelho, 2020; Oliveira-dos-Santos y Mitjans-Martinez, 2020; Rodríguez-Arocho, 2020). Se puede afirmar que no existe alguna expresión de lo psicológico que sea solamente cognitiva o afectiva, aunque pueda predominar uno de estos dos factores.

La interacción social de los estudiantes con el profesor y el uso de los mediadores produce el desarrollo del aprendizaje. Se explica bajo este fundamento la teoría de la "Zona de Desarrollo Próximo" (ZDP) explicada por Vygotsky (1979) quien la define como:

La distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía del adulto o en colaboración con otro compañero más capaz. (p. 133)

Para determinar la ZDP de un sujeto se necesita evaluar su desempeño en ese momento. De acuerdo con el resultado obtenido, se evalúa cual debe ser la estrategia a utilizar para mejorar las habilidad y conocimientos del individuo. La utilización del instrumento de mediación posibilita la Zona de desarrollo potencial, indispensable para que los estudiantes se apropien de los nuevos conocimientos y habilidades bajo la orientación del profesor.

A continuación, se presentan diferentes definiciones de habilidades que son orientadoras para la presente investigación.

Para Grusdev (1949 citado en Sixto, 2014, p. 12) “La habilidad es el conjunto de diferentes hábitos como casos particulares de sus funciones”. Milerian (1958 citado en Sixto, 2014, p. 12) explica que la “Habilidad como la capacidad, basada en los conocimientos y hábitos, de alcanzar exitosamente los objetivos conscientemente planteados de la actividad en condiciones variables de su realización. (...) Cualquier habilidad está indisolublemente ligada con el razonamiento creativo del hombre”.

Por otra parte, Maximova (1962 citado en Llanes, 2011, p. 1) argumenta que la habilidad es “... un sistema complejo de acciones conscientes las cuales posibilitan la aplicación productiva o creadora de los conocimientos y hábitos en nuevas condiciones en correspondencia con su objetivo”.

Platonov (1963 citado en Sixto, 2014, p. 12) explica que “La habilidad es la capacidad de realizar una actividad o acción determinada en nuevas condiciones creadas en base de los conocimientos y hábitos antes adquiridos”.

Danilov y Skatkin (1980, p. 112) consideran que: “La habilidad es un concepto pedagógico extraordinariamente complejo y amplio, es la capacidad adquirida por el hombre de utilizar creadoramente sus conocimientos y hábitos tanto durante el proceso de actividades teóricas como prácticas”.

Mientras que Álvarez (1981, p. 66) ha expresado que “Las habilidades son las técnicas y procedimientos de la actividad cognoscitiva que son asimilados por un alumno y que pueden utilizarse independientemente en correspondencia con los objetivos y las condiciones en las cuales se debe actuar”.

Por su parte, al referirse a la habilidad, Savin (1982, p. 71) explica que la habilidad "... es la capacidad del hombre para realizar cualquier operación (actividad) sobre la base de la experiencia anteriormente recibida".

Klingberg (1985, p. 102) explica que "Las habilidades son componentes automatizados de la actividad del hombre surgidos mediante la práctica y el hábito (que deben manifestarse en las acciones complejas)".

Se puede encontrar la definición argumentada por Argudín (1990 citado en León, 2016, p. 14) quien explica que "... las habilidades son las destrezas o capacidades necesarias para ejecutar algo, y obtener conocimientos. Aplicar estos conocimientos también requiere del uso de las habilidades".

Márquez (1995) plantea sobre la habilidad que "... son formaciones psicológicas mediante las cuales el sujeto manifiesta de forma concreta la dinámica de la actividad con el objetivo de elaborar, transformar, crear objetos, resolver problemas y situaciones y actuar sobre sí mismo". (p. 112)

Álvarez (1997) expone que:

Las habilidades son estructuras psicológicas del pensamiento que permiten asimilar, conservar, utilizar y exponer los conocimientos. (...) Se forman y desarrollan a través de la ejercitación de las acciones mentales y se convierten en modos de actuación que dan solución a tareas teóricas y prácticas. (...) Las habilidades se desarrollan en una compleja red de interrelaciones, en la cual, además, se asimilan conocimientos gracias a la actividad consciente de quien aprende, y desarrolla sus habilidades en el acto de aprender conocimientos. (p. 30)

Bermúdez (1998) considera a la habilidad como la acción dominada por parte de la persona.

Instrumentación consciente dominada. Otras formas más sencillas de interpretarla la habilidad es definirla como "saber hacer" o como el "conocimiento en acción" (Petrovski, 1997). Silvestre y Zilberstein (2000), señalan que, como parte del contenido de la enseñanza, "... implica el dominio de las formas de la actividad cognoscitiva, práctica y valorativa, es decir "el conocimiento en acción" (p. 72)

Brito (septiembre 1989, p. 4) conceptualiza a la habilidad como "... aquella formación psicológica ejecutora particular constituida por el sistema de operaciones dominadas que garantiza la ejecución [de la acción] del sujeto bajo control consciente".

Por último, se presenta la definición hecha por Montes y Machado (2009), quienes consideran la habilidad como "... la expresión del modo de interacción del sujeto con los objetos o con los sujetos, en la actividad y la comunicación, que está constituida por el sistema de operaciones dominadas que garantiza la ejecución de la acción del sujeto bajo control consciente". (p. 9)

Un análisis de las definiciones consultadas permite al autor de la tesis hacer las siguientes precisiones:

- Las habilidades son necesarias para la regulación de la actividad. Esto puede explicarse a partir de la teoría de la actividad planteada por Leontiev (1982), la cual precisa que la actividad obedece a necesidades específicas.
- La habilidad se ubica en el plano psíquico del desarrollo humano. En sentido general, todos los autores aluden al nivel psíquico.
- La habilidad se relaciona con la esfera ejecutora de la personalidad. En todos los casos, se relaciona la habilidad con la ejecución del sistema de operaciones que la conforman.
- La estructura de una habilidad está dada por el sistema de operaciones necesarias para ejecutar una acción.
- El desarrollo de una habilidad se vincula al dominio de acciones y operaciones, por lo tanto, su ejecución debe ser consciente e independiente.
- El desarrollo de la habilidad no puede verse sin vínculo de lo afectivo en el sujeto, por lo que deben crearse situaciones de enseñanza-aprendizaje que lo estimulen a ejecutar la acción propuesta para ser desarrollada como habilidad.

- La habilidad se forma y desarrolla en interrelación con los conocimientos, ya que el conocimiento es apropiado por el estudiante operando con él y la habilidad se logra ejecutando las operaciones que la constituyen, con determinados conocimientos.

A los efectos de esta investigación, se asume la definición de habilidad ofrecida por Brito, Castillo, Bermúdez y Rodríguez (1990 citado en Valiente, 2015) quienes plantean que:

La habilidad es aquel componente del contenido que caracteriza las acciones que el estudiante realiza, al interactuar con el objeto de estudio (conocimiento), es decir, están vinculadas también con la ejecución de acciones por parte del alumno. (...) la habilidad incluye tanto elementos que permiten al sujeto orientarse en las condiciones en que se realiza la actividad, en los objetivos y fines de la misma, así como en los métodos a emplear; como aspectos destinados a poner en práctica los mismos y a controlar su ejecución adecuadamente. (p. 23)

La definición de Álvarez (1999), más cercana a posiciones didácticas, califica la habilidad como:

la dimensión del contenido que muestra el comportamiento del hombre en una rama del saber propio de la cultura de la humanidad, es desde el punto de vista psicológico el sistema de acciones y operaciones dominado por el sujeto que responde a un objetivo. (p. 69)

Esta definición permite comprender la relación de la habilidad con los diferentes aspectos didácticos para considerarla como parte del contenido de enseñanza. En esta investigación se reconoce el carácter rector de los objetivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la relación dialéctica: objetivo-contenido-método-medio-forma de organización y evaluación (Addine et al., 2007; Corona y Fonseca, 2009; Fernández, 1997; Silvestre y Zilberstein, 2000).

El objetivo contempla varios elementos fundamentales como parte de su estructura. González et al. (2007) refieren que “contempla tres elementos fundamentales: acción-conocimiento y valoración” (p. 57) y Santos (2016) plantea que “En cuanto a su estructura (...) incluye: los conocimientos, las habilidades, los hábitos, las convicciones, los sentimientos, las actitudes, las acciones valorativas y el sistema de motivos e intereses” (p. 208). En ambas propuestas se evidencia que un elemento esencial es la acción que una vez sistematizada devendrá en la habilidad que se quiere desarrollar en el estudiante, por tanto, ha de estar en función de su aprendizaje. Ello evidencia la relación

habilidad- objetivo, aunque no se expresa de manera explícita la intencionalidad educativa en el objetivo.

El objetivo determina el contenido de enseñanza, lo que evidencia una relación entre la categoría objetivo y contenido. Uno de los componentes de este último es la habilidad, la cual se forma y desarrolla en interrelación con los conocimientos, ya que el conocimiento se apropia operando con él y la habilidad se logra al ejecutar las operaciones que la constituyen, con determinados conocimientos, lo que evidencia que el conocimiento y las habilidades tienen una relación indisoluble.

El sistema de relaciones con el mundo, contiene los sistemas de valores, intereses, responsabilidad, la interrelación social y consigo mismo. Poseen un estrecho vínculo con los demás componentes del contenido de enseñanza (Colectivo de autores, 2002).

El sistema de experiencias de la actividad creadora explica Addine (2004) que demanda de los demás componentes del contenido y que posee una marcada relación con lo afectivo motivacional. Hay que tener en cuenta que “el objetivo es quien determina el nivel de asimilación creativo como categoría rectora del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que justifica la identidad y las relaciones entre los componentes del sistema didáctico” (Nápoles y Pérez, 2016, p. 29). Por tanto, en el nivel creativo las herramientas que se desarrollan son las capacidades creadoras y el sistema de relaciones con el mundo tiene una connotación mayor.

En este aspecto hay que tener en cuenta lo planteado por Rasumovski (1987), cuando hace referencia a que, en el sistema de experiencias de la actividad creadora, el aprendizaje de los conocimientos conlleva a la formación de capacidades creadoras. Este propio autor refiere, además, que “Para el desarrollo de las capacidades creadoras de los alumnos es importante, ante todo, el

contenido de la propia asignatura. La estructura del material docente y los métodos de su exposición también tienen un gran significado. (p. 29)

En el concepto de método “está incluida la sucesión lógica de acciones y operaciones que se relacionan sistemáticamente, dirigidas a un objetivo, es decir la manera de proceder planificada y sistemática que hay que producir para alcanzar un objetivo determinado. De ahí la comprensión de que los métodos de enseñanza dependen de los objetivos de la clase. También se seleccionan en correspondencia con el contenido de enseñanza” (Santos, 2016, p. 243). Existe, en consecuencia, una relación intrínseca entre el objetivo, el contenido y los métodos de enseñanza.

Se considera imprescindible y necesario abordar, la utilización de “... los métodos productivos (que son aquellos que buscan intensificar la actividad cognoscitiva, independiente y creativa del alumno), sin descuidar los momentos necesarios donde los métodos reproductivos tengan lugar” (Rico et al., 2016, p. 250). Según estos autores, los primeros, favorecen “... el desarrollo de los conceptos y las habilidades”. (p. 251)

Entre los métodos productivos o problémicos se encuentra el método heurístico. En el ámbito internacional se encuentran autores que han trabajado a la heurística como una ciencia: Aripin et al. (2018); Beltrán et al. (2018) y Campi et al. (2015) entre otros. En Cuba son referentes Ballester y otros (1992); Curbeira et al. (2019) y Ruiz (2018) han desarrollado investigaciones que aportan a esta ciencia.

Ruiz (2018) considera a la heurística como un “... conjunto de pasos secuenciales, procesos; en donde uno utiliza su arte, creatividad, su invención espontánea para poder ante una situación problemática buscar la solución” (p. 24). En esta definición no se esclarecen cómo se integran dos elementos dispares entre sí como el conjunto de pasos secuenciales con el uso del arte, la creatividad entre otros.

Por otra parte, Quispe (2016) explica que la heurística "... consiste en una regla de razonamiento de utilidad práctica pero solo aproximada para la solución de problemas" (p. 10). Para la presente tesis se utilizan los procedimientos heurísticos para los contextos particulares de la modelación de procesos dinámicos de control automático en los procesos químicos. Lo expresado anteriormente guarda relación con el programa heurístico general (PHG) que declara la Metodología de la Enseñanza de la Matemática, el cual está integrado por una secuencia de acciones, delimitada por las etapas principales que reproduce la lógica del proceso total de resolución de un problema matemático para el que se modela procesos dinámicos de control automático y tiene su origen en el modelo heurístico.

Se asumen el programa heurístico general propuesto por Jungk (1979) y Müller (1986) que ha sido ratificado su valor por otros estudiosos de la temática (Díaz y Díaz, 2018; Jorge-Martín et al., 2019; Santos et al., 2017). El programa heurístico general se estructura a través de sus principios, reglas y estrategia. Consta de cuatro fases:

1. Orientación hacia el problema cuya tarea principal es la comprensión.
2. Trabajo en el problema. Búsqueda de la idea y del plan de la solución.
3. Solución del problema. Representación de la solución.
4. Evaluación de la solución y de la vía. Comprobación de la solución y de la vía (Jorge-Martín et al., 2019, p. 124).

Los medios constituyen otro componente del proceso de enseñanza-aprendizaje que posibilitan la formación y desarrollo de habilidades. En esta tesis se considera tener en cuenta lo expresado por Castellanos et al. (2002, p. 45) al explicar que:

"... la relación de los medios con la unidad problema-objetivo-contenido-método, y de manera especial con el contenido, pues este no podría concretarse si no es mediante los medios, y el PEA no podría concretarse a su vez sin el contenido. Es decir, la relación contenido-medio, aunque mediatizada por el método, es fundamental para el diseño y ejecución del PEA. (p. 45)

Desde el punto de vista didáctico se reconoce que el uso de las TIC como medio de enseñanza posibilita el desarrollo de habilidades. En este contexto, los asistentes matemáticos son

herramientas que se emplean para resolver problemas de diversa complejidad matemática en la formación de ingeniero, los cuales muestran soluciones de cómo cambian instantáneamente las variables (Morales y Blanco, 2019; Pico et al., 2017). El software MatLab es uno de los asistentes matemáticos que se utiliza como medio de enseñanza-aprendizaje (Kalúz et al., 2019; López et al., 2016). Su uso en la carrera de Ingeniería Química en Cuba para la enseñanza de control de proceso obedece a que permite la simulación de procesos dinámicos de control automático a partir de los modelos de transformada y antitransformada de Laplace. En esta investigación se considera que el software MatLab favorece el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automáticos en la carrera Ingeniería Química pues permite optimizar las acciones de la habilidad. Este software tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

La evaluación del aprendizaje tiene como propósito "... comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos formulados en los planes de estudio de la educación superior, mediante la valoración de los conocimientos y habilidades que los estudiantes van adquiriendo y desarrollando" (Ministerio de Educación Superior, 2018, p. 693). Una transformación necesaria al respecto en este proceso es "Sustituir el control externo de la actividad de aprendizaje por la autorregulación del mismo, practicándose la heteroevaluación, la coevaluación y la autoevaluación". (Ginoris, 2009, p. 122)

Para favorecer el desarrollo de habilidades se ha de considerar las distintas formas de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje. En el Artículo 127 de la RM/2/2018 se precisan las siguientes: a) La clase. b) La práctica de estudio. c) La práctica laboral. d) El trabajo investigativo de los estudiantes. e) La autopreparación de los estudiantes. f) La consulta. g) La tutoría. En este contexto se reconoce a la clase como la forma fundamental. En la educación superior "... sus tipos principales son: la conferencia, la clase práctica, el seminario, la clase encuentro, la práctica de

laboratorio y el taller” (Ministerio de Educación Superior, 2018, p. 687). En el anexo 1 se muestra la interrelación entre las diferentes categorías del proceso de enseñanza-aprendizaje en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera de Ingeniería Química.

El autor considera trascendental abordar los componentes estructurales de las habilidades. La habilidad debe ser ejecutada desde un sistema de acciones u operaciones, con un alto grado de sistematización que le permita alcanzar un dominio tal, en la que se reconozca su presencia. La existencia de un sistema de instrumentaciones ejecutoras de cada acción, operación y sus relaciones, permitiendo su dominio al ser sistematizadas, por medio de las cuales tiene que transcurrir la ejecución de la actuación a lo que se denominan invariantes funcionales de la ejecución (Bermúdez, 1998; Placeres, 2020; Rivera, 2017).

Otro aspecto importante cuando se aborda lo relativo a las habilidades es lo referido a las etapas por la cual transita la adquisición de la habilidad. Existe consenso entre los investigadores al considerar las etapas de formación y desarrollo. Para López (2002) la formación de la habilidad es “... la etapa que comprende la adquisición consciente de los modos de actuar, cuando bajo la dirección del maestro o profesor el alumno recibe la orientación adecuada sobre la forma de proceder”. (p. 24)

Mientras que para Álvarez (1997) la habilidad es “... apropiarse de la estructura del objeto y convertirlo en un modo de actuar, en un método para el estudio del objeto”. (p. 67)

El análisis de los principales rasgos que caracterizan estas definiciones ha permitido al autor de esta tesis, considerar la formación de las habilidades asociadas a los procesos dinámicos de control automático como la apropiación consciente de los modos de actuación profesional del ingeniero químico para ejecutar determinadas tareas teóricas o prácticas vinculadas a la industria química.

Por otra parte, López (2002) refiere que se está en presencia del desarrollo de la habilidad, "... cuando una vez adquiridos los modos de acción, se inicia el proceso de ejercitación, es decir, de uso de la habilidad recién formada en la cantidad necesaria y con una frecuencia adecuada, de modo que vaya haciéndose cada vez más fácil de reproducir o usar, y se eliminen los errores". (p. 25)

Según Curbeira et al. (2013) el nivel de desarrollo se determina "a través de la rapidez y corrección con que la acción se ejecute" (p. 109). Por lo tanto, se considera el desarrollo de habilidades en relación con los procesos dinámicos de control automático, cuando una vez adquiridos conscientemente los modos de acción del ingeniero químico, se inicia el proceso de ejercitación y aplicación de las habilidades en la ejecución de determinadas tareas teóricas o prácticas vinculadas a su desempeño profesional en la industria química, de modo que vaya perfeccionando el modo de actuación profesional.

Ferrer (2000) plantea que desde el punto de vista pedagógico las habilidades son formadas y desarrolladas por el hombre para utilizar creadoramente los conocimientos, tanto durante el proceso de la actividad teórica, como práctica. Considera esta autora que parten del conocimiento y se apoyan en él. Criterio que comparte el autor porque no se puede saber hacer sin conocimientos previos.

Existe consenso entre los investigadores al referirse a las etapas por la cual transita la formación y desarrollo de la habilidad (Segura-Montero y González-Hernández, 2015; Sixto, 2014; Villarreal et al., 2017). Álvarez (1997 citado en Sixto, 2014) resume los aspectos esenciales que componen estas etapas:

Motivación y orientación de la ejecución: etapa inicial, en que la motivación impulsa y dirige la actividad, y la orientación indica las ejecuciones que deberán ser realizadas en la actividad, de forma consciente, así como los indicadores necesarios para evaluar la calidad de la ejecución.

La asimilación de la habilidad: etapa en la que el profesor deberá ofrecer tareas en las que sea necesario aplicar la invariante de habilidad.

El dominio de la habilidad: etapa en la que los alumnos deben alcanzar un determinado nivel de dominio en la acción.

La sistematización de la habilidad: etapa que pretende la generalización de la ejecución a nuevas situaciones, es el momento en que el alumno debe ser capaz de relacionar el nuevo contenido con otros que él ya posee.

La evaluación, que es cuando se comprueba el logro de los objetivos por parte de los estudiantes a través de una situación; esto es, resolver una nueva tarea, pero en cuya esencia se encuentre la invariante de habilidad. (pp. 17-18)

En este contexto hay que tener en cuenta que la "... formación expresa la dirección del desarrollo, es decir, hacia donde este debe dirigirse" (López et al., 2002, p. 58). En correspondencia con este presupuesto se considera que la formación de las habilidades del ingeniero químico se interpreta como base de su desarrollo y como la orientación del desarrollo hacia el logro de los objetivos y las habilidades principales a dominar de la carrera Ingeniería Química.

Para la formación y desarrollo de las habilidades del ingeniero químico es necesario que el estudiante interactúe con escenarios donde se manifieste la relación teoría-práctica (laboratorio de computación y empresa) toda vez que se reconoce que ahí es donde el estudiante se vincula con los principales problemas profesionales que se le presentan durante su formación de pregrado, estas actividades posibilitan la aplicación creadora de los conocimientos que recibe como parte de su formación en la carrera.

Para la formación y desarrollo de las habilidades desde el punto de vista metodológico se han propuesto fases por Montes de Oca y Machado (2009) la primera: preparación de la ejecución, que incluye la planificación y organización; y la segunda: la ejecución; mientras que la tercera: el control y la evaluación están presentes en ambas como proceso y como producto. Estas fases constituyen en sí un proceso y son válidas en la formación y desarrollo de las habilidades del ingeniero químico.

Por su parte León (2016, pp. 19-20) considera pasos que favorecen la eficiencia del referido proceso. Ellos son:

1-Planificación:

- a) Determinar cuáles habilidades se requieren formar y su relación con las capacidades generales.
- b) Determinación de las invariantes funcionales de las habilidades terminales que se deben lograr.
- c) Análisis de las condiciones de desarrollo actual que exigen en el estudiante el plan establecido.
- d) Diagnóstico del nivel de entrada real que poseen los estudiantes en el plano de la ejecución.
- e) Ordenar las habilidades de forma ascendente en cuanto al nivel de complejidad.

2- Organización:

- a) Determinar en qué momento del programa y qué conocimientos, permitirán proporcionarle al estudiante (como objetivos y tareas) la realización de las acciones y operaciones que se desean que él domine.
- b) Establecer cómo van a ser cumplidos los requisitos para la formación de las habilidades.
- c) No sobrecargar las clases de contenidos
- d) Trabajo coordinado del colectivo profesional.

3- Ejecución: la labor pedagógica debe ir encaminada a lograr que el estudiante de manera independiente sea capaz de elaborar un programa de acciones a modo de representaciones internas. Para ello, el estudiante necesita lograr una representación interna consciente de las condiciones de partida de la actuación. Desde el punto de vista didáctico, el profesor debe distinguir dos momentos en la ejecución con los estudiantes: una fase de preparación y otra de realización.

4- Evaluación de las actuaciones: debe considerarse la evaluación externa que ejecutará el profesor y la interna o autoevaluación que debe ejecutar el sujeto durante todo el proceso de formación y desarrollo de la habilidad.

Sin embargo, no se aprecia en estas fases propuestas por los autores consultados una etapa de diagnóstico que permita constatar el desarrollo de los estudiantes para la formación y desarrollo de las habilidades. Esta etapa diagnóstica resulta importante porque sienta las bases para establecer las restantes acciones que tienen en cuenta el estado actual del estudiante y hasta dónde puede llegar con la colaboración de otro compañero más capaz o el profesor. Por lo que en esta investigación se asumirá la propuesta de León (2016) que le añade a la fase de diagnóstico en la que se propone como objetivo fundamental diagnosticar las condiciones para la formación y desarrollo de las habilidades.

Silvestre y Zilberstein (2000) consideran otros requisitos al respecto que aportan a la formación y desarrollo de habilidades. Estos autores significan que las acciones tienen que ser suficientes, que se repita un mismo tipo de acción, aunque varíe el contenido teórico y práctico; variadas, impliquen

diferentes modos de actuar, desde las más simples hasta las más complejas, lo que facilita una cierta automatización y diferenciadas, en correspondencia con el desarrollo que alcanzan los estudiantes para propiciar el desarrollo de la habilidad.

Para garantizar la formación y desarrollo de habilidades es necesario el cumplimiento de determinados requisitos, los que aseguran la adecuada sistematización de las operaciones. Se asumen los expuestos por Brito (1989) y se ha ratificado su valor pedagógico en investigaciones educativas posteriores como las de Bermúdez (1991, p. 106) y Corona y Fonseca; Montes y Machado; Rubio y Tejeda (2009; 2009; 2005 y 2000 citado en Sixto, 2014, p. 18). Ellos son:

- Frecuencia en la ejecución, dada por el número de veces que se ejecuta la acción.
- Periodicidad, determinada por la distribución temporal de las ejecuciones de la acción.
- Flexibilidad, dada por la variabilidad de los conocimientos.
- Complejidad, la cual se relaciona con el grado de dificultad de los conocimientos.
- Gradación, disposición u orden en que se ejecutan las acciones.

León (2016) esclarece al respecto que la solidez de la acción no depende solamente del número de repeticiones, depende, además, si la misma está generalizada o no y de cuan cerca está la acción de la forma mental.

Otro fundamento a tener en cuenta es lo relativo a la **clasificación de las habilidades**.

Según Brito y González (1987) las habilidades se clasifican en: generales; específicas; laborales; docentes y profesionales. La clasificación de habilidades realizada por Álvarez (1997) son: habilidades del pensamiento; habilidades del procesamiento de la información; habilidades de la comunicación y habilidades profesionales.

Otra opción para clasificar a la habilidad es la ofrecida por Talízina (1992) en la que se acoge a los criterios según su área de formación y desarrollo: generales, profesionales, ideopolíticas, de estudio,

particulares, disciplinas, asignaturas y temas. Autores como Tamayo et al. (2016) y Zilberstein (2003) coinciden en abordar la clasificación a partir de habilidades generales (que incluyen habilidades intelectuales y habilidades docentes) y específicas e incentivan el trabajo por el desarrollo de habilidades generales o de grupos de habilidades específicas.

El investigador Álvarez (1999) clasifica a las habilidades de la siguiente forma:

- Habilidades Lógicas o Intelectuales: que contribuyen a la asimilación del contenido y sustentan el pensamiento lógico.
- Habilidades Específicas: propias de las ciencias que son objeto de estudio, plasmadas en las asignaturas y concretadas en los métodos de trabajo que deben aparecer en el contenido del programa.
- Habilidades Docentes: comunes a cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje.

La habilidad profesional ha sido interés de algunos investigadores entre los que se encuentran (Barberán et al., 2019; Fernández, 2017; Vivanco y Sarango, 2019). Fuentes (1998) al abordar a la habilidad profesional explica que forma la base de la actuación del profesional que en el contexto de la didáctica de la educación superior y refiere que:

Es el tipo de habilidad que a lo largo del proceso de formación del profesional deberá sistematizarse hasta convertirse en una habilidad con un grado de generalidad tal que le permita aplicar los conocimientos, actuar y transformar su objeto de trabajo, y por lo tanto resolver los problemas más generales y frecuentes que se presenten en las diferentes esferas de actuación, esto es, los problemas profesionales. Constituyen, por consiguiente, la esencia de la actuación del profesional y punto de partida del modelo del profesional. (pp. 4-5)

Este autor argumenta sobre las:

Habilidades específicas (vinculadas a una rama de la cultura o profesión). Constituyen el tipo de habilidad que el sujeto desarrolla en su interacción con un objeto de estudio o trabajo concreto y que, en el proceso de enseñanza aprendizaje, una vez que son suficientemente sistematizadas y generalizadas, se concretan en métodos propios de los diferentes objetos de la cultura que se configuran como contenido. (p. 4)

En otro orden de aspectos, la actividad cognoscitiva representa, por su parte, "... un proceso de desobjetivación de tránsito de lo material en una idea" (Leontiev, 1982, p. 37). Sin embargo, considera la fuerte interrelación entre necesidad y motivo a tal punto que llega a afirmar que la actividad no puede existir sin un motivo. Para este contexto hay que tomar en consideración el criterio de Zambrano y Barberán (2018) al explicar que:

La historia personal del estudiante y su influencia en la formación de las habilidades, la regulación inductora de la personalidad, predominantemente afectiva, en que, además de las necesidades y motivos, también influyen las vivencias afectivas, la voluntad, los intereses las aspiraciones, intenciones, ideales, en una interrelación compleja, dinámica y evolutiva entre lo interno y lo externo. (p. 11)

La motivación constituye una condición necesaria de la existencia propia del hombre, se puede considerar, el motor impulsor de toda su actividad. Aspecto evidenciado en la esfera educativa argumentado por Hernández-Flórez (2019) cuando expresa que:

La motivación impulsa al estudiante a trabajar en un proceso del saber específico que nace a partir un sistema cognitivo, en el cual mezcle los valores, el contexto social y las experiencias de cada persona para sobresalir en el mundo del aprendizaje. (p. 59)

El autor considera que la motivación propicia un clima adecuado, lo cual facilita actitudes favorables ante el proceso de aprendizaje y comparte el criterio de Castellanos et al. (2002) cuando expresa que:

La eficacia y calidad del aprendizaje están condicionadas por su vínculo con las necesidades, motivos e intereses del alumno, en los cuales se apoya. Las motivaciones de la actividad de estudio determinan el enfoque (superficial, reproductivo; profundo, significativo) del aprendizaje y, por ende, los resultados del mismo.

El contenido de aprendizaje para el estudiante ha de ser significativo para el contexto de actuación, tiene por objetivo satisfacer las necesidades cognoscitivas e involucra de una forma personal el sistema de las motivaciones, propósitos y expectativas del sujeto. Se hace evidente la necesaria interacción entre lo cognitivo y lo motivacional lo que estimula, sustenta y proporciona una trayectoria al aprendizaje, y que determinan su expresión como una actividad constante de

autoperfeccionamiento y autoeducación. Estos contenidos individualizados poseen una fuerte carga emocional y permiten una regulación efectiva del comportamiento y abarcan una sólida proyección de su vida presente y futura al ser asociados a la motivación profesional.

El estudio de los fundamentos teóricos planteados permite reconocer la necesidad de la formación y desarrollo de habilidades en la formación del ingeniero químico que contribuyen a su proceso formativo. Una de ellas es la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Para ello resulta clave el dominio de las consideraciones teóricas relativas a los procesos dinámicos de control automático en la Ingeniería Química, aspecto este que se aborda a continuación.

1.2 Los procesos dinámicos de control automático en la Ingeniería Química

La ingeniería química es una profesión que según el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (s.f., citado en Ministerio de Educación Superior 2010a) se ocupa de:

La aplicación de los principios de las ciencias físicas, la economía y las relaciones humanas, a campos directamente relacionadas con procesos en los cuales la materia es objeto de tratamiento, con el propósito de efectuar cambios en su estado, su composición y contenido de energía. (p. 8)

En Cuba el perfil del profesional del Ingeniero Químico está direccionado tanto en el Plan de estudio “D” como “E” a “... producir productos químicos y bioquímicos con la calidad requerida, al costo más bajo posible, con la máxima seguridad y el mínimo deterioro ecológico”. (Ministerio de Educación Superior, 2010a, p. 8) y (Ministerio de Educación Superior, 2017, p. 9)

El campo de acción del ingeniero químico comprende los procesos en cuya operación, diseño o desarrollo concurren total o parcialmente las leyes y principios agrupados en los siguientes procesos fundamentales: balance de materiales, balance de energía, equilibrio físico, equilibrio químico, velocidad de reacción química y bioquímica, velocidad de transporte de cantidad de movimiento, calor, masa y balance económico.

El ingeniero químico, utilizando las técnicas de control, le da solución a numerosos problemas vinculados a los procesos en que trabaja. Para ello ha de utilizar con eficacia todas las fuentes de información y aplicarlas para lograr soluciones prácticas a problemas de la industria, en consonancia al perfil del graduado (Zambrano, 2016). El desarrollo de la electrónica en el siglo XX repercutió de forma favorable con la introducción de instrumentos de medición y de control en la industria química, contexto que hizo posible que a "... finales de la década de los 40, (...) [aparecen en el currículo del ingeniero químico] los primeros cursos sobre instrumentación y el control de procesos". (Ordoñez et al., 2006, p. 202)

Aiello et al. (2012) manifiestan que en "... la década de los 60 del siglo anterior, cobró auge el enfoque de la Ingeniería Química como una Ingeniería de Sistemas de Procesos, basado en el desarrollo, concepción y diseño de los procesos, los sistemas de control y por la operación efectiva de los complejos procesos de planta" (p. 3). Por otra parte, Hougen (1979) y Valiente, A. (2015) explican que en la década de 1965 a 1975 el control y la simulación de procesos químicos comienzan a adquirir gran importancia en esta época, siendo progresivamente introducidos en los planes de enseñanza de las escuelas y facultades donde se forman los ingenieros químicos (Egeland y Gravdahl, 2003; Kawamura y Alleyne, 2017; Tapia et al., 2019; Wagner et al., 2016).

El enfoque de la Ingeniería Química como una Ingeniería de Sistemas de Procesos, en aquel entonces, facilitó modificaciones importantes en la enseñanza de esta carrera, en las que se incorporan nuevas herramientas y técnicas modernas para el diseño y operación de plantas industriales. La tendencia a la cual se enfocaba la especialidad, iba dirigida a la integración de los conocimientos y habilidades recibidos en las disciplinas "Balance de Materiales y Energía", "Operaciones Unitarias", "Termodinámica Aplicada", "Reactores Químicos" e "Instrumentación y Control", para que realizaran el análisis del comportamiento del proceso específico, e incidir

directamente en este. Sin lugar a dudas el "... control automático de procesos industriales es una de las disciplinas de mayor relevancia y desarrollo dentro de la ingeniería en los países industrializados, interrelacionando consideraciones y procedimientos de las Ingenierías Mecánica, Electrónica e Informática". (Rojas, 2010, p. 1)

La complejidad de los procesos tecnológicos en la industria química engendra la necesidad de introducir sistemas de control de procesos automáticos. Su utilización posibilita mantener la competitividad en el mercado con un alto nivel de calidad, seguridad y eficiencia del proceso productivo. Por ello, al optimizar constantemente los procesos y utilizar tecnología innovadora permite avanzar en el frente de la ingeniería de medición, control y automatización. De esta manera, se encuentran soluciones no solo para el proceso productivo, sino también para incorporar aquellas tecnologías que favorecen el cuidado del medio ambiente, el ahorro de energía y de recursos, en concordancia con el desarrollo sostenible, posición asumida por el autor en investigaciones precedentes (Molina et al., 2018b).

Los sistemas de control son una herramienta que permite el funcionamiento óptimo de los procesos tecnológicos en la industria química, los cuales mejoran la calidad, disminuyen los costos de producción, expanden el ritmo de la producción y liberan a los operarios de la complejidad de las tareas manuales repetitivas, que no pueden ser controladas por humanos (Alvarez, 2010; De Prada, 2004; Hernández et al., 2013; Molina et al., 2018a).

El modelo del profesional de la Ingeniería Química declara como uno de sus objetivos para el cuarto año: "Aplicar, a un nivel productivo, las leyes y principios de la instrumentación y automatización de procesos al campo de la ingeniería química, a partir de la selección adecuada de los instrumentos de medición y control requeridos en un proceso" (Ministerio de Educación Superior, 2010a, p. 34). Por otra parte, los objetivos por niveles de la carrera Ingeniería Química para el tercer nivel de formación

profesional, ubicado en los dos últimos años de la carrera (Ministerio de Educación Superior, 2010a, pp. 37-38) declara que:

Este nivel se caracteriza por el empleo de los conocimientos y habilidades sobre la explicación de los fenómenos, y por la utilización de los bloques de conceptos fundamentales, para explicar el comportamiento de los procesos y aparatos que constituyen el cuerpo de la industria química (...). El rasgo distintivo de este nivel es un proceso de integración apoyado en el vínculo laboral – investigativo y conducido, por la disciplina “Ingeniería de Procesos”.

El control y la supervisión de las variables de procesos químicos son operaciones cotidianas que realiza el tecnólogo en la explotación de la planta en tiempo real. Los ingenieros químicos al interactuar en la explotación de la industria, necesitan de conocimientos acerca de los lazos de control automático para estabilizar las magnitudes de las variables de proceso. Los sistemas dinámicos les permiten tomar decisiones ante cualquier eventualidad y con ello mejorar la eficiencia de la producción.

En la industria las magnitudes de las variables de procesos pueden cambiar por múltiples causas. Las más comunes son las perturbaciones internas o externas del sistema. De ahí, la necesidad de aplicación del control automático para estabilizar las variables de procesos. En la operatividad o explotación de la planta la modelación de procesos dinámicos de control automático es una herramienta que le muestra al tecnólogo en cada instante de tiempo la tendencia de las variaciones de las variables de procesos químicos (temperatura, flujo, nivel, presión, conductividad, pH, concentración, entre otras). El sistema de control automático no puede considerar que las variaciones de las variables de procesos se encuentran en estado estacionario, de lo contrario no cumpliría su función.

En esta investigación se considera que “Un estado estacionario es estable si el sistema retorna a él luego de una perturbación. Por el contrario, un estado estacionario es inestable si el sistema se aleja de él luego de una perturbación”. (Tarifa, 2014, p. 8)

En este proceso, la modelación matemática de los procesos dinámicos de control automático es una herramienta potente que le brinda al ingeniero químico la posibilidad de tomar decisiones, en la que se enfatiza su modo de actuación en la industria química (Hernández et al., 2013; Molina-Mora, 2017; Moreno y Pino, 2018; Taha, 2012; Weitz, 2015). La descripción de los fenómenos físicos y químicos se realiza a través de modelos matemáticos. El dominio de estos conocimientos y habilidades por el estudiante constituyen condiciones previas para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Plaza (2017) expresa que “Los modelos matemáticos, vistos como un vínculo entre la teoría matemática y el mundo cotidiano, se convierten en una opción didáctica, con pensamiento crítico y sistémico, fundamental en la formación de ingenieros”. (p. 50)

La función transferencia de un sistema constituye un elemento de análisis y diseño de los sistemas de control automático de proceso. Ogata (2010) considera que:

La función de transferencia de un sistema descrito mediante una ecuación diferencial lineal e invariante en el tiempo se define como el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) bajo la suposición de que todas las condiciones iniciales son cero. (p. 15)

La función de transferencia obtenida para un sistema relaciona la dinámica del sistema en lazo cerrado con la dinámica de los elementos de las trayectorias directa y de realimentación (Ogata, 2010). Para ello, el estudiante ha de confeccionar los balances de materiales y energía que permitan calcular la función transferencial del sistema y obtener el comportamiento dinámico del mismo.

Otro aspecto a considerar es la responsabilidad que adquiere el ingeniero químico en la aplicación del saber, saber hacer y saber ser en función del desarrollo económico y social, así como su compromiso con el criterio de la sostenibilidad. En consecuencia, con el análisis realizado se hace evidente que los procesos tecnológicos en la industria química demanda del control de procesos

automáticos, asociados al campo de acción del ingeniero químico; por tanto, es necesario profundizar en categorías esenciales tales como: proceso, control, automático y dinámica.

En la literatura especializada se ha encontrado a varios autores que realizan la definición de proceso para contextos específicos referente a la presente investigación (Acedo, 2003; Alvarez, 2010; Espinoza, 2018; Fernández, 2018; Vega y Scenna, 1999). Alvarez (2010) considera que el proceso "... es el resultado de la interacción Equipo o Planta con la Sustancia que se trata" (p. 14). De manera general, dicha sustancia puede ser cantidad de movimiento, calor y masa.

Esta investigación tiene como objeto el análisis del proceso químico, definido por Fernández (2018) como "... un conjunto de operaciones químicas y/o físicas destinadas a la transformación de unas materias iniciales en productos finales diferentes" (p. 13). A este proceso están asociadas acciones de control, lo cual queda expuesto en el planteamiento de Espinoza (2018) cuando precisa:

Proceso es una operación natural o artificial caracterizado por una serie de cambios graduales, progresivamente continuos que consisten en una serie de acciones controladas o movimientos dirigidos sistemáticamente hacia determinado resultado o fin. (p. 4)

Acedo (2003) relaciona al proceso con el control automático, argumentando que:

Un proceso es un bloque que se identifica porque tiene una o más variables de salida de las cuales es importante conocer y mantener sus valores. Como consecuencia estas variables han de ser controladas actuando sobre otra serie de variable controlada, siendo necesaria otra variable manipulada para mantener la primera en su valor de referencia. (p. 153)

El concepto anterior permite adentrar el análisis hacia la categoría control. Se asume como punto de partida el criterio de Sanz (1990) quien precisa que este "... se basa siempre en el conocimiento sobre el proceso a controlar" (p. 18). En consecuencia, el proceso químico requiere de un sistema de control, que según *American Institute of Electrical Engineering* (1951, citado en Godínez et al. 2004) está dirigido a "... mantener una relación determinada de una variable del sistema frente a otra, mediante la comparación de estas variables y utilizando su diferencia como un medio para su control". (p. 4)

Al aplicar el control de procesos tecnológicos se infiere que al finalizar la acción, el sistema se comporte de una manera predeterminada, a partir de un conjunto de elementos de entrada que permiten que los parámetros químicos, físicos o biotecnológicos se mantengan estable (Alberto et al., 2007); mientras que controlar una variable de proceso implica realizar la medición continua en el tiempo de la magnitud de esas variables de proceso. Ornelas (2013) precisa al respecto que “Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación del valor medido a partir de un valor deseado”. (p. 1)

En los rasgos de estas definiciones se describen las acciones y operaciones que se realizan para controlar el proceso químico, lo cual resulta clave para la presente investigación. Estos rasgos son principios del funcionamiento del sistema de control en las que intervienen la medición de las variables del proceso, la decisión que se toma en base al valor de las magnitudes de las variables del proceso medida y la acción que se debe realizar de acuerdo con la decisión tomada (Smith y Corripio, 1991).

Revela desde su concepción, las invariantes funcionales que posibilita en el estudiante la construcción de una representación mental de la esencia del proceso de control, lo que contribuye al desarrollo de la abstracción necesaria de los procesos que se efectúan durante el control de proceso del lazo cerrado (Coughanowr y LeBlanc, 2009).

Por tanto, el objetivo del control de los procesos químicos es lograr que las variables de salidas o del proceso mantengan una variación de su magnitud para un rango permisible, establecido e impuesto por las peculiaridades exigidas en el control de las variables (Jiménez, 2016; Smith, 2002). El controlador como bloque funcional del lazo cerrado del control de proceso corrige las distorsiones provocadas por las perturbaciones del proceso (Adan, 2020; Dalgo y Loachamín, 2017). El control

de los procesos químicos puede realizarse de forma automática. El término automático proviene del griego *automatos* que significa “con movimiento propio” o “espontáneo”. El Diccionario de uso del español de América y España digital (Lucena, 2003) en su primera acepción destaca que automático es un “[mecanismo] que funciona por sí solo o que realiza total o parcialmente un proceso sin ayuda humana”. Lo anterior conduce a analizar el término proceso de control automático por autores tales como Kuphaldt (2019); Ogata (2010); Smith (2002); Stephanopoulos (1984) y Vega y Scenna (1999) quienes han contribuido a su esclarecimiento. Vega y Scenna (1999) consideran que:

Un proceso es (automáticamente) controlado cuando existen componentes operativos (los controladores) que permiten recibir valores deseados de consigna (o “*set points*”), de manera tal que las variables de salida evolucionen automáticamente hacia esos valores especificados, aun en presencia de perturbaciones externas. (p. 646)

El funcionamiento del proceso de control automático, se materializa a través del control de las variables de los procesos, las cuales son detectadas por instrumentos de medición para obtener su magnitud variable en el tiempo. Las variables de los procesos transitan desde un estado no estacionario hacia el estado estacionario. Los modelos dinámicos predicen de forma precisa el estado estacionario, así como el comportamiento transitorio por lo que se apunta entonces a la dinámica del proceso. Atendiendo a esta afirmación se considera atinado, por parte del autor de la presente investigación, incorporar el análisis del vocablo “dinámico” en el proceso de control automático para comprender qué es; los autores Alvarez (2010); Fritzsón (2011); Sanz (1990); Vargas y Herrera (2015) y Zumarraga (2016) han abordado esta temática.

Sanz (1990) considera que “El funcionamiento en tiempo real es la característica más importante de un sistema de control” (p. 34). Zumarraga (2016) declara que cuando “... hablamos de “proceso dinámico” nos referimos a la evolución en el tiempo de un conjunto de variables relacionadas” (p. 1476). El autor considera oportuno destacar la definición expuesta por Álvarez (2010) cuando define al: “Comportamiento Dinámico o Dinámica de un Proceso. [Se manifiesta]

Cuando en la descripción matemática del comportamiento de una variable de interés, aparece el tiempo como variable independiente que influye sobre dicho comportamiento de la variable". (p. 21)

La acción de control sobre las variables de proceso, no se efectúa de manera inmediata, transcurren en un determinado intervalo de tiempo para que se efectúe, lo que constituye una respuesta que el estudiante encontrará en los conceptos de tiempo muerto y retraso de transporte. El estudio y evaluación que realiza el ingeniero químico sobre los procesos de la industria se sustentan en la interpretación de un estado estacionario proporcionado por los procesos dinámicos del lazo de control automático.

El autor de este trabajo concuerda con el criterio de Tarifa y Scenna (1999) cuando expresan que la dinámica de procesos:

Pueden ser utilizados para el estudio de puesta en marcha, parada y cualquier situación que implique una evolución del estado de la planta. Esta información es vital para el grupo de ingenieros que diseña los equipos y/o determina las condiciones de operación de los mismos. Ellos deben preparar a los equipos para que soporten no solo las condiciones del régimen normal de funcionamiento, sino que además puedan superar las exigencias que implican los procedimientos de puesta en marcha y parada. (p. 796)

Desde esta base, se argumenta la importancia de la necesidad de la formación del ingeniero químico con conocimientos sobre la modelación de los procesos dinámicos de control automático. En la práctica profesional cuando se enfrenta al diseño, la inversión, las averías, el mantenimiento, entre otras situaciones, hay que proporcionar a los especialistas del perfil automático las condiciones de operación necesarias que logren el control de la planta.

Los procesos dinámicos de control automático constituyen contenidos de la Disciplina Fundamentos de la Automatización en la carrera Ingeniería Química. Su proceso de enseñanza-aprendizaje resulta esencial para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control

automático, la cual tiene sus particularidades en la formación del ingeniero químico, aspecto este que se trata en el próximo epígrafe.

1.3 La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Su conceptualización y particularidades en la formación del ingeniero químico

Analizar el comportamiento dinámico de sistemas de automatización sencillos, por parte del estudiante, lleva implícito modelar el sistema, ya sea químico, físico o biotecnológico. Para la presente investigación se hace indispensable examinar qué es modelar procesos dinámicos de control automático.

Muchas son las definiciones y las caracterizaciones que se han elaborado sobre el concepto de modelo. La definición de modelo ha sido abordada por autores como: Sanz (1990), Concari (2001), García (2003), Roffel y Betlem (2007), Alberto et al. (2007), Alvarez (2010) y Brito et al. (2011). Se destaca al respecto, que el modelo es "... una construcción subjetiva en la cual el humano reúne su experiencia sobre una entidad real. El término clave es subjetivo. La subjetividad del modelo es debida a que se construye mediante un proceso cognoscitivo llevado a cabo por un humano" (Sanz, 1990, p. 16). Autores como Roffel y Betlem (2007) enfocan la definición hacia la materialización de una aplicación.

Para García (2003), el modelo implica:

Una representación de un objeto que, realizándose para poder resolver un problema, constituye un sistema de signos que expresa y desarrolla una relación de interpretación entre dos sistemas; uno real: el problema propiamente y otro simbólico o ideal: el modelo en sí. (p. 34)

La finalidad del modelo en la definición anterior se dirige a resolver un problema y su representación utilizando un sistema de signos. Sin embargo, en la literatura declarada con anterioridad no explica cómo se realiza esa representación, ni se explicitan sus componentes ni las relaciones entre ellos.

Reclama la atención que gran parte de las definiciones halladas en la literatura, conciben al modelo

como: incompleto, aproximado e inexacto, que reflejan solamente algunas propiedades o singularidades del objeto, y sus aspectos relevantes. La cantidad de detalles que el modelo contemple, lo hace alejarse o aproximarse a la realidad, o sea, simplificar o enriquecer el modelo (Sanz, 1990).

El autor de este trabajo considera al modelo como una abstracción o representación mental del sujeto, que describen los aspectos esenciales del objeto, incompleto en su construcción (profundidad) y, establece las relaciones existentes y verificables, entre el sistema real, la teoría formulada y su extensión a su aplicación práctica, como posible materialización del mismo. Esta definición evidencia la interrelación de la teoría que sustenta al modelo como basamento conceptual de la representación y, verificable para poder ser materializado, en la que la relación entre abstracción y práctica constituye la base de su construcción.

Un término asociado al modelo es el modelado. Por otra parte, Álvarez (2010) identifica al modelado como el "Procedimiento que permite establecer una estructura matemática o simbólica y unos parámetros, que describen de manera cualitativa o cuantitativa los comportamientos característicos de un sistema o proceso". (p. 32)

Uno de los métodos teóricos más significativos para la ciencia es la modelación. Facilita representar a través del modelo matemático la realidad a investigar. Es el método que opera en forma práctica o teórica con un objeto, no en forma directa, en la que se utiliza cierto sistema intermedio, auxiliar, natural o artificial. Jorge-Martín et al. (2019) explica que "... la modelación, está relacionada con el sistema de acciones para construir el modelo". (p. 192)

El autor comparte el criterio de Skemp (1987 citado en Rico, 2019) cuando expresa que "Comprender un contenido matemático en profundidad implica interpretar sus conceptos y ejecutar sus procedimientos con significado coherente, "entender algo significa asimilarlo en un esquema

apropiado” (p. 154). Del análisis anterior, se concibe a la modelación matemática como el proceso de abstracción utilizando los elementos heurísticos ya señalados que el estudiante realiza para la construcción del modelo matemático aplicado al contexto que se requiera.

Modelar procesos dinámicos de control automático implica, entre otras, efectuar representaciones técnicas y científicas utilizando el lenguaje matemático. Para ello es necesario determinar el modelo matemático para describir desde este lenguaje sus particularidades (desarrollo de modelos matemáticos, solución a ecuaciones diferenciales, diagramas de bloques y funciones de transferencia, comportamiento dinámico de sistemas de primer y segundo orden) (Brito et al., 2011; Jiménez, 2016; Zumarraga, 2016). El modelo matemático es parte de las representaciones técnicas y científicas en tanto constituye la base de estas, en un lenguaje que no posee ambigüedades y puede ser comprendido y utilizado por los ingenieros químicos.

En la literatura científica se hace referencia a las leyes físicas o químicas que se utilizan para modelar procesos dinámicos de control automático. Al respecto, Åström y Hägglund (2009) se pronuncian sobre el modelado físico al describir que las “... leyes físicas expresan conservación de masa, momento, y energía” (p. 50). La expresión matemática del modelo de proceso dinámico de control automático, contiene a la variable de proceso, sus propiedades y parámetros que aportan especial significado teórico-práctico.

En esta investigación se considera el modelo dinámico de procesos de control como la abstracción del modelado del sistema que puede ser expresado en términos matemáticos, en el que las variables de salida se expresan en función del tiempo. Las ecuaciones del modelo real que representa el comportamiento de las leyes físicas o química del sistema de estudio se derivan del balance de conservación de masa, momento y energía. Esas ecuaciones contienen las variables y

parámetros en función de en el tiempo, particularidad que caracteriza la dinámica del proceso (respuesta transitoria del sistema).

Este proceso se realiza con el objetivo de identificar y modelar el objeto de estudio, verificando su validez de control en el proceso químico, lo cual le posibilita al estudiante de Ingeniería Química interpretar el comportamiento de las variables de salida en correspondencia con los componentes básicos de todo sistema de control.

Los lazos de control actúan ante la presencia de las perturbaciones que ocurren en los procesos químicos para mantener constante a la variable de proceso, esas variables varían sus magnitudes en el tiempo. La corrección que realiza el lazo de control lleva a la variable controlada hacia un aparente estado estacionario (condiciones óptimas de explotación de la planta).

En esta investigación se considera que la habilidad modelar, está conformada por un sistema de acciones "... la cual transfiere del lenguaje científico al lenguaje concreto, de lo general a lo particular. Se refiere a la utilización, comprensión y elaboración de representaciones concretas o gráficas de la realidad, utilizando signos, símbolos y esquemas". (Jorge-Martín et al., 2019, p. 192)

Por otra parte, Orozco et al. (2013) considera la modelación como una habilidad y expone que es:

Aquella habilidad intelectual que permite la construcción y utilización de imágenes de carácter modelador que transmiten las relaciones entre los objetos, los fenómenos y sus elementos en una forma espacial, más o menos esquemática y convencional, las cuales estructural y funcionalmente, equivalen a los signos representativos como son: maquetas, dibujos, esquemas, planos, diagramas y gráficos, entre otros. (pp. 140-141)

Esta definición revela importancia de la apropiación cultural de los símbolos y signos propios de la modelación de procesos dinámicos de control automático por parte del estudiante para la utilización de las imágenes de carácter modelador. La interrelación entre el objeto y el sujeto y la transferencia de la representación hace posible que Jardinot (1998 citado en Cruz et al., 2018) afirme que:

Modelar no es solo la simple construcción de determinados modelos (esquemas, gráficos, símbolos y otros), está referido a una transferencia de lo conocido hacia el

objeto original de estudio y constituye, por tanto, (...) una actividad docente conformada por dos componentes fundamentales; inductores y ejecutores. (p. 40)

Al realizar la modelación de variables en función del tiempo como sistema de conocimiento se define a la habilidad modelar sistemas dinámicos como:

la ejecución de un sistema de acciones y operaciones a partir del conocimiento de las teorías de sistemas dinámicos y la motivación que tiene [el estudiante] (...) cuyo resultado es un modelo dinámico, que en el caso del ingeniero químico es válido agregar que este modelo responde a procesos químicos que se ejecutan en la industria". (Molina et al., 2020a, p. 403)

En correspondencia con los fundamentos expuestos en investigación precedente (Molina et al., 2020b) se identifica como variable de la investigación a la habilidad "modelar procesos dinámicos de control automático", la cual se define como la ejecución de un sistema de acciones y operaciones a partir de los conocimientos precedentes y de la teoría del control de procesos aplicados a la industria química, en relación directa con las necesidades del sujeto desde su desarrollo motivacional.

Para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático es necesario tener dominio de las invariantes funcionales para lo cual es necesario la determinación de las acciones que la componen.

Para ello se analizan la propuesta de varios autores como Cruz et al. (2018); González-Hernández (2016); González-Hernández y Coloma-Carrasco (2018) y Tarifa (2001) quienes han propuesto invariantes funcionales para la habilidad modelar. Cruz et al. (2018) utiliza la propuesta realizada por Jardinot (1998) y adecuada para la habilidad modelar al experimento químico en la asignatura Química General.

Para Tarifa (2001) el modelado posee las siguientes invariantes funcionales:

1. Establecer una definición clara de los objetivos.
2. Analizar el sistema real.
3. Dividir el problema del sistema en problemas simples.
4. Buscar analogías.
5. Considerar un ejemplo numérico específico del problema.
6. Determinar las variables de interés.

7. Escribir los datos obvios.
 8. Escribir las ecuaciones teóricas o empíricas que describen los fenómenos presentes y relacionan las variables de interés.
 9. Si se tiene un modelo manejable, enriquecerlo. De otra manera, simplificarlo.
- (p. 12)

La propuesta de Tarifa (2001) aunque incrementa su grado de complejidad respecto a la de Brito et al. (2011), no se corresponde con la modelación de procesos dinámicos de control automático pues no contiene la función transferencial del sistema, la interpretación y la toma de decisiones que son necesarias para el desarrollo de la habilidad. El investigador Gascón (1994 citado en Vargas, 2013) propone una secuencia de pasos desde el enfoque de la ingeniería de control para modelar un sistema inmerso en el mundo físico. Según el paradigma de la modelación, la solución se realiza en cuatro estadios:

1. Una situación problemática en la que pueden formularse preguntas y conjeturas, normalmente con poca precisión y en la que se pueden llegar a detectar y formular provisionalmente algunos problemas matemáticos.
2. La definición o delimitación del sistema subyacente a la situación problemática y la elaboración del modelo matemático correspondiente.
3. El trabajo técnico dentro del modelo, la interpretación de este trabajo y sus resultados dentro del sistema modelado.
4. Formulación de problemas nuevos para responder a cuestiones relativas al sistema modelado. (p. 3)

La propuesta realizada por Gascón (1994) aunque interesante resulta muy general para los propósitos de esta investigación al no precisar las acciones y operaciones necesarias para modelar procesos dinámicos de control automático para la industria química. En tanto, el análisis dinámico de sistemas demanda que el estudiante interprete el proceso dinámico de las perturbaciones posibles para tomar decisiones al respecto.

En este contexto, el autor considera que interpretar es una acción de modelar y coincide con Fonseca et al., (2019) cuando refieren que modelar el problema requiere la "... representación del problema químico para lograr su interpretación" (p. 122). Asimismo, resulta valioso las consideraciones de Manzueta et al. (2015) al referir que "... modelar (...) es la herramienta que hace

posible construir un modelo numérico o cualitativo cuyo análisis permitirá tomar decisiones, diseñar artefactos y controlar procesos de manera eficaz y fiable” (p. 387). Ello fundamenta que interpretar y tomar decisiones constituyen acciones para modelar (Anexo 2). Lo anterior se confirma cuando Curbeira et al. (2013) expresan que modelar fenómenos y procesos es una “... concepción de esquemas teóricos (...) que se elabora para facilitar su comprensión, análisis, aplicación y el estudio de su comportamiento”. (p. 115)

La habilidad modelar es la expresión de los componentes básicos de todo sistema de control que tiene que ser y se está utilizando a la habilidad para que el estudiante represente todos los pasos que se realiza para el control de un proceso. Va desde el análisis de la situación que hay creada hasta la toma de decisiones para resolverla.

Para lograr el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en los estudiantes de la carrera Ingeniería Química es necesario que se apropien de las invariantes funcionales de la habilidad referida. El estudio teórico realizado, las investigaciones precedentes del autor (Molina et al., 2020a, 2020b, 2021) permite precisar la fundamentación y determinación de las acciones y operaciones que componen las invariantes funcionales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, las que se presentan a continuación:

1. Acción: establecer los objetivos. Operaciones: comprender lo que va a realizar y relacionar el objetivo con las condiciones reales y los procedimientos que habrá de emplear.
2. Acción: caracterizar los datos y variables de interés. Operaciones: determinar los datos, analizar las variables, establecer relaciones entre los datos y variables.
3. Acción: obtener las Ecuaciones Diferenciales del Sistema y su Transformada de Laplace. Operaciones: determinar las condiciones para realizar balances de masa y de energía en

plantas, confeccionar el balance de masa y energía, linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario y aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.

4. Acción: determinar la función transferencial del sistema. Operaciones: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.
5. Acción: aplicar la transformada Inversa de Laplace a la señal de salida. Operación: obtener la función en el tiempo.
6. Acción: interpretar los resultados obtenidos. Operaciones: representar gráficamente la función en el tiempo e identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación.
7. Acción: tomar decisiones. Operaciones: comprobar la dinámica del sistema, valorar el resultado de la dinámica del sistema en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo y accionar acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema.

El estudiante se plantea el modelo matemático que describe las leyes del comportamiento dinámico del proceso y para ello se auxiliará de las invariantes funcionales que ha logrado apropiarse. Se considera que las secuencias de las acciones anteriores con sus correspondientes operaciones posibilitan obtener un resultado lógico que soluciona determinadas situaciones en la industria química a partir de la modelación de los procesos dinámicos de control automático.

Se reconoce por diferentes autores (Barreras, 2009; Ferrás, 2010; Segura, 2016) que las habilidades tienen como componentes estructurales a los conocimientos (como base gnoseológica), a las acciones y operaciones (como componentes ejecutores) y a los motivos y objetivos (como componentes inductores).

El estudio teórico realizado condujo al autor a considerar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático como una habilidad específica vinculada a la profesión del ingeniero químico, así como a la identificación de las tres dimensiones que la caracterizan: cognoscitiva, procedimental y motivacional.

Como resultado de los fundamentos teórico-metodológicos asumidos en esta investigación se determinaron las dimensiones con sus correspondientes indicadores a partir de: la definición conceptual de la variable, el modelo del profesional, los objetivos generales instructivos de la carrera y los de cada año académico, el Programa de la Disciplina: Fundamentos de Automatización del Plan "D", la experiencia profesional, los resultados de investigaciones precedentes que por la naturaleza se relacionan con el objeto de estudio y lo referido por varios autores al interpretar a los conocimientos como componentes cognitivos, las acciones y operaciones como componentes ejecutores (procedimental) y los motivos u objetivos como componentes inductores (Barreras, 2010; Corona Martínez y Fonseca Hernández, 2009; Ferrás, 2010; Segura, 2016). En investigaciones precedentes del autor se presentan la división en dimensiones e indicadores (Molina et al., 2020a).

Las dimensiones a saber son:

Dimensión **Cognoscitiva**: caracteriza el nivel de dominio de los conocimientos que debe apropiarse el estudiante para modelar procesos dinámicos de control automático. Sus indicadores son:

1. Domina las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a procesos dinámicos de control automático en la industria química.
2. Domina la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química.
3. Domina la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química.

4. Domina la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química.

Dimensión **Procedimental**: implica proceder, saber hacer, saber hacer con independencia. Este tipo de proceder refiere la aplicación de acciones y operaciones por el estudiante al modelar los procesos dinámicos de control automático. Sus indicadores son:

1. Analiza el sistema real en función de los objetivos y las condiciones.
2. Determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos.
3. Aplica los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas.
4. Elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química.
5. Evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones.

Dimensión **Motivación**: expresa la necesidad personal y profesional del estudiante para modelar los procesos dinámicos de control automático.

1. Manifiesta vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático.
2. Muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático.
3. Manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control automático.
4. Regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.

Las dimensiones con sus respectivos indicadores son consideradas como condición indispensable para conocer el estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, aspecto este que se presenta en el próximo capítulo.

Conclusiones del capítulo

En este capítulo se ha hecho referencia a los fundamentos teóricos que han servido de base para elaborar el marco teórico que sustenta la investigación. Se asumen los principales postulados del Enfoque Histórico Cultural que permiten ubicar a la habilidad dentro de la categoría contenido en la didáctica. Se analizan las principales vías y requerimientos para su formación en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La enseñanza de los procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química es un proceso complejo, guiado por el profesor, quien precisa de conocimientos teóricos, metodológicos y prácticos de la didáctica del control automático de procesos industriales, lo cual favorece la apropiación adecuada de este aprendizaje en los estudiantes.

La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático constituye una habilidad específica a desarrollar en la formación de pregrado del ingeniero químico. La fundamentación y determinación de las invariantes funcionales constituye un primer acercamiento a su estudio y tiene implicaciones didácticas al ser utilizadas por el profesor y los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

CAPÍTULO 2.

ESTADO ACTUAL DE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA INGENIERÍA QUÍMICA

CAPÍTULO 2. ESTADO ACTUAL DE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA INGENIERÍA QUÍMICA

En este capítulo se presenta el resultado de la caracterización del estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera de Ingeniería Química a partir de la definición operacional de la variable fundamental de la investigación.

2.1 Diagnóstico del estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química

Para constatar el estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química el autor se basa en la operacionalización de la variable que aparece en el epígrafe 1.3 del capítulo 1. Se procede a la elaboración de la escala para la evaluación de los indicadores, las dimensiones y la variable fundamental (Anexo 3). Se utilizó la escala Likert con cinco niveles que comprende las categorías de Excelente (5), Bien (4), Regular (3), Mal (2) y Muy Mal (1). En los instrumentos se expresan los indicadores determinados en las dimensiones, lo cual permite la recopilación y procesamiento de un conjunto de datos cuantitativos, para efectuar las inferencias cualitativas en relación con la variable fundamental.

El diagnóstico inicial se aplicó a los estudiantes de cuarto año en la carrera Ingeniería Química, Universidad de Matanzas durante los cursos escolares 2014-2015 y 2015-2016. El diagnóstico

continuó realizándose hasta que los estudiantes de los cursos referidos fueron egresados. En tal sentido, se trabajó con las siguientes unidades de análisis:

- 45 estudiantes de cuarto año segundo semestre (32 del curso 2014-2015 y 13 del curso 2015-2016).
- 18 egresados de la carrera insertados en el sector industrial donde se aplica el control automático en los procesos tecnológicos (13 del curso 2016-2017 y cinco del curso 2017-2018).
- Los siete representantes de las organizaciones donde laboran los egresados participantes durante los cursos 2014-2015 (cuatro) y 2015-2016 (tres).
- Cinco profesores que imparten clases a la carrera de Ingeniería Química (tres de cuarto año y dos de quinto año)

Con vistas a obtener un diagnóstico de la situación actual del problema científico identificado se aplicaron métodos del nivel empírico del conocimiento. A continuación, se presenta una síntesis de los principales resultados obtenidos.

Resultados de la revisión de documentos

La revisión de documentos se aplicó con el objetivo de constatar en los documentos de carácter estatal o rectores que componen el Plan de estudio “D” y el “E” los fundamentos que se establecen en la formación del ingeniero químico para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático (Anexo 4).

Resultados de la comparación del Programa de la Disciplina: Fundamentos de Automatización en el Plan de estudio “D” y el “E”.

Para proceder a la comparación del Programa de la disciplina en los dos planes de estudio se elaboró una tabla informativa (Anexo 5) contentiva de aspectos esenciales que permiten tener una visión precisa del alcance de cada uno en correspondencia con la habilidad objeto de estudio en

esta investigación, como son: denominación de la disciplina, objeto de estudio, objetivos, conocimientos esenciales a adquirir, habilidades principales a dominar, indicaciones metodológicas generales para su organización.

En ambos planes de estudio mantiene la misma denominación “Fundamentos de Automatización”. Su objeto de estudio, en esencia es el mismo, solo que en el Plan de estudio “E” aparece de manera explícita lo relativo a los procesos bioquímicos, aspecto no declarado en el plan anterior y que articula con el objeto de la profesión del ingeniero químico. En cuanto a los objetivos, en el Plan de estudio “D” son más particulares y se corresponden con los propuestos para la asignatura Controles para Procesos, sin mediar una derivación de los mismos.

Mientras que en el Plan de estudio “E” su formulación está enfocada a la demostración, aspecto este que está asociado con el modo de actuación del estudiante. En correspondencia con lo anterior, se determinan los conocimientos a adquirir, en los cuales se precisa de la dinámica de los sistemas como aspecto esencial de apropiación por parte del estudiante de la carrera Ingeniería Química. Asimismo, se determinan las habilidades principales a dominar. La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático no aparece declarada de forma explícita, en ninguno de los planes de estudio.

Por tanto, las indicaciones metodológicas de la disciplina no resultan orientadoras en cuanto a su desarrollo, lo cual deja una brecha en su tratamiento didáctico-metodológico. A juicio del autor su ausencia limita la formación profesional del estudiante y con ello el posterior ejercicio de la profesión.

Resultados del análisis del Programa de la asignatura Control para Procesos del Plan de estudio “D”

En el análisis del Programa de la asignatura Control para Procesos del Plan de estudio “D” se pudo constatar que no siempre existe una derivación del programa de la disciplina al programa de la asignatura. Lo cual hace que los resultados del análisis no difieran en su esencia.

Se concluye que: los documentos normativos del Plan de estudio “D” y “E” no orientan suficientemente al profesor en relación con el tratamiento metodológico del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automáticos, cuestión que afecta la formación del ingeniero químico en este contexto.

Resultados de la revisión de los Programas analíticos del Plan de estudio “E” en las diferentes IES.

Se revisaron los Programas analíticos del Plan de estudio “E” de la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte”, la Universidad Central de las Villas “Marta Abreu”, la CUJAE y la Universidad de Matanzas para la denominación de la asignatura correspondiente (Anexo 7) con el objetivo de corroborar si existe proyección para el tratamiento didáctico-metodológico a la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. En la revisión de estos programas se constató:

- En el 100 % concibió la asignatura con una denominación en la que aparece de forma explícita lo relativo al control de procesos, lo cual revela la importancia que tiene en la formación del ingeniero químico.
- Se ha considerado ubicar la asignatura, por lo general, en el cuarto año de la carrera con otras asignaturas (Diseño de Plantas Químicas, Reactores y Modelación y Simulación de Procesos) pues demanda de conocimientos previos de otras disciplinas, las cuales favorecen la integración de conocimientos y el desarrollo de las habilidades de la carrera.

- En el 100 % se ha concebido un tema para el tratamiento de la modelación de la dinámica de procesos, cuyos objetivos están dirigidos a determinar, interpretar y caracterizar el sistema dinámico.
- En todos los casos los conocimientos esenciales a adquirir están en correspondencia con los objetivos declarados y en función del saber del estudiante.
- Al declarar las habilidades principales a dominar en ningún caso se declara la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Solo en la Universidad de Matanzas hay una aproximación al respecto pues el autor de la tesis forma parte del colectivo de asignatura que se analiza y ha ido introduciendo resultados en la carrera.

En la revisión realizada tanto en el Programa de la Disciplina: Fundamentos de Automatización y el Programa de la asignatura Controles para Procesos en el Plan de estudio "D" se pudo constatar, además, que, aunque se establecen objetivos en función de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, estos no logran expresar la máxima aspiración de formación del ingeniero químico en función de su modo de actuación. Se establece un sistema de conocimiento que posibilita el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

No se establece una habilidad específica denominada modelar procesos dinámicos de control automático; por tanto, no se ofrecen orientaciones metodológicas para su tratamiento. Se consideran la integración de los conocimientos de la profesión para el componente investigativo.

Lo anterior trae como consecuencia, que:

- No se orienta una estrategia de trabajo al respecto;
- No se conciben orientaciones dirigidas a la motivación;
- No existen orientaciones dirigidas a cómo enseñar la ejecución para modelar procesos dinámicos de control automático.

La bibliografía básica orientada favorece la modelación de procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química y se proyectan evaluaciones relacionadas con la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Se concluye que: en los programas analíticos tampoco existe una declaración de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automáticos, carencia esta que afecta la formación del ingeniero químico, en consecuencia, no se orienta suficientemente al profesor en relación con el tratamiento metodológico del desarrollo de la habilidad objeto de estudio.

Resultados de la entrevista a profesores

Se aplicó la entrevista (Anexo 8) a cinco profesores de las asignaturas Diseño de Plantas Químicas, Reactores Homogéneo, Reactores Heterogéneo, Modelación y Simulación de Procesos y Transferencia de Masa de la carrera Ingeniería Química sobre su quehacer pedagógico en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático desde su asignatura. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

El 100% de profesores consideran que es importante el estudio de la automatización de los procesos tecnológicos en la formación del ingeniero químico y que este profesional debe estar preparado para modelar procesos dinámicos de control automático; el 100 % manifiesta que los estudiantes poseen un vínculo afectivo con la profesión muy positiva; no tienen referencia para valorar la preparación alcanzada por los estudiantes para dar solución a problemas en la que intervenga la modelación de procesos dinámicos de control automático porque no trabajan la habilidad.

Principal fortaleza: el 100% de profesores consideran que es importante para el ingeniero químico debe estar preparado para modelar procesos dinámicos de control automático.

Principal debilidad: los profesores no realizan un tratamiento metodológico desde la disciplina y no realizan acciones que favorezca el desarrollo de la habilidad.

Resultados de la encuesta a egresados

Se aplicó la encuesta a 18 egresados (13 egresados en el curso 2016-2017 y 5 egresados en el 2017-2018) con el propósito de constatar sus criterios sobre la formación recibida para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático (Anexo 9). Los resultados obtenidos en la encuesta se presentan a continuación:

El 27,78 % avala que los conocimientos que poseen sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático les permiten tomar decisiones, lo que demuestra que no poseen dominio del conocimiento necesario; el 44,44 % considera importante la modelación de procesos dinámicos de control automático, lo que evidencia que en su mayoría no es asumido como necesario; el 44,44 % no identifican el lazo de control para modelar procesos dinámicos de control automático, se constata insuficiencia en el dominio de la estructura del lazo; el 38,89 % no consigue definir la función transferencial del sistema dinámico, lo que demuestra carencia en su dominio; el 55,56 % no caracteriza las repuestas dinámicas de un sistema de segundo orden a un escalón unitario como estímulo a su entrada; el 83,33 % considera que los ejercicios realizados tienen vinculación con la realidad actual de la ingeniería química; el 33,33 % afirma que los ejercicios resueltos le han permitido contextualizarlo al puesto de trabajo; el 61,11 % precisa que la complejidad los ejercicios resueltos está acorde al nivel de conocimientos recibidos en la carrera y en la asignatura; la ubicación laboral del 66,67 % no les ha permitido aplicar acciones relacionadas con la modelación de procesos dinámicos de control automático; el 27,78 % refiere que obtiene la información de las magnitudes de las variables del proceso realizando la modelación matemáticamente; el 22,22 % expresa que simulan el proceso a través de software y el 33,33 % lo obtiene del SCADA.

El 77,78 % de los egresados analiza el sistema real en función de los objetivos y las condiciones; el 72,22 % determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos; el 44,44 % aplica modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas, lo que indica insuficiencia en los procedimientos a ejecutar; el 38,89 % elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química, lo que demuestra carencia de los procedimientos a utilizar; el 38,89 % evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones, lo que manifiesta desconocimiento en los procedimientos a emplear.

El 27,78 % de los egresados manifiestan vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático, lo que evidencia resultados negativos al respecto; el 33,33 % muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático, ello es muestra de una deficiente motivación; el 22,22 % manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control y el 72,22 % expresa que regulan su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras, lo que expresa escasa motivación.

Principal fortaleza: reconocen la necesidad de modelar procesos dinámicos de control automático en su perfil profesional.

Principal debilidad: no se encuentran motivados ni preparados para aplicar la modelación de los procesos dinámicos de control automático.

Resultados de la encuesta a estudiantes

Se aplicó la encuesta a 45 estudiantes de cuarto año de la carrera Ingeniería Química (32 estudiantes del curso 2014-2015 y 13 del curso 2015-2016), con el propósito de constatar los criterios de estudiantes de cuarto año de Ingeniería Química sobre la formación recibida para el desarrollo de la

habilidad modelar procesos dinámicos de control automático (Anexo 9). Los resultados obtenidos de la encuesta se presentan a continuación:

El 42,22 % de los estudiantes avalan que los conocimientos que poseen sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático les permiten tomar decisiones, lo que demuestra que un porcentaje elevado no tiene dominio del conocimiento necesario; el 24,44 % considera importante la modelación de procesos dinámicos de control automático, lo que evidencia que la mayoría no lo asume como significativo; el 51,11 % no identifica el lazo de control para modelar procesos dinámicos de control automático, se constata insuficiencia en el dominio de la estructura del lazo; el 37,78 % no consigue definir la función transferencial del sistema dinámico, lo que demuestra carencia en su dominio; el 35,56 % no caracteriza las repuestas dinámicas de un sistema de segundo orden a un escalón unitario como estímulo a su entrada; el 71,11 % considera los ejercicios resueltos en clase tienen vinculación con la realidad actual de la ingeniería química; el 33,33 % afirma que los ejercicios resueltos en clase le han permitido contextualizarlo al puesto de trabajo y el 66,67 % precisa que la complejidad los ejercicios resueltos está acorde al nivel de conocimientos recibidos en la carrera y en la asignatura.

Además, el 73,33 % de los estudiantes analizan el sistema real en función de los objetivos y las condiciones; el 71,11 % determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos; el 44,44 % aplica modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas, lo que demuestra insuficiencia en los procedimientos a ejecutar; el 31,11 % elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química, lo que evidencia el desconocimiento de los procedimientos para su realización y el 24,44 % refiere que evalúa el comportamiento dinámico de

sistemas de automatización para la toma de decisiones, lo cual indica que desconocen las acciones y operaciones para su realización.

El 15,56 % manifiesta tener vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático, lo que evidencia resultados negativos al respecto; el 22,22 % manifiesta interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático, lo que evidencia desmotivación; el 15,56 % posee una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control, lo cual indica negatividad al respecto y el 68,89 % declara que regulan su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.

Principal debilidad: solo el 24,24 % de los estudiantes consideran importante la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Resultados de la técnica Positivo-Negativo-Interesante

La técnica de lo Positivo-Negativo-Interesante (PNI) se aplicó a los estudiantes de cuarto año al concluir el semestre en los cursos 2014-2015 y 2015-2016, arrojó los siguientes resultados:

Positivo

El 42,22 % de los estudiantes le atribuyen a la modelación de procesos dinámicos de control automático importancia en la formación profesional.

Negativo

El 31,11 % de los estudiantes manifiestan que modelar procesos dinámicos de control automático pertenece al perfil del ingeniero en automática y el 38 % adoptan una manifestación inconforme al ser evaluados de mal por errores conceptuales.

Interesante

El 66,67 % de los estudiantes consideran interesante la contextualización de los ejercicios a la industria química y el 37,78 % desean el análisis teórico de los procesos dinámicos, sin la utilización de la modelación matemática en particular la transformada y antitransformada de Laplace.

Principal fortaleza: el 42,22 % de los estudiantes le atribuyen a la modelación de procesos dinámicos de control automático importancia en la formación profesional.

Principal debilidad: el 31,11 % de los estudiantes manifiestan que modelar procesos dinámicos de control automático pertenece al perfil del ingeniero en automática.

Resultados de la encuesta a representantes de las organizaciones

Se aplicó una encuesta a siete representantes de las organizaciones del territorio de Matanzas con el propósito de obtener información sobre la importancia del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático como parte del proceso formativo de los estudiantes en la carrera Ingeniería Química (Anexo 10). Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

El 100 % de los representantes de las empresas consideran importante el estudio de la automatización de los procesos tecnológicos en la formación del ingeniero químico, por lo que deben estar preparados para modelar procesos dinámicos de control automático, lo cual ratifica la importancia de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático para la industria. Los representantes de las empresas al valorar la preparación de los ingenieros químicos adiestrados de su empresa, que se han enfrentado a dar solución a problemas en la que intervenga la modelación de procesos dinámicos de control automático lo evalúan: 14,29 % de bueno, 42,86 % de regular, 28,57 % de mala y el 14,29 % de muy mala, lo cual evidencia carencias en el proceso de formación de pregrado.

Los representantes de las empresas valoran el estado actual de los egresados que laboran en su empresa de los siguientes indicadores:

empresa de los siguientes indicadores:

- Manifiesta vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático: 14,28 % logrado, 28,57 % logrado parcialmente y el 42,85 % no logrado.
- Muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático: 14,28 % logrado, 28,57 % logrado parcialmente y el 42,85 % no logrado.
- Manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control: 14,28 % logrado, 28,57 % logrado parcialmente y el 42,85 % no logrado.
- Regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras: 42,85 % logrado, 28,57 % logrado parcialmente y el 14,28 % no logrado.

Un representante de la organización no tuvo criterio para responder esta pregunta de la encuesta.

La valoración que emiten las organizaciones, sobre los indicadores anteriores, evidencian la falta de motivación que poseen los egresados al enfrentarse a tareas relacionadas con la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Principal fortaleza: se reconoce el valor utilitario que tiene contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático del ingeniero químico.

Principal debilidad: la organización reconoce que los egresados poseen dificultades para modelar procesos dinámicos de control automático.

Resultados del estudio del producto del proceso pedagógico

Se revisan los informes de la Práctica Laboral Integral (PLI) y los Trabajos de Diploma (TD) con el objetivo de constatar el estado actual del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas (Anexo 11). Los resultados se presentan a continuación:

Informe de la Práctica Laboral Integral

Se presenta a continuación los resultados del análisis de la revisión de 11 informes de la PLI de estudiantes de cuarto año en los cursos 2014-2015 (7) y 2015-2016 (4). El componente laboral investigativo se materializa a través de las asignaturas de la Disciplina Principal Integradora, en el caso de cuarto año, Ingeniería de Procesos (IP). Es una asignatura con objetivos específicos que imbrica conocer el estado de la instrumentación y el control de los parámetros de procesos. El informe de la práctica laboral arrojó los siguientes resultados:

En el 27,27 % de los informes se aprecia el dominio de la aplicación de las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química; en el 18,18 % se aprecia el dominio de la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química; en el 27,27 % se aprecia el dominio de la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química; en el 18,18 % se aprecia el dominio de la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química.

El 18,18 % de los informes evidencian la determinación de los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos; el 27,27 % aplica los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas; el 18,18 % elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química; el 9,09 % evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones.

Principal debilidad: en los informes de la PLI no se logra evidenciar la aplicación de los conocimientos acerca de la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Informes del Trabajo de Diploma

Se presenta a continuación los resultados del análisis de la revisión de 37 informes del Trabajo de Diploma (TD) pertenecientes a graduados en los cursos 2015-2016 y 2016-2017 que recibieron la asignatura Controles para Proceso en el cuarto año académico diagnosticados inicialmente. A continuación, se presentan los siguientes resultados:

En el 8,11 % de los estudiantes se aprecia el dominio de la aplicación de las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química; en el 5,41 % se aprecia el dominio de la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química.

El 2,7 % se aprecia el dominio de la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química y en el 8,11 % se aprecia el dominio de la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química.

El 8,11 % de los estudiantes logran determinar los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos; el 5,41 % aplica los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas.

El 8,11 % elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química y el 5,41 % evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones.

Debilidades: la principal insuficiencia detectada en los informes del TD, se relaciona con la escasa utilización de la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Resultados de la evaluación parcial de la asignatura Controles para Procesos

Se revisó la evaluación parcial aplicada en la asignatura Controles para Procesos en los cursos 2014-2015 y 2015-2016, con el objetivo de constatar el estado real del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático alcanzado por los estudiantes de la carrera Ingeniería Química en la Universidad de Matanzas (Anexo 12). Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

En el estudio realizado se demuestra que el 73,33 % de los estudiantes dominan los conocimientos de las asignaturas precedentes; el 48,89 % posee dominio de las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química, lo que evidencia insuficiencia de dominio en este aspecto; el 48,89 % domina la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química, lo que demuestra carencia en su dominio; el 42,22 % domina la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química, lo que precisa un dominio deficiente; el 33,33 % domina la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química, lo que indica escaso dominio.

El 44,44 % de los estudiantes analizan el sistema real en función de los objetivos y las condiciones; el 31,25 % determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos, lo que evidencia insuficiencia para que se realicen los procedimientos adecuados; el 33,33 % aplica los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas, lo cual es una manifestación del desconocimiento de las acciones y operaciones para su realización; el 27,08 % elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química, lo que evidencia el

desconocimiento de los procedimientos para su ejecución; el 22,95 % evalúan el comportamiento dinámico del sistema de automatización para la toma de decisiones, lo que muestra deficiencia en los procedimientos a ejecutar.

Principal fortaleza: los estudiantes demuestran dominio de los conocimientos de las asignaturas precedentes.

Principal debilidad: los estudiantes evidencian poco desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático por el desconocimiento que tienen del sistema de acciones y operaciones.

Resultados de la triangulación metodológica

A partir de las informaciones obtenidas de los diferentes métodos de investigación aplicados se procedió a la triangulación metodológica, de la cual se infiere que:

En la revisión de los documentos rectores de la carrera se evidencia la necesidad de la formación del estudiante en función de la modelación de procesos dinámicos de control automático para el ejercicio de la profesión del ingeniero químico, aspecto este que se corroboró en las encuestas realizadas a los representantes de las organizaciones, los egresados y los estudiantes.

Los estudiantes reconocen la importancia de la modelación de los procesos dinámicos de control automático, sin embargo, no poseen una motivación para el estudio de la temática. Esta situación repercute en la esfera inductiva conduciéndolos a una deficiente preparación. Por otra parte, admiten la modelación de procesos dinámicos de control de procesos como un complemento de su perfil profesional, pero rechazan el modelado matemático, su interpretación y representación. Estos factores o aspectos redundan en los resultados del aprendizaje de los estudiantes, en el que se manifiesta un bajo nivel en el desarrollo de la habilidad objeto de estudio.

Por otra parte, los informes de los TD de los cursos (2015-2016) y (2016-2017) y de la práctica integral laboral de los cursos (2014-2015) y (2015-2016), de los años académicos cuarto y quinto año no muestran la incorporación de la modelación de procesos dinámicos de control automático o de soluciones en la que se incorporen la modelación de procesos dinámicos de control automático.

En el estudio de los productos del proceso pedagógico (evaluación parcial, informes de la PLI y los TD) se constató que los estudiantes poseen carencias desde los puntos de vista cognitivo, procedimental y motivacional para la modelación de los procesos dinámicos de control automático. Esta situación lo reafirman las encuestas a los egresados y las organizaciones.

2.2 Evaluación de los indicadores y las dimensiones que caracterizan la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático

Para evaluar el estado actual de la variable fundamental de la investigación el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático se procede a un análisis ascendente de los resultados obtenidos de la valoración de los indicadores y las dimensiones que la caracterizan.

Las dimensiones cognitiva, procedimental y motivacional se evaluaron a partir de los resultados obtenidos de los indicadores que se aplicaron en los diferentes instrumentos. Ellos son: revisión de documentos normativos de la carrera, aplicación del PNI; valoración del informe de la práctica laboral y las evaluaciones parciales; la revisión de trabajo de diploma; entrevista a profesores y encuesta a representantes de las organizaciones, estudiante y egresados. En el Anexo (3.2- 3.5) se muestra la escala valorativa para las combinaciones de los resultados para otorgar la evaluación a cada dimensión y a la variable de estudio.

Dimensión cognitiva

En el indicador 1.1 un instrumento fue evaluado de MM, dos instrumentos fueron evaluados de M, siete instrumentos fueron evaluados de R y dos instrumentos fueron evaluados de B. Se obtiene una

evaluación de R para este indicador. En el indicador 1.2 dos instrumentos fueron evaluados de MM, tres instrumentos fueron evaluados de M, seis instrumentos fueron evaluados de R. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 1.3 dos instrumentos fueron evaluados de MM, cinco instrumentos fueron evaluados de M y cuatro instrumentos fueron evaluados de R. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 1.4 un instrumento fue evaluado de MM, cuatro instrumentos fueron evaluados de M y cuatro instrumentos fueron evaluados de R. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. Según la escala valorativa la dimensión cognoscitiva se evalúa de M. Los instrumentos aplicados para evaluar la dimensión cognoscitiva confirman como insuficiencia: carencias para caracterizar el nivel de dominio de los conocimientos que deben apropiarse los estudiantes para modelar los procesos dinámicos de control automático. En la figura 1 se presenta la evaluación obtenida en la dimensión cognoscitiva para cada indicador.

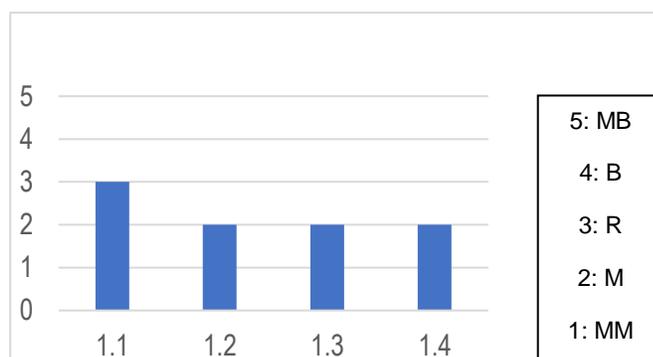


Figura 1. Evaluación por indicador de la dimensión cognoscitiva

Dimensión procedimental

Esta dimensión se evaluó a partir de los resultados obtenidos en los indicadores que la componen. En el indicador 2.1 dos instrumentos fue evaluados de MM, seis instrumentos fueron evaluados de M, dos instrumentos fueron evaluados de R y dos instrumentos fueron evaluados de B. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 2.2 dos instrumentos fueron evaluados de MM, dos instrumentos fueron evaluados de M, dos instrumentos fueron evaluados de R y un

instrumento fue evaluado de B. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 2.3 dos instrumentos fueron evaluados de MM, cinco instrumentos fueron evaluados de M y un instrumento fue evaluado de R. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 2.4 tres instrumentos fue evaluado de MM y cuatro instrumentos fueron evaluados de M. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 2.5 dos instrumentos fueron evaluados de MM, cinco instrumentos fueron evaluados de M. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. Según la escala valorativa la dimensión procedimental se evalúa de M. Los instrumentos aplicados a la dimensión procedimental confirman como insuficiencia: carencias en los estudiantes para proceder en la aplicación de acciones y operaciones que le permitan modelar los procesos dinámicos de control automático. En la figura 2 se presenta la evaluación obtenida en la dimensión procedimental para cada indicador.

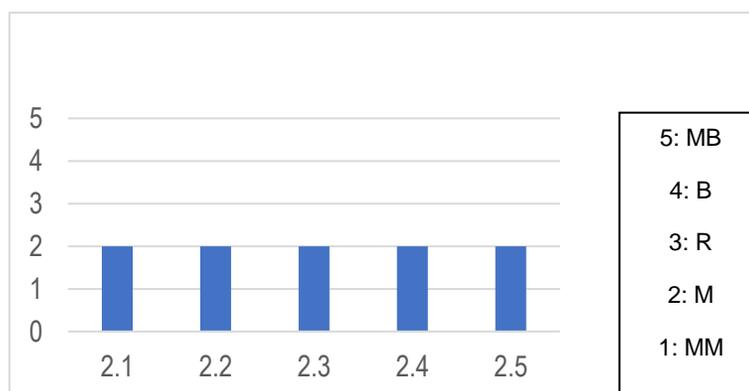


Figura 2. Evaluación de la dimensión procedimental para cada indicador

Dimensión motivación

Esta dimensión se evaluó a partir de los resultados obtenidos en los indicadores que la componen. En el indicador 3.1 dos instrumentos fueron evaluados de MM, y un instrumento fue evaluado de R. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 3.2 un instrumento fue evaluado de MM, dos instrumentos fueron evaluados de M y un instrumento fue evaluado de R. Se obtiene

una evaluación de M para este indicador En el indicador 3.3 un instrumento fue evaluado de MM y un instrumento fue evaluado de M. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. En el indicador 3.4 tres instrumentos fueron evaluados de M. Se obtiene una evaluación de M para este indicador. Según la escala valorativa la dimensión motivación se evalúa de M. Los instrumentos aplicados a la dimensión motivacional confirman como insuficiencia: la desmotivación de los estudiantes expresada en la necesidad personal y profesional para la modelación de procesos dinámicos de control automático. En la figura 3 se presenta la evaluación obtenida en la dimensión motivacional para cada indicador. Como se evidencia las tres dimensiones fueron evaluadas de M.

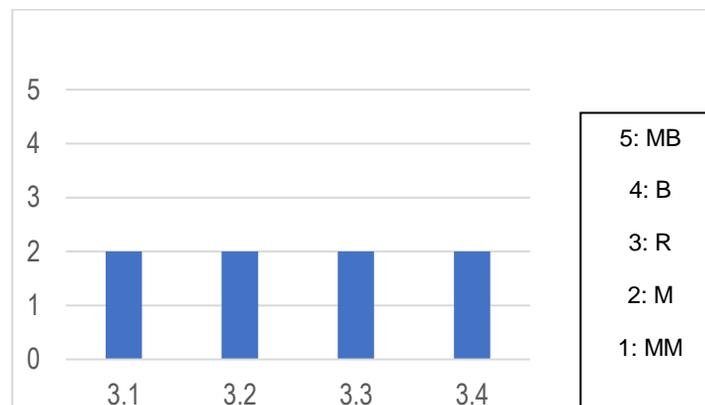


Figura 3. Evaluación de la dimensión motivacional para cada indicador

Valoración final sobre el estado actual de la variable

Para realizar la valoración final sobre el estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química en la Universidad de Matanzas se tuvo en cuenta la escala valorativa (Anexo 3.5).

A partir de los resultados obtenidos para las dimensiones cognitiva, procedimental y motivacional, se evaluó el estado actual de la variable de M. En la figura 4 se presenta la evaluación obtenida en la valoración final sobre el estado actual de la variable.

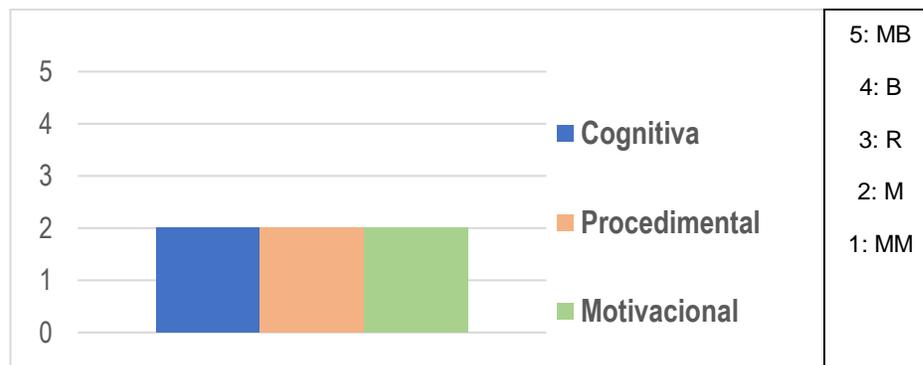


Figura 4. Evaluación final del estado actual de la variable

Conclusiones del capítulo

Los resultados obtenidos del diagnóstico inicial permitieron confirmar que el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático es un aspecto necesario en la formación del ingeniero químico a partir del desarrollo que actualmente existe en la industria de procesos químicos y bioquímicos. La investigación reveló las fortalezas y debilidades a partir de la evaluación de cada indicador de las tres dimensiones. El diagnóstico realizado a la variable objeto de estudio de la investigación fue evaluada de M, lo cual confirma que existen dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Controles para Procesos, que inciden en la referida habilidad.

CAPITULO 3.

**ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD
MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA
INGENIERÍA QUÍMICA**

CAPÍTULO 3. ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA CONTRIBUIR AL DESARROLLO DE LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

En este capítulo se fundamenta y presenta la estrategia didáctica elaborada para contribuir a desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

3.1 Fundamentación de la estrategia didáctica

El resultado científico es interpretado por el Instituto Central de Ciencias Pedagógicas (ICCP) (s.f. citado en De Armas et al. 2005) con el siguiente enfoque:

Un resultado científico es el producto de una actividad en la cual se han utilizado procedimientos científicos, que permiten ofrecer solución a algo, se plasma en recomendaciones, descripciones, publicaciones, que contienen conocimientos científicos o una producción concreta material, o su combinación y resuelven determinada necesidad económica y social. (p. 5)

En Cuba se reconoce la estrategia como un resultado científico particular de la investigación educativa. Entre los principales teóricos de la estrategia como resultado científico se destacan en las últimas décadas De Armas, N. et al. (2005); Marimón y Guelmes (2005) y Valle (2007). En este sentido, hay que tener en cuenta el criterio expresado por Barrera (2004) al explicar que:

El más complejo de los aportes prácticos es la estrategia; que tiene como propósito fundamental, la proyección del proceso de transformación del objeto de estudio desde un

estado real hasta un estado deseado, que condiciona todo el sistema de actividades y recursos a emplear para alcanzar los objetivos del máximo nivel. (p. 10)

La estrategia como resultado científico puede abarcar diferentes variantes tipológicas. Teniendo en cuenta el problema científico identificado y los propósitos de esta investigación se propone una estrategia didáctica.

Esta tesis se orienta por las siguientes definiciones de estrategia didáctica:

La proyección de un sistema de acciones a corto, mediano y largo plazo que permite la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje en una asignatura, nivel o institución tomando como base los componentes del mismo y que permite el logro de los objetivos propuestos en un tiempo concreto. (Marimón y Guelmes, 2005, p. 45)

Mientras que para Valle (2007) es "... el conjunto de acciones secuenciales e interrelacionadas que partiendo de un estado inicial y considerando los objetivos propuestos permite dirigir el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje en la escuela". (p. 93)

En este contexto resulta válido precisar que alcanzar los objetivos trazados "... requiere tener claridad en el estado deseado que se quiere lograr y convertirlo en metas, logros, objetivos a largo, mediano y corto plazo y después planificar y dirigir las actividades para lograrlo". (Barreras, 2004, p. 10)

La estrategia didáctica que se propone considera tanto el conocimiento de la estructura y funcionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos como el estado deseable que se pretende formar y lograr en él: el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en los estudiantes de la carrera Ingeniería Química.

En relación con la estructura de la estrategia didáctica, no existe uniformidad en la literatura científica. Para Valle (2007) sus componentes esenciales son:

- La misión.
- Los objetivos.
- Las acciones, los métodos y procedimientos, los recursos, los responsables de las acciones y el tiempo en que deben ser realizadas.
- Las formas de implementación.

- Las formas de evaluación. (pp. 91-92)

De Armas et al. (2004) recomienda que se tenga en cuenta en su elaboración los componentes siguientes: introducción-fundamentación, diagnóstico, planteamiento del objetivo general, planeación estratégica, instrumentación y evaluación.

Para la determinación de los componentes de la estrategia didáctica a proponer se analizan los referidos por De Armas et al. (2004) y Valle (2007), así como la revisión de investigaciones defendidas en los últimos cinco años en la Universidad de Matanzas (Anexo 13).

En consecuencia, se presenta en esta tesis una estrategia didáctica que posee la siguiente estructura: objetivo, fundamentos, principios, características, etapas y lineamientos para su introducción práctica. En la figura 5 se muestra la representación esquemática de la estrategia didáctica que se propone.

A continuación, se describe cada uno de los componentes esenciales de la estrategia didáctica.

Su objetivo es contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Es aplicable en las asignaturas Controles para Procesos en el Plan "D" y en Instrumentación y Control de Procesos en Plan de estudio "E" en la carrera referida.

Los fundamentos de la estrategia didáctica que se propone le dan científicidad, coherencia y sustentan su funcionamiento en la formación del ingeniero químico. En esta investigación se considera que la estrategia se basa en fundamentos filosóficos, sociológicos, psicológicos, pedagógicos, didácticos y jurídicos. Desde el punto de vista filosófico la estrategia didáctica está basada en una concepción dialéctico materialista "... que parte del reconocimiento del hecho real de la multiplicidad de planos en que existe y se expresa la relación sujeto-objeto en el contexto de la actividad humana" (Ramos, 1996, p. 15). En la misma se enfatiza la relación dialéctica existente entre el sujeto y el objeto, que se desarrolla en un marco histórico-concreto. Por otra parte, se reconoce a "... la comunicación,

donde se establece la relación sujeto-sujeto, que constituye la base de las relaciones interpersonales en los grupos humanos". (Barreras, 2010, p. 12)

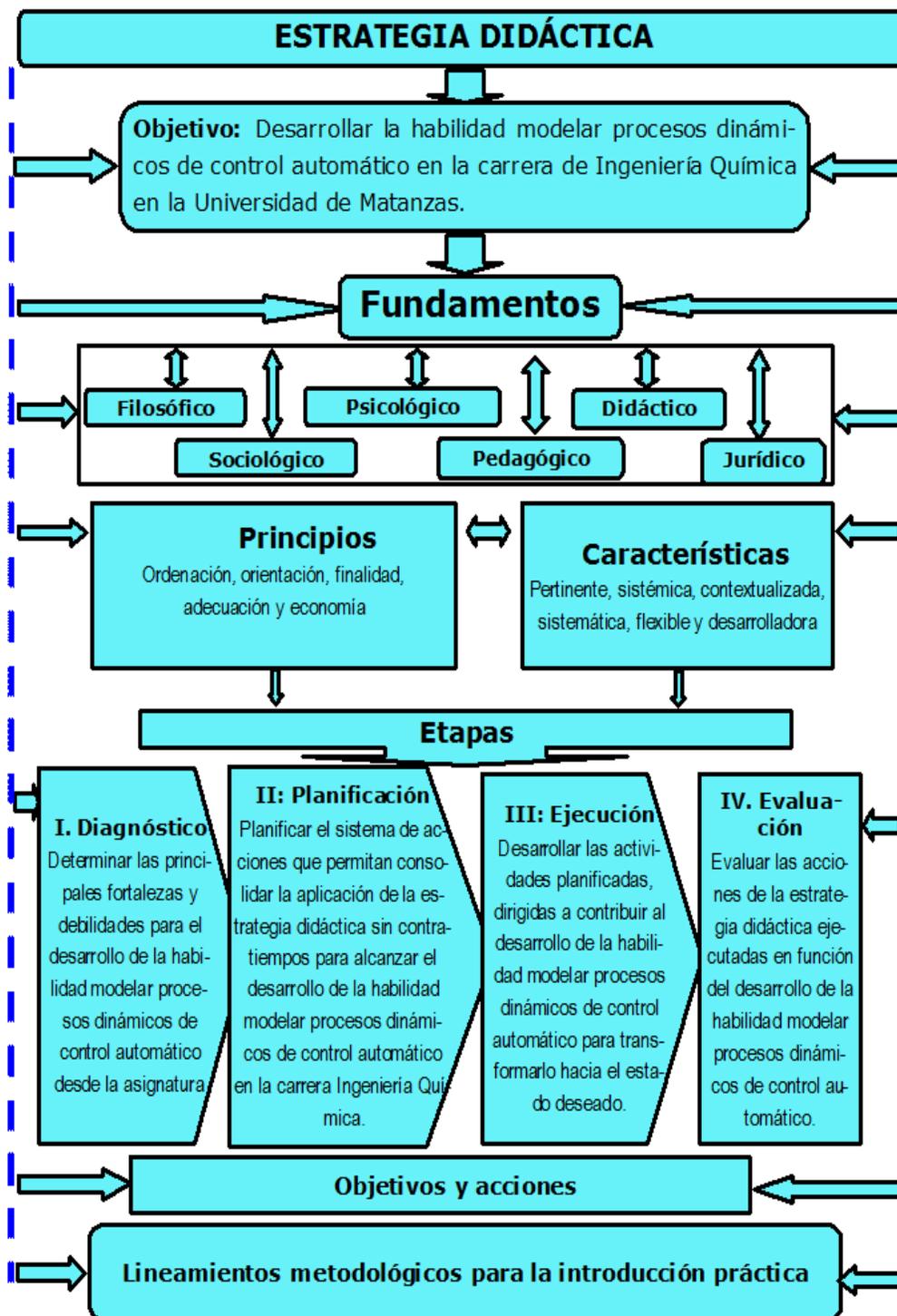


Figura 5. Representación esquemática de la estrategia didáctica

Los fundamentos filosóficos se encuentran en sintonía con las políticas de desarrollo económico del país, al formar al capital humano capaz de introducir los avances tecnológicos de la automatización y su explotación en la industria química. Ello le permite al estudiante realizar la toma de decisiones que garantizan soluciones seguras, eficientes y compatibles con el criterio de sostenibilidad. El empleo de la automatización logra incrementar la calidad del producto, abaratar los costos de producción, expandir el ritmo de la producción, liberar a los operarios de la complejidad de rutinas y aumentar la seguridad de los procesos químicos.

Atendiendo a la comunicación existente entre sujeto-sujeto Ivern (2018) se refiere a las relaciones interpersonales que fluyen a través de la comunicación. Aspecto que se tiene en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos. Los participantes de estas relaciones interpersonales son el profesor, el estudiante, el grupo y los especialistas de las organizaciones donde concurren los estudiantes como parte de su formación profesional. Las actividades que realizan los estudiantes en su Práctica Laboral Integral, implican una interacción con el proceso químico de las organizaciones a través de la modelación de procesos dinámicos de control automático.

La estrategia didáctica que se propone se fundamenta en la sociología de la educación, la cual articula con la concepción filosófica anteriormente expuesta, lo que permite desentrañar la relación educación-sociedad, desde una dimensión individual y social. La perspectiva sociológica de la educación es argumentada por Blanco (1997) al expresar que:

Desde el punto de vista sociológico el objetivo general de la Educación se resume en el proceso de socialización del individuo esto es en la apropiación por el sujeto de los contenidos sociales válidos y su objetivación, expresada en formas de conductas aceptables por la sociedad. (p. 31)

La dimensión social, es el marco donde se realizan todas las actividades a nivel microsociedad y donde se conciben las relaciones interpersonales entre los diferentes protagonistas del proceso de

enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos: profesor-grupo, profesor-estudiante, estudiante-estudiante, estudiante-especialistas de la organización y estudiante-grupo y especialista de la organización.

Asimismo, contribuye a la formación del egresado que aporta al desarrollo de la sociedad, preparándolo para desempeñar su función en el contexto social, con cualidades que se correspondan con los intereses sociales, para enfrentar los retos que se les presenten; y puedan accionar de una manera práctica, creadora y transformadora.

Los fundamentos psicológicos asumidos en la investigación son coherentes con el enfoque histórico-cultural de Vygotsky (1982) y sus seguidores, el cual fundamenta que el estudiante se apropia en forma activa de la experiencia socio-histórica de la humanidad.

Al concebir el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático el profesor de la asignatura Controles para procesos ha de tener en cuenta, tal como afirma L. S. Vigotski, la Zona de desarrollo próximo, la relación entre el Desarrollo actual y potencial del estudiante; es decir, qué conoce, qué sabe hacer y qué motivación tiene para lograrlo; en correspondencia con ello, qué ayuda necesita para poder alcanzar, por sí mismo, el nivel deseado.

Desde esta perspectiva, se tiene en consideración la génesis y desarrollo de la personalidad de cada individuo, la interacción social del sujeto en el marco de la actividad social y el vínculo establecido en la comunicación (Cabrera, 2016). El autor concuerda con Zaldívar (2006) cuando expresa que:

La personalidad, por tanto, está sujeta a un determinismo histórico-social y dialéctico, marcado por el carácter activo del sujeto. Ello significa que las relaciones sociales no se inscriben de manera mecánica en lo psicológico, que cada persona otorga especial significado a los estímulos concretos que actúan sobre ella. (p. 26)

Este fundamento argumenta que las habilidades constituyen elementos psicológicos estructurales de la personalidad, vinculados a su función reguladora ejecutora; que se forman, desarrollan y manifiestan en la actividad. Se parte de la necesidad que el estudiante posee para asimilar los

conocimientos en su formación profesional y el motivo que lo impulsa para lograr sus objetivos, expresando la relación dialéctica entre lo cognitivo y lo afectivo.

Se proclama a un sujeto activo consciente y orientado hacia un objetivo, constructor de su aprendizaje bajo la orientación del profesor. Ambos juegan sus roles en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos. Se realiza en interacción con otras personas a través de múltiples formas de colaboración y comunicación, que permite la autorregulación de su conducta durante las actividades.

En la Práctica Laboral Integral, como en las clases prácticas en fábrica, los estudiantes tienen la posibilidad de adquirir vivencias en los espacios productivos con su futura profesión; le permite verificar la teoría (conocimiento) con el comportamiento dinámico de las variables de proceso y su tendencia en el proceso productivo (realidad práctica). La Práctica Laboral Integral le imprime un aprendizaje significativo propiciando el desarrollo de habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

El fundamento pedagógico parte de las concepciones pedagógicas marxista-leninistas y martianas en las que se sustenta la pedagogía cubana. Se toma en consideración el Modelo del profesional de la carrera Ingeniería Química que orienta el proceso de formación de pregrado para garantizar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

El fundamento se explica al considerar las categorías formación, desarrollo y educación. Lo formativo está relacionado esencialmente con lo afectivo valorativo, y lo desarrollador se relaciona al incorporar a la personalidad la posibilidad de apropiarse de nuevos conocimientos y valores (González, 2018; Rodríguez et al., 2016; Sánchez et al., 2018).

La estrategia didáctica se concreta desde su particularidad, a través de los procesos sustantivos de la Educación Superior para la enseñanza de la asignatura Controles para Procesos en la que se

revela el modo de actuación del profesional desde la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. En otro sentido, la sistematización por parte del profesor de las invariantes funcionales, permite que el estudiante logre el dominio y desarrollo de la habilidad. El autor coincide con Addine (2006) cuando expresa que:

El proceso de enseñanza-aprendizaje es un proceso pedagógico que se rige por leyes y deben cumplir los principios de la dirección de ese proceso:

- 1.- Unidad del carácter científico e ideológico.
- 2.- Vinculación de la educación con la vida, el medio social y el trabajo.
- 3.- Unidad de lo instructivo, lo educativo y lo desarrollador.
- 4.- Unidad de lo afectivo y lo cognitivo.
- 5.- Carácter colectivo e individual de la educación.
- 6.- Unidad entre la actividad, la comunicación y el desarrollo de la personalidad. (p. 37)

La pedagogía permite cumplir el encargo social en la formación del profesional, al formar para las organizaciones un capital humano con una alta calificación en su desempeño. El proceso pedagógico garantiza la atención individualizada y le permite al profesor dirigir sus esfuerzos hacia las deficiencias cognoscitivas y/o afectivas que presentan los estudiantes.

Los fundamentos didácticos de la estrategia didáctica articulan con la didáctica general y su enseñanza en la educación superior pedagógica, la cual ha sido sistematizada por Addine (2013). Reconoce a los estudiantes como los protagonistas principales del proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos. Ellos constituyen el marco social por excelencia donde se producen las mediaciones que favorecen el aprendizaje (por ende, la eficiencia instrumental del proceso).

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos el profesor tiene muchas funciones, su intervención oportuna le permite actuar como facilitador, guía, orientador, controlador, retroalimentador, conductor y promotor del aprendizaje de los estudiantes, entre otras. Es importante destacar la importancia del profesor en el proceso de transformación social y la fundamentación científica de la pedagogía como elemento de la transformación de la sociedad.

Los contenidos de la asignatura Controles para Procesos están relacionados con la problemática contextualizada de la industria química actual, en el que prevalece el enfoque de la modelación de los procesos dinámicos de control automático desde la ingeniería de proceso. Con esta finalidad, se fortalece la formación del ingeniero químico al analizar la problemática de manera integral desde la modelación de procesos dinámicos de control automático, atinado a los preceptos del perfil profesional, entre los que se encuentran el cuidado del medio ambiente, la seguridad de procesos, el costo, la eficiencia, entre otros.

La utilización de clase práctica en fábrica permite que los estudiantes adquieran vivencias y confronten la teoría recibida con la práctica. Además, le permite familiarizarse con los procesos y equipos de la industria los que establecen condicionantes a los modelos que pueden realizarse en clases. Esta actividad incrementa desde el punto afectivo-motivacional el interés del estudiante por los conocimientos relacionados específicamente con la modelación de procesos dinámicos de control automático y desde la generalidad con su perfil profesional.

La utilización del software “MatLab” les permite a los estudiantes contrastar el comportamiento dinámico de las variables de proceso entre la solución manual y computarizada, por lo que constituye un medio de comprobación de los resultados como método de autoevaluación y afianzamiento de la asimilación de los conocimientos.

Como fundamento jurídico se establecen un conjunto de resoluciones aprobadas por el Ministerio de Educación Superior de Cuba. El Reglamento de trabajo docente y metodológico de la Educación Superior (Resolución No. 2/2018) se utiliza en la estrategia didáctica como guía para proponer el trabajo metodológico con los profesores. Además, se analizan otros documentos entre los que se encuentran: Documento Central del Plan de Estudio” D” Ministerio de Educación Superior (2010a), para la carrera Ingeniería Química, curso regular diurno o presencial; el Programa de la Disciplina

Fundamentos de Automatización del Plan “D” del Ministerio de Educación Superior (2010b) y el Plan de estudio “E” de la carrera Ingeniería Química del Ministerio de Educación Superior (2017).

Por otra parte, la asignatura permite implementar en su enseñanza leyes jurídicas como la concerniente a la Ley de Seguridad química emitida por el Ministerio De Justicia (2013) y, aspectos relacionados con la calibración, certificación y comercialización de los instrumentos de medición y equipos de control emitidas por la Oficina Nacional De Normalización (23 de febrero de 1998).

Los documentos antes mencionados sustentan legalmente la estrategia didáctica en concordancia con los objetivos trazados por el Centro Rector, documento fundamental de carácter estatal que establece la dirección general y el contenido principal de la formación del estudiante y contribuye al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático que luego se materializan en el modo de actuación profesional del Ingeniero Químico.

Los principios constituyen otro de los componentes que fundamentan la estrategia didáctica. La literatura reporta diversos autores que han propuesto **principios** para la estrategia didáctica. La propuesta realizada por Delgado (2016) resulta orientadora para esta tesis. Los mismos se han contextualizado en función de la presente investigación. Ellos son:

- Principio de ordenación: la estrategia didáctica permite tanto a los estudiantes, como al profesor, ordenar la secuencia de acciones que se ejecutarán durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Controles para Procesos.
- Principio de orientación: la estrategia didáctica proporciona una guía definida para avanzar en la enseñanza y el aprendizaje de Controles para Procesos y para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

- Principio de la finalidad: está dado en la intención de desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química para la formación de un profesional integral.
- Principio de la adecuación: se ajusta al nivel de los conocimientos de los estudiantes de cuarto año de la carrera Ingeniería Química.
- Principio de la economía: la estrategia didáctica ha de cumplir sus objetivos del modo más rápido, racional y eficaz.

Otro de los componentes de la estrategia didáctica son sus **características** distintivas. Ellas son:

- Pertinente: está en correspondencia con los objetivos generales, sistemas de conocimientos y habilidades expresados en la disciplina Fundamentos de Automatización.
- Sistémica: se modela como un proceso organizado por etapas que manifiestan relaciones esenciales entre sí, a partir de su objetivo a alcanzar y las acciones a desarrollar, las que se presentan en un orden lógico y jerárquico, que posibilitan el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.
- Contextualizada: durante el desarrollo de las acciones de la estrategia didáctica, los estudiantes realizan actividades que vinculen los conocimientos teóricos que reciben, con lo práctico de la industria, de tal manera que ganen en las habilidades para el posterior ejercicio de la profesión. Esto se puede lograr de diferentes formas como son laboratorios, clases prácticas en fábrica y el vínculo laboral.
- Sistemática: ejecutable y cumplible en un proceso continuo que se desarrolla en etapas con plazos de tiempos comprensibles que contribuyen al desarrollo de la habilidad objeto de estudio.
- Flexible: porque se adapta a las condiciones en que se desarrolla el proceso de enseñanza – aprendizaje de los contenidos de la asignatura Controles para Procesos. En este sentido,

permite actualizarse y rediseñarse a partir de los logros y dificultades que muestran los estudiantes.

- **Desarrolladora:** se sustenta en el enfoque desarrollador que fundamenta la concepción actual del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior cubana y de manera particular en la carrera, garantizando en el estudiante la apropiación activa y creadora de la cultura que propicien el desarrollo y autoperfeccionamiento del modo de actuación profesional de profesores y estudiantes.

3.2 Presentación de la estrategia didáctica

En la estrategia didáctica que se propone se consideran como actores a los sujetos implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje: el profesor (que lleva a efecto la estrategia), el colectivo de disciplina de Fundamentos de Automatización, los estudiantes y los especialistas de las organizaciones.

El profesor debe garantizar el diagnóstico real del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Controles para Procesos, para planificar y orientar las actividades que conducirán hacia el estado deseado. Para ello, debe estimular la participación activa del estudiante para garantizar la aplicación práctica de la estrategia. El colectivo de asignatura se encarga del desarrollo de un trabajo interdisciplinario en la asignatura que favorezca el cumplimiento de los objetivos del año.

Los profesores experimentados han desarrollado modos de actuación que les permiten conducir acertadamente el proceso de enseñanza-aprendizaje de tal forma que logran adaptarse con facilidad a las necesidades de los estudiantes. Los profesores noveles no poseen amplios repertorios, carecen de estrategias y de recursos de instrucción, se encuentran en un proceso de enculturación y socialización de la profesión. Ambos cumplen la función de transmitir a las nuevas generaciones de estudiantes el contenido disciplinar (González, 2016; Martín-Gutiérrez et al., 2014). El especialista es

aquel profesional de la industria que apoya al profesor y guía al estudiante en la práctica laboral integral. Los estudiantes lograrán dominar la habilidad ejecutando las acciones y operaciones orientadas por el profesor, siendo protagonistas activos en la construcción del conocimiento a alcanzar. Deben ser capaces de medir el avance adquirido a través de los resultados alcanzados por medio de la autoevaluación.

Etapas de la estrategia. Sus objetivos y acciones

A continuación, se presenta una descripción de las cuatro etapas que conforman la estrategia didáctica que se interrelacionan y expresan un orden y una lógica procesal; sin embargo, no necesariamente significa que tiene que concluirse una para iniciarse la otra, pues su expresión es funcional y no temporal. A pesar de que se diagnostica en la etapa inicial de la estrategia, el diagnóstico se concibe como un proceso que se manifiesta también en las restantes etapas, al igual sucede con la evaluación. Se precisa el objetivo y acciones de cada una de ellas a partir de los referentes teóricos y metodológicos que rigen el desarrollo de la habilidad objeto de estudio.

Primera etapa. Diagnóstico

El diagnóstico es la primera etapa a implementarse en la estrategia didáctica. Permite conocer el estado de las condiciones necesarias para la formación de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático y transformarlo hacia el estado deseado. Además, permite obtener la información necesaria para caracterizar el estado de la variable a través de las dimensiones e indicadores que la caracterizan. Se pueden aplicar encuestas y entrevistas a los actores de la estrategia.

En la medida que progresa la estrategia didáctica se obtiene el nivel aproximado de desarrollo de la habilidad que poseen los estudiantes por lo que el diagnóstico es transversal a todas las acciones

restantes. Estos resultados permiten continuar con la elaboración de la estrategia: la planificación de las acciones y operaciones a ejecutar.

El objetivo es determinar las principales fortalezas y debilidades para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático desde la asignatura.

Se parte del diagnóstico del conocimiento que poseen los profesores sobre la modelación de los procesos dinámicos de control automático y del software que se aplica para comprobar la modelación de procesos dinámicos de control automático para los procesos químicos a través de los métodos matemático-computacionales. El resultado obtenido evidencia las potencialidades y debilidades que poseen los profesores para ser conductores del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Acciones a realizar en la etapa de diagnóstico

Acción 1: Determinación de los conocimientos que poseen los profesores sobre los documentos rectores de la carrera Ingeniería Química.

El objetivo del estudio y análisis de los documentos rectores de la carrera Ingeniería Química permite determinar la congruencia existente entre el modelo del profesional, la disciplina y la asignatura. Se logra diseñar las acciones que permiten desarrollar la habilidad con un alto grado de integración o generalización en la formación del profesional, en función de la transformación deseada.

La información se obtiene a través de la aplicación de encuestas a los estudiantes y entrevista a los profesores. Las encuestas se aplicarán el semestre que antecede a la asignatura Controles para Procesos. La responsabilidad de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia, y determina a través de los indicadores las potencialidades y deficiencias.

Acción 2: Caracterización de la preparación teórico-metodológica de los profesores del colectivo de asignatura.

El objetivo de esta acción es caracterizar la preparación teórico-metodológica de los profesores del colectivo de la asignatura Controles para Procesos. Se materializa a través de entrevistas a profesores, revisión del programa de la disciplina y de la asignatura, así como el expediente de la asignatura. La responsabilidad de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia, y determina las potencialidades y deficiencias a través de los indicadores.

Acción 3. Identificación de las limitaciones y potencialidades del programa de la asignatura.

El objetivo de esta acción es identificar las limitaciones y potencialidades del programa de la asignatura Controles para Procesos para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el cuarto año de la carrera Ingeniería Química. Se realiza a través del análisis del programa y entrevista a profesores. La responsabilidad de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia. Antes de comenzar la docencia de la asignatura se realiza la misma.

Acción 4. Diagnóstico a los estudiantes.

El objetivo es identificar el nivel de formación precedente de los estudiantes acerca de la teoría de control. Se realiza a través de la aplicación de prueba pedagógica, encuesta a estudiantes, entrevistas a profesores y revisión del informe de la Práctica Laboral Integral. La responsabilidad de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia. Se realiza durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Acción 5. Identificación de los logros e insuficiencias en la aplicación del software MatLab por los estudiantes y profesores.

El objetivo es identificar los logros e insuficiencias que tienen estudiantes y profesores para la utilización del software en función de la modelación de procesos dinámicos de control automático. Para ello, se sugiere aplicar encuesta a estudiantes y entrevistas a profesores. La responsabilidad

de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia didáctica. Debe realizarse durante la impartición de la asignatura.

Acción 6. Determinación de los niveles de motivación del estudiante para modelar procesos dinámicos de control automático.

El objetivo es identificar los niveles de motivación que posee el estudiante para modelar procesos dinámicos de control automático, lo cual permite constatar las vías que utiliza el profesor para promover la estimulación del estudiante para modelar procesos dinámicos de control automático. El estudiante expresa los criterios acerca de las expectativas y proyección futura como profesional, así como el interés motivacional que tiene para ser aplicado los conocimientos adquiridos en la asignatura Controles para Procesos. Deben ejecutarse encuestas a los estudiantes, entrevista a los profesores, entre otras. La responsabilidad de esta acción es del profesor que aplica la estrategia.

Para acometer las acciones de la etapa de diagnóstico es preciso elaborar los cuestionarios y guías que permiten obtener la información a través de los indicadores para evaluar el estado actual que presentan los estudiantes y profesores.

En el transcurso del tiempo que se imparte la asignatura se aplicarán los cuatro cortes diagnósticos y se evaluarán aplicando los instrumentos. El responsable es el que aplica la estrategia. El procesamiento de los resultados de la información obtenida se realiza conjuntamente con el profesor principal de año y el colectivo de la asignatura.

Acción 7. Determinación de las condiciones existentes para la utilización del PHG.

El objetivo es identificar las condiciones existentes para la ejecución del PHG. Para esta acción debe realizarse un análisis de las potencialidades del contenido referido a la dinámica de los sistemas controlados, sus características y comportamiento. Se determina cuáles se desarrollan por el PHG y

cómo proceder para contribuir a la formación de la habilidad. La responsabilidad de esta acción recae sobre el profesor que aplica la estrategia.

Segunda etapa. Planificación

En esta etapa se proyectan las acciones que permiten transformar la problemática detectada en la etapa de diagnóstico hacia el estado deseado. Deben ser precisos los objetivos que se tracen para alcanzar las metas propuestas.

Se conciben, además, otros aspectos necesarios que contribuyen al cumplimiento de las metas como son los recursos, los medios y los métodos. En la etapa se esclarece bajo qué condiciones se aplicará, durante qué tiempo, participantes y responsables.

El objetivo es planificar el sistema de acciones que permiten consolidar la aplicación de la estrategia didáctica sin contratiempos para alcanzar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.

Acciones a realizar en la etapa de planificación

Acción 1: Planificación de actividades metodológicas para los profesores.

El objetivo es planificar las actividades metodológicas de los colectivos de disciplina y asignatura en concordancia con los objetivos del año académico para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.

Hay que aprovechar las fortalezas metodológicas detectadas para encausar la actualización de los profesores acerca de los conocimientos relacionados con el perfil profesional y el modo de actuación del Ingeniero Químico.

Las actividades metodológicas diseñadas pueden ser talleres, clases metodológicas instructivas, demostrativas y clases abiertas que permitan la preparación metodológica del claustro. Otra de las actividades metodológicas puede ser la presentación de las aplicaciones de los contenidos de la

asignatura en los procesos industriales donde se implican los ingenieros químicos. Cada acción la controla el responsable de la estrategia didáctica verificando su ejecución. Los responsables son: el profesor principal de año y el jefe de disciplina; se debe desarrollar durante todo el semestre.

Acción 2: Planificación de la introducción del sistema de invariantes funcionales para desarrollar la habilidad en la asignatura Controles para Procesos.

El objetivo es concebir la introducción del sistema de invariantes funcionales en la asignatura Controles para Procesos para desarrollar la habilidad. Para ello se hace un análisis de los objetivos y el contenido de la asignatura, logrando en cada clase estructurar la formación y desarrollo de la habilidad y su fijación. Una vez hecho el análisis, se determina el sistema de clases a planificar donde se combinan las conferencias, clases prácticas y laboratorios en la secuencia necesaria para que los estudiantes se apropien de las invariantes funcionales de la habilidad.

Los medios de enseñanza a utilizar deben ser predominantemente simuladores que permitan al estudiante modelar los procesos de control automático que ocurren en las organizaciones productivas desde el componente académico. Se determinan las prácticas de laboratorio necesarias para la utilización del software MatLab, ello permite al estudiante validar los modelos implementados. También se planifican actividades en las organizaciones productivas para constatar durante los procesos que tienen lugar en ellas las invariantes funcionales de la habilidad. El responsable es el profesor principal de la asignatura. La ejecución de la acción será verificada por el responsable de la estrategia didáctica.

Acción 3: Planificación de prácticas de laboratorios para desarrollar la habilidad.

En los laboratorios de computación se logra la simulación de los procesos de control automático que les permite a los estudiantes validar los modelos realizados. Esta validación es importante, puesto que se pueden variar las condiciones de entrada y se obtienen los parámetros de salida casi de

manera instantánea, lo que elimina engorrosas operaciones de cálculo que pudieran llevar a errores en los modelos a pesar de estar bien diseñado.

Se considera el software MatLab como simulador de procesos dinámicos que permite utilizar la transformada de Laplace para obtener la función transferencial del sistema y la utilización de la antitransformada para obtener la función que representa la respuesta dinámica del proceso. En cada práctica de laboratorio el estudiante y el grupo, bajo la conducción del profesor, aplicará el software "MatLab" para modelar procesos dinámicos de control automático como se muestra en la etapa de ejecución.

Para lograr lo anterior se concibe en la planificación docente las prácticas de laboratorios de tal manera que pueda gestionarse el acceso a la infraestructura informática de la universidad. Al finalizar cada corte se evaluará esta acción con entrevista a los profesores y encuesta a los estudiantes. El responsable es el profesor principal de año, en coordinación con el vicedecano docente y se planifica en el P1 de la asignatura. La ejecución de la acción será verificada por el responsable de la estrategia didáctica.

Acción 4: Elaboración de ejercicios contextualizados al perfil profesional del ingeniero químico.

Los libros de texto y los materiales de consulta poseen un sistema de ejercicios que no están contextualizados a la industria cubana de la química, por lo que el profesor propone actividades prácticas que contribuyan al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Se elaboran teniendo en cuenta el nivel de complejidad creciente y las secuencias explicadas en las acciones anteriores, lo que ayuda al estudiante a transitar de lo más simple a lo más complejo (Anexo 14).

Los ejercicios contextualizados deben formar parte del expediente de la asignatura como documento oficial. Al finalizar cada corte se evaluará esta acción con entrevista a los profesores y encuesta a los

estudiantes. El responsable es el colectivo de asignatura y se realizará antes de que comience la docencia de la asignatura.

Acción 5. Planificación de actividades para la práctica laboral integral sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático.

El objetivo de esta acción es incorporar actividades en la guía de la práctica laboral integral, como asignatura integradora del año, en la que se incorporen actividades que refuercen la modelación de procesos dinámicos de control automático, que les permite tomar decisiones operacionales en los procesos químicos. Para ello es necesario ubicar a los estudiantes en procesos químicos que requieran de procesos de automatización. De esta manera se propicia un adecuado dominio por los estudiantes, de los modos de actuación que caracterizan la actividad profesional, mediante su participación en la solución de los problemas más generales y frecuentes presentes en el escenario profesional o social en que se inserte. Para ello se le ofrece al estudiante un proceso o área de proceso sin instrumentación ni control y se le indica lo siguiente:

- Selecciona los instrumentos.
- Proponga los lazos de control pertinentes.
- Realiza la modelación de los procesos dinámicos de control automático a través del software MatLab. Toma decisiones de la información obtenida.

Acción 6. Diseño del empleo del PHG.

El propósito de esta acción es la proyección de problemas asociados a los contenidos de la asignatura relativos a la modelación de procesos dinámicos de control automático para el uso del PHG, en la que se constata la aplicación de las invariantes funcionales de la habilidad.

Una vez aplicado el programa de manera consciente y activa durante las clases, se constituye en una guía para la automatización de procesos durante su práctica laboral. El responsable es el que aplica la estrategia y el profesor principal de la asignatura.

Acción 7: Diseño del sistema de evaluación.

Esta acción tiene como propósito concebir el sistema de evaluación que permita comprobar los resultados de las acciones planificadas, en la que se constate las transformaciones logradas en estudiantes y profesores.

En las clases se proyecta la utilización de la autoevaluación, heteroevaluación y coevaluación sobre el proceso, de tal manera que los estudiantes conozcan los logros y errores cometidos e implementen estrategias para mitigar estos últimos. Se sugiere la elaboración de un informe al finalizar la práctica laboral en el que se reflejen las insuficiencias del control automático en la organización y se proponen modelos que mejoren la eficiencia de los procesos. Ello permite la aplicación de todos los procesos de control automático, así como que los estudiantes se retroalimenten del nivel de desarrollo que poseen en la modelación de procesos de control automático. Se aplicarán pruebas pedagógicas y encuestas que permitan conocer el estado real del desarrollo de la habilidad. El responsable es el que aplica la estrategia y el profesor principal de la asignatura. Debe concebirse como evaluación frecuente y parcial, así como la realización de un trabajo extraclase en la asignatura.

Tercera etapa. Ejecución

La presente etapa tiene como objetivo desarrollar en la práctica las acciones planificadas en la etapa anterior. Para dar cumplimiento a este objetivo se han determinado acciones para lograr el estado deseado en el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Deben quedar bien definidas las que les corresponden realizar a los estudiantes y profesores. Esta etapa

puede tener la flexibilidad de modificar lo planificado en caso que los efectos de las acciones ejecutas no se corresponden con los resultados previstos.

Acciones a realizar en la etapa de ejecución

Acción 1. Ejecutar actividades metodológicas para los profesores.

Se ejecutan actividades metodológicas en el colectivo de la disciplina y el colectivo de la asignatura (Anexo 15). Se debe aprovechar las fortalezas metodológicas de los profesores de experiencia para la ejecución de estas actividades. Se propone una:

Reunión docente metodológica: para viabilizar el análisis, debate y toma de decisiones acerca del proceso de enseñanza-aprendizaje de la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Reunión científico-metodológica: para viabilizar el análisis y toma de decisiones en el departamento, vinculadas a la investigación pedagógica en curso, lo cual permite analizar los aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Clase metodológica instructiva: para mediante la demostración, la argumentación y el análisis, orientar a los profesores de la asignatura Controles para Procesos sobre aspectos de carácter metodológico que contribuyen a su preparación para la ejecución de las acciones y operaciones relativas al desarrollo de la habilidad modelar procesos de control automático.

Taller científico metodológico: para debatir aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

En estas actividades participan los profesores del colectivo de disciplina, de asignatura y especialistas. Los responsables de la ejecución de las actividades metodológicas son: el jefe de la disciplina "Fundamentos de Automatización" y el profesor principal de la asignatura Controles para Procesos en la carrera Ingeniería Química.

Acción 2. Introducir el sistema de invariantes funcionales en el Tema “Análisis identificación y sistema de control” de la asignatura Controles para Procesos.

Esta acción tiene el propósito de introducir el sistema de invariantes funcionales en las clases relativas al Tema “Análisis identificación y sistema de control” de la asignatura Controles para Procesos. En el Anexo 16 se ejemplifica en una clase práctica.

En el caso que la planificación docente realizada no obtenga los resultados esperados, se introducen cambios en la planificación de manera coordinada en el colectivo de asignatura. Se establecerán controles tanto a la preparación del profesor para conducir el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático como el dominio de las acciones y operaciones por los estudiantes. El responsable es el profesor principal de la asignatura. La ejecución de la acción será verificada por el responsable de la estrategia didáctica.

Acción 3. Desarrollar una práctica de laboratorio.

Se ejecuta una práctica de laboratorio para contribuir a desarrollar la habilidad utilizando métodos matemático-computacionales. Esta práctica de laboratorio se realiza por equipos lo que posibilita la simulación de diferentes modelos de procesos dinámicos estudiados en las clases (Anexo 17). Debe orientarse la actividad a los equipos de trabajo conformados con anterioridad. Se les brinda el nivel de ayuda para que logren el desarrollo de la habilidad.

Cada equipo expondrá los resultados de solución a la modelación de procesos dinámicos de control automático. El profesor aporta su valoración sobre las soluciones propuestas. Participan los estudiantes y los profesores del colectivo de asignatura. Responsables son: quien aplica la estrategia, el profesor principal de año y los profesores del colectivo de asignatura. Se ejecuta según la planificación realizada.

Acción 4. Desarrollar clase práctica en fábrica.

Esta acción tiene la finalidad de desarrollar actividades docentes en escenarios industriales para desarrollar la habilidad (Anexo 18). Por tanto, la clase práctica en fábrica constituye una vía para que el estudiante adquiera las vivencias positivas necesarias en la aplicación de la modelación de los procesos dinámicos de control de procesos, aspecto inherente al perfil del Ingeniero Químico, lo que favorece la motivación por estos contenidos.

Este tipo de actividad permite a los estudiantes apropiarse de las invariantes funcionales de la habilidad desde su puesta en práctica en el eslabón de base. Al mismo tiempo desarrolla los valores propios de la profesión, pues la honestidad y la responsabilidad son imprescindibles para la actuación del ingeniero químico. Deben orientarse la actividad con anterioridad y los objetivos a cumplir en la misma. La actividad será conducida por especialistas de la industria (Anexo 19). Participan los estudiantes, especialistas y los profesores del colectivo de asignatura. Responsables son: quien aplica la estrategia, el profesor principal de año y los profesores del colectivo de asignatura. Se ejecuta según la planificación realizada.

Acción 5. Resolver ejercicios contextualizados al perfil profesional del Ingeniero Químico en el que se utilice el PHG en la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Se ejecuta la modelación de ejercicios contextualizados al perfil profesional del Ingeniero Químico, los cuales se pueden utilizar en las actividades prácticas para sistematizar las acciones y operaciones que desarrollen la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático con la utilización del PHG. La diversidad de los ejercicios le permite al estudiante aplicar la habilidad para los diferentes procesos químicos (hidráulico, térmico, entre otras), reforzando el modo de actuación del futuro profesional y la generalización de la habilidad (Anexo 20-23). Participan los estudiantes y los profesores del colectivo de asignatura. Responsables son: quien aplica la estrategia, el profesor

principal de año y los profesores del colectivo de asignatura. Se ejecuta según la planificación realizada.

Acción 6. Desarrollar actividades en la práctica laboral integral sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático.

La Práctica Laboral Integral, como asignatura integradora del año, posibilita desarrollar actividades de modelación de procesos dinámicos de control automático, que le permite al estudiante la toma de decisiones operacionales en los procesos químicos, en la que se aplica de forma práctica el sistema de invariantes propuesto en el programa de la asignatura. Por ejemplo: realizar la modelación de los procesos dinámicos de control automático en una fracción del proceso o equipos, donde se permita comprobar los resultados a través del software.

Participan los estudiantes, el profesor principal de año y el jefe de la disciplina integradora. Responsables son: quien aplica la estrategia didáctica, el profesor principal de año. Se ejecuta en la propia práctica laboral integral.

Acción 7. Aplicar el sistema de evaluación para la verificación de los resultados de las acciones planificadas en la estrategia didáctica.

Se ejecutan las evaluaciones previstas, de manera que permita verificar los resultados de las acciones planificadas, en la que se constate las transformaciones logradas por el estudiante en el desarrollo de la habilidad modelar procesos de control automático. Le permite al profesor obtener juicios de valor sobre el proceso y sus resultados y abre espacio para que el estudiante comprenda y asuma las metas contenidas en los objetivos y a su vez pueda establecer sus metas individuales.

Participan los estudiantes y los profesores del colectivo de asignatura. Responsables son: quien aplica la estrategia y los profesores del colectivo de asignatura. Se ejecuta en todas las actividades docentes y en la práctica laboral integral.

Cuarta etapa. Evaluación

La evaluación no se puede considerar a los efectos de esta estrategia como un acto final, sino que debe ser sistemática y con un enfoque integral. Debe estar presente desde la etapa de diagnóstico en función de realizar valoraciones sobre la apropiación de las invariantes funcionales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. Ello permite constatar los resultados de las acciones ejecutadas a partir del estado real y en función del objetivo trazado. Por tanto, la evaluación posee transversalidad durante todas las etapas de la estrategia.

El autor coincide con el criterio de Gil y Morales (2018) al expresar que:

La evaluación es una expresión sistemática, en la que todas las acciones evaluativas se diseñan, planifican, deben seguir una lógica gradual, recurrencia de los contenidos, niveles de generalidad y con un fin educativo. Todo esto permite reorientar la labor de los docentes y la actividad de estudio de los alumnos. (p. 173)

Como explica Gil y Morales (2018) se utiliza como mecanismo de retroalimentación para corregir e introducir modificaciones en correspondencia con los resultados que se obtengan.

Objetivo: evaluar las acciones de la estrategia didáctica ejecutadas en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Acciones a realizar en la etapa de evaluación

1. Valorar el nivel de dominio de las acciones y operaciones de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático tanto en profesores como estudiantes.
2. Valorar el dominio del profesor y de los estudiantes en la utilización del software MatLab en la modelación de procesos dinámicos de control automático.
3. Valorar la utilización de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la solución de problemas profesionales relativos al perfil del Ingeniero Químico.

4- Valorar la relación afectiva de los estudiantes, sus vivencias, sus proyecciones futuras en la modelación de procesos dinámicos de control automático a partir de su experiencia en la práctica laboral integral.

Lineamientos para la introducción práctica de la estrategia didáctica

El autor de esta tesis considera necesario proponer un conjunto de lineamientos que posibiliten la introducción práctica de la estrategia didáctica en concordancia con los fundamentos teóricos asumidos y su objetivo.

La materialización de estos lineamientos es el colectivo de la Disciplina Fundamentos de la Automatización por ser el órgano responsable del trabajo metodológico de la asignatura Controles para Procesos en función de contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Para ello se sugiere la incorporación de las actividades metodológicas propuestas en la investigación como parte del plan de trabajo metodológico de la asignatura Controles para Procesos.

Se significan como principales lineamientos los siguientes:

- Incorporar al plan metodológico de la Disciplina Fundamentos de Automatización y de las asignaturas Controles para Procesos (Plan de estudio “D”) e Instrumentación Industrial y Controles para Procesos (Plan de estudio “E”) un sistema de actividades que propicie la preparación colectiva e individual del claustro de profesores para el proceso de desarrollo de las cuatro etapas de la estrategia didáctica.
- Planeamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje con atención a las acciones y operaciones de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.
- Confección de un plan de actividades que propicien el cumplimiento de las acciones previstas en esta estrategia didáctica, considerando en ello las coordinaciones con especialistas de la

industria química, aseguramiento material y técnico para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, traslado de los estudiantes a la industria.

- Confeccionar ejercicios contextualizados para el trabajo independiente de los estudiantes, dentro y fuera de la clase que facilite las acciones previstas en la estrategia didáctica.
- Tomar notas en calidad de registro de los aspectos importantes, positivos y negativos, que se presentan, tanto a los estudiantes como a los profesores participantes en la aplicación de esta estrategia didáctica, elemento a considerar en la etapa conclusiva.
- Ajustar su introducción en la práctica en correspondencia con las características individuales tanto del profesorado como de los estudiantes, pero sin modificar los aspectos que le otorgan el carácter sistémico.

En la estrategia didáctica se diagnostican, se planifican y se ejecutan acciones como son: el diagnóstico inicial de los estudiantes y profesores, la introducción del sistema de invariantes funcionales, ejercicios contextualizados al perfil profesional, se introduce práctica de laboratorio y en la industria, aplicación del software MatLab, actividades para la práctica laboral integral, la preparación teórico-metodológica de los profesores, la utilización del PHG, niveles de motivación del estudiante, entre otras. Posteriormente se evalúan el dominio del profesor y de los estudiantes en la utilización del software MatLab, de las acciones y operaciones apropiadas por el estudiante para desarrollar la habilidad y con ello dar la solución a los problemas profesionales relativos al perfil del Ingeniero Químico, entre otras.

Con las acciones propuestas en la estrategia didáctica se logra desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático al permitir que estudiantes y profesores se apropien de las invariantes funcionales y se expresa en:

- El dominio de los conocimientos que debe apropiarse el estudiante.

- El proceder de los estudiantes y profesores para la aplicación de las invariantes funcionales de la habilidad.
- La necesidad personal y profesional del estudiante.

Conclusiones del capítulo

La estrategia didáctica se concibe como solución al problema científico y, por tanto, está dirigida al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Su contenido privilegia el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Controles para Procesos y ofrece consideraciones relacionadas con las acciones tanto del profesor como de los estudiantes en cada etapa.

CAPÍTULO 4.

VALORACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

CAPÍTULO 4. VALORACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

En este capítulo se presentan los resultados de la valoración teórica y práctica de la estrategia didáctica elaborada para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química a partir de la valoración de los expertos y su aplicación práctica en el cuarto año de la carrera.

4.1 Valoración de los resultados por el criterio de expertos

La utilización del método Delphi permite someter los resultados investigativos al análisis de un grupo de expertos y obtener juicios de valoración. Es uno de los métodos subjetivos de pronóstico más confiable (siempre que se aplique siguiendo las indicaciones correspondientes) y constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, mediante la elaboración estadística de las opiniones de los expertos en el tema de que se trate (Reguant y Torrado, 2016).

Se ejecutan una secuencia de pasos que permiten su aplicación a saber: elaboración del objetivo; selección de los expertos; elección de la metodología; ejecución de la metodología seleccionada y el procesamiento de la información. Los expertos se autoevalúan a través de un cuestionario para ser seleccionados (Anexo 24).

La competencia de cada experto se determina por el Coeficiente de Competencia (K) (Ecuación 4.1). El coeficiente de conocimiento o información que posee el experto acerca del problema (sobre la base de su autovaloración) está representado en la ecuación 4.1 por el término K_c y el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto está denotado con el término K_a (Anexo 25).

$$K = (K_c + K_a) / 2 \quad 4.1$$

Cada experto se selecciona sí el coeficiente de competencia se encuentra en el rango $0,8 \leq K \leq 1,0$ (Anexo 26). En la investigación se seleccionaron 16 expertos que cumplieron con esta condición. A los expertos se les precisó que evaluaran la estrategia didáctica con la asignación de un valor cuantitativo (1-10), decreciente según su estimación en la escala solicitada (Anexo 27). Además, se les solicitó que identificaran las debilidades y fortalezas que, a su juicio, pudieran estar presentes en la estrategia didáctica propuesta, así como, otros aspectos relevantes, no contemplados y que a su consideración debieran estar presentes.

Para realizar el procesamiento estadístico de los datos obtenidos de los expertos se usó el coeficiente de concordancia de Kendall (W). Este coeficiente permite obtener el grado de concordancia entre los expertos que evaluaron la estrategia didáctica propuesta. La magnitud del coeficiente de concordancia de Kendall se encuentra en el rango $0 \leq W \leq 1$. Valores cercanos a cero expresan desacuerdo en la concordancia entre expertos y valores próximos a uno expresan la máxima concordancia. Para realizar el cálculo del coeficiente de correlación de Kendall (W) se usó la fórmula propuesta en la obra de (Sheskin, 2000, p. 904), reflejada en la ecuación 4.2.

$$W = [(12 * U) - (3 * m^2 * n * (n + 1)^2)] / [m^2 * n * (n^3 - 1)] \quad 4.2$$

Los términos de la ecuación 4.2 denotan: m número de expertos; n número de aspectos a evaluar. El término U es la sumatoria cuadrática de los Rij, expresado en la ecuación 4.3. La suma de rangos correspondientes a la evaluación realizada por los expertos a la pregunta j, donde Rij es el rango asociado a la evaluación del experto (i) de la pregunta (j).

$$U = \sum_{j=1}^n (\sum R_{ij})^2 \quad 4.3$$

Los valores otorgados por cada uno de los expertos a los aspectos de la guía y la tabla de valores de rango de puntajes ligados se encuentran en el Anexo 28.

El resultado del cálculo del coeficiente de concordancia efectuado, indica que existe una concordancia entre los expertos al evaluar la propuesta de la estrategia didáctica. Si el valor de $W > 0,5$ se verifica si es casual o no la coincidencia de las opiniones de los expertos.

$$W = [(12 * 51351,14) - (3 * 16^2 * 8 * (8+1)^2)] / [16^2 * 8 * (8^3 - 1)] = 0,91$$

Para realizar esta comprobación se utiliza la Prueba de Significación con el coeficiente de concordancia de Kendall, W. Para ello, se planten la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1) siguientes: H_0 : Coincidencia casual (no existe asociación entre ellas); H_1 : Coincidencia no casual (existe asociación entre ellas).

Cada prueba de valoración estadística compara los resultados de las fórmulas de tipificación con una de las distribuciones teóricas de referencia. En la investigación se utiliza como distribución de referencia el estadígrafo Chi-cuadrado (χ^2) que permite probar si existe una diferencia significativa entre el número observado de objetos o respuestas en cierta categoría, y el número esperado con base a la hipótesis nula. Para conocer el valor de (χ^2) se realiza el cálculo mediante la fórmula de la ecuación 4.4, la cual contempla la equivalencia de (χ^2) para $n > 7$, con (n-1) grados de libertad (df). Una vez calculado el estadígrafo (χ^2) se contrasta con el valor crítico de la distribución teórica

porcentual (χ^2_p), el cual se obtiene a partir de fijar el nivel de significación (α) y los grados de libertad (*Tabla de Distribución Chi Cuadrado* χ^2 , s.f.). El valor de (χ^2_p) se obtiene de la tabla de distribución teórica de Chi-cuadrado (Anexo 29).

$$\chi^2 = m (n - 1)W \quad 4.4$$

$$\chi^2 = 16 (8-1) (0,91) = 101,92; \text{ para } df=(n-1) =7$$

Si (χ^2) (calculado) < (χ^2_p) se acepta la hipótesis nula, las variables son independientes. Si (χ^2) > (χ^2_p) se rechaza la hipótesis nula, las variables no son independientes (se da una relación de asociación). El valor de (χ^2_p) para 7 df con un nivel de significación $\alpha =0,05$ le corresponde un valor de (χ^2_{95}) igual a 14,067.

El resultado de la comparación arroja que (χ^2) > (χ^2_{95}), lo que permite rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; o sea, se confirma que existe una coincidencia no casual entre los expertos.

Los resultados de la evaluación de la estrategia didáctica realizada por los expertos hacen posible afirmar que son estadísticamente significativos. El cálculo de la evaluación refleja una confiabilidad de un 95 %. Además, expresa que el grado de coincidencia de la efectividad de la estrategia didáctica es congruente entre los 16 expertos.

4.2 Valoración de los resultados de la introducción práctica de la estrategia didáctica

En este epígrafe se presenta la valoración de los resultados obtenidos a partir de la introducción práctica de la estrategia didáctica propuesta en el cuarto año de la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas, la cual se realizó durante el segundo semestre del curso 2018-2019.

Las unidades de análisis fueron: 28 estudiantes de la modalidad presencial, los dos profesores de la asignatura Controles para Procesos, que impartieron la asignatura a los estudiantes en el período señalado.

Esta etapa tuvo como propósito determinar las principales fortalezas y debilidades para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático como parte del proceso de enseñanza -aprendizaje de la asignatura Controles para Procesos. Para ello se aplicaron las acciones concebidas en la etapa de diagnóstico de la estrategia didáctica.

Resultado inicial de los profesores

Se realiza el diagnóstico inicial a los profesores antes de comenzar la asignatura (Anexo 30). Se constata que los profesores dominan la teoría de control que sustenta la modelación de procesos dinámicos de control automático, el software MatLab se usa en las prácticas de laboratorio de la asignatura Controles para Procesos, los comandos del software se utilizan para realizar la modelación de los procesos dinámicos de control automático y se aplica el sistema de acciones y operaciones.

En tanto, el profesor novel no siempre aplica de forma sistemática el sistema de acciones y operaciones en la secuencia que corresponde, lo que incide en la generalización del sistema de invariantes funcionales, aspecto este que limita el desarrollo de la habilidad objeto de estudio. Asimismo, se confirma el dominio del conocimiento de las señales de prueba, las leyes que rigen el proceso químico, las leyes que describen los controladores, el lazo de control y la interpretación de las representaciones gráficas.

El profesor experimentado posee dominio del perfil del profesional y el modo de actuación profesional del ingeniero químico, aspectos estos que son insuficiencias en el profesor novel, así como que no posee experiencia en la aplicación del programa heurístico general. Mientras que los especialistas de las organizaciones, en su generalidad, no tienen categoría docente y tienen limitaciones en su formación pedagógica, lo que incide en el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se

desarrolla en la industria. Lo que infiere la necesidad de un continuo trabajo metodológico con el profesor novel y los especialistas.

Resultado inicial de los estudiantes

Se realizó una encuesta inicial a los 28 estudiantes antes de introducir en la práctica la estrategia didáctica para valorar el nivel de partida antes de comenzar su aplicación (Anexo 31). Los resultados obtenidos se presentan en la figura 6.

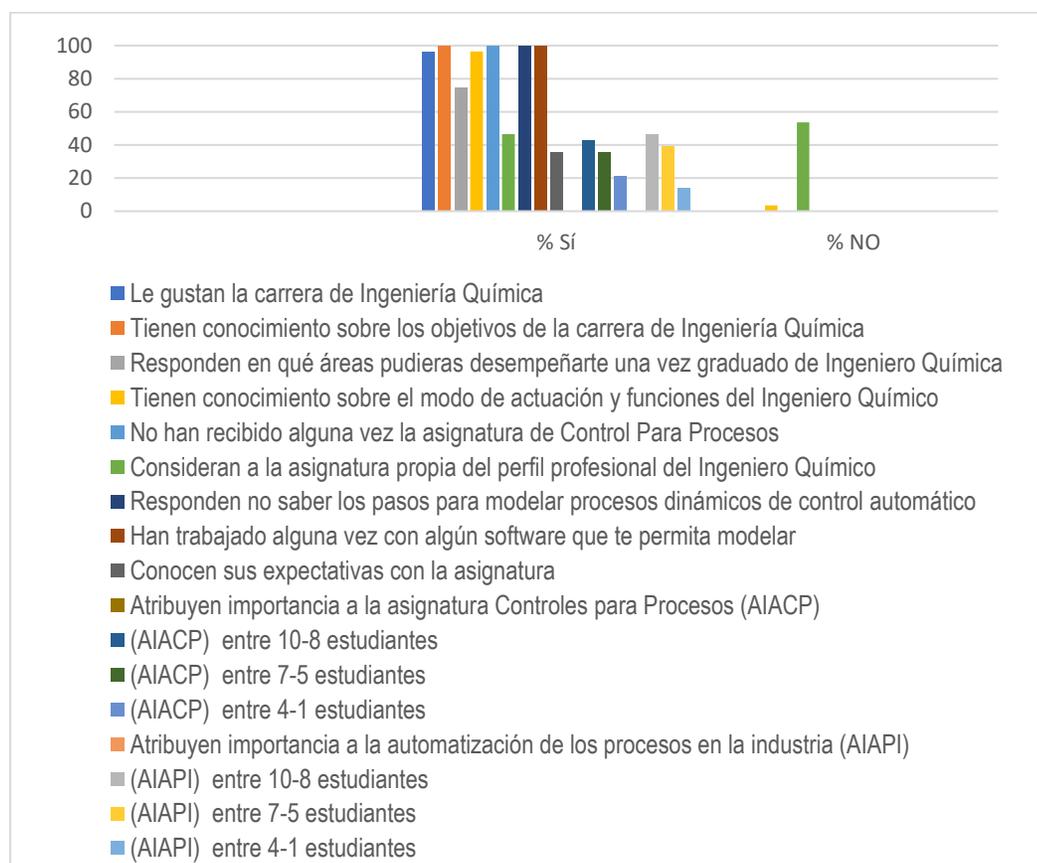


Figura 6. Resultados del diagnóstico inicial de los estudiantes

Se considera como potencialidades en el diagnóstico inicial de los estudiantes que estos se encuentran estimulados por la carrera Ingeniería Química; tienen conocimiento sobre los objetivos de la carrera y el modo de actuación del Ingeniero Químico; han trabajado al menos una vez con

software que le posibilitan la modelación y simulación de procesos. Poseen limitaciones en la apropiación del programa heurístico general.

Se identifican como debilidades en el diagnóstico inicial de los estudiantes las siguientes: el 53,57 % no considera a la asignatura Controles para Procesos como propia del perfil profesional del ingeniero químico; el 35,71 % no tiene conciencia del valor teórico-metodológico de la asignatura Controles para Procesos para su desempeño profesional, en consecuencia, no le atribuyen importancia para la formación del Ingeniero Químico.

El perfil eléctrico que posee la asignatura Controles para Procesos repercute hacia una motivación deficiente del estudiantado por su contenido, situación que redundo desfavorablemente en el proceso formativo y; por ende, en los resultados de las evaluaciones.

Acciones transformadoras desarrolladas con el profesor

El rediseño del proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Controles para Procesos contribuyó a la transformación de la planificación de las clases, teniendo en cuenta los objetivos que se deben alcanzar para lograr una adecuada sistematización de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. La selección, el análisis y solución de los ejercicios propuestos en el expediente de la asignatura le permitió al profesor novel apropiarse del modo de actuación profesional del ingeniero químico.

Se realizaron actividades metodológicas (reunión docente metodológica, una reunión científico-metodológica y una clase metodológica instructiva) en el colectivo de la disciplina y el colectivo de la asignatura (Anexo 15). De esta manera, se contribuyó a la preparación del profesor novel, incrementando su preparación en temas relacionados con el análisis del programa de la disciplina “Fundamentos de Automatización” en la carrera Ingeniería Química, el análisis del desarrollo de la

habilidad modelar procesos dinámicos de control automático y el tratamiento metodológico para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Estas actividades contribuyen a la didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje de control de proceso, particularmente en la apropiación de las invariantes funcionales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático y de la conducción del programa heurístico general. Al ejecutar las actividades prácticas no se aprovecha el contexto para presentar otras alternativas de solución.

La preparación a los especialistas se efectuó en coordinación con los directivos de la organización atendiendo a las carencias que poseen para conducir el proceso de enseñanza-aprendizaje en la industria. El proceso organizativo de la clase práctica en la fábrica (Anexo 18) permitió identificar las áreas de la industria con potencialidades para que el estudiante interactúe con los instrumentos instalados, los lazos de control, y el sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos (SCADA) del proceso tecnológico sustentado en la modelación de procesos dinámicos de control automático. Ello permitió la concreción del objetivo de la clase práctica en la fábrica. Esta acción fomentó espacios de intercambio entre los estudiantes, los graduados y especialistas de la industria química. Se enriqueció la guía de la Práctica Laboral Integral para que los estudiantes durante su estancia en las organizaciones se encuentren orientados, se apropien del funcionamiento del proceso tecnológico, cuestión esta que les permite modelar, identificar y proponer lazos de control de las variables del proceso. Esta guía fue contentiva de problemas profesionales que demandan la aplicación de las acciones y operaciones de la habilidad objeto de estudio, así como de conocimientos teóricos por parte de los estudiantes en la búsqueda de soluciones prácticas y, recojan la información del proceso tecnológico que le permita elaborar los informes de la Práctica Laboral Integral.

Se realizó la clase práctica de laboratorio en la que se utilizó el software MatLab para realizar la simulación de los modelos de procesos dinámicos de control automático (Anexo 17). El profesor orientó ejercicios y los estudiantes comprobaron los resultados a través de la simulación. Se incrementaron los ejercicios en la clase práctica obtenidos de situaciones reales de la industria química con un enfoque orientado hacia la ingeniería de procesos (Anexo 16). El profesor orientó adecuadamente la realización del ejercicio y prestó los niveles de ayuda necesarios a los estudiantes por lo que se estimuló al estudiante para que comprenda la importancia de controlar las variables de los procesos químicos como una necesidad inherente del proceso químico, por ende, preciso en la formación del ingeniero químico.

La explicación de cada parte funcional y estructural de la estrategia al colectivo de disciplina y de la asignatura permitió que cada participante conociera sus funciones y responsabilidades durante el desarrollo de la estrategia didáctica.

Acciones transformadoras desarrolladas con los estudiantes

En la clase práctica en fábrica se logró que existieran espacios de intercambio entre los estudiantes, el grupo, los graduados y especialistas de la industria. En ella se reafirmaron los procesos de control automáticos como importantes para el ingeniero químico lo que incrementa la motivación al dar la oportunidad a los estudiantes de tener vivencias afectivas para el ejercicio de la profesión.

La utilización de las Tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) en la clase práctica de laboratorio les permitió a los estudiantes y al grupo constatar la correspondencia entre la teoría y los resultados de la modelación de procesos dinámicos de control automático a través de la simulación utilizando el software MatLab. La corrida de los modelos en software es una simulación de los procesos y les permite a los estudiantes detectar los errores en la solución manual. Los estudiantes realizaron la modelación de los procesos dinámicos de control automático, solucionando

los ejercicios propuestos en clases (Anexo 17) e indicados para el trabajo independiente, lo cual le permitió apropiarse de las invariantes funcionales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático. La utilización del programa heurístico general les permite alcanzar resultados satisfactorios pues les brinda herramientas para la solución de estas problemáticas.

La guía de la Práctica Laboral Integral les permitió a los estudiantes tener una adecuada orientación para alcanzar los objetivos del año académico. Se incrementó la calidad de los informes realizados, lo que evidencia mayor integralidad en los análisis presentados; de esta manera se apropia de su modo de actuación profesional y demuestra una adecuada formación científica laboral.

Los estudiantes y el grupo lograron comprender mediante la solución de ejercicios en las clases prácticas y la realización de clases prácticas en la fábrica, la utilidad de la modelación de procesos dinámicos de control automático como aspecto inherente al proceso químico; ello contribuyó a que los contenidos curriculares de la asignatura Controles para Procesos tuvieran pertinencia y significatividad individual y social como parte de su formación profesional. Ello propició mayor motivación e interés hacia la asignatura.

Cortes evaluativos realizados con la puesta en práctica de la estrategia didáctica. Resultados obtenidos por dimensiones

Se efectuaron cuatro cortes evaluativos. El primero, al iniciar la asignatura; el segundo, al concluir el Tema “Análisis identificación y sistema de control”; el tercero, al concluir el Tema “Controladores” y el cuarto, al concluir la Práctica Laboral Integral. Cada uno se ejecutó en la medida que avanzaba la aplicación de la estrategia y los resultados de las evaluaciones fueron utilizadas como mecanismo de retroalimentación para modificar aquellas acciones planificadas que no proporcionaron el efecto transformador deseado.

Durante la introducción práctica de la estrategia didáctica se aplicaron encuestas a los estudiantes (Anexos 32 - 34), entrevista a los profesores de la asignatura (Anexo 35), pruebas pedagógicas a los estudiantes (Anexos 36 - 39). Los resultados obtenidos, después de aplicada la evaluación de la estrategia didáctica para cada corte evaluativo se analizan a continuación por dimensiones.

Análisis de la dimensión cognitiva

En el primer corte los estudiantes evaluados entre bien y excelente se encuentra en el rango de 10,71 % al 28,57 %. Este resultado refleja el escaso dominio de la modelación de procesos dinámicos de control automático que presentan los estudiantes.

Los estudiantes no aplican correctamente las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a procesos dinámicos de control automático en la industria química, no caracterización los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química. Esta situación descrita les impide interpretación los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química por lo que se incorporan acciones sobre la marcha de la estrategia que permitan contrarrestar las deficiencias.

Entre estas acciones se encuentra acentuar la atención personalizada a aquellos estudiantes que poseen evaluaciones de mal y regular; se realizan cambios en los métodos participativos utilizados en las clases prácticas que refuerzan el conocimiento para modelar procesos dinámicos de control automático y se les entregan a los estudiantes materiales complementarios que facilitan la comprensión de los conocimientos sobre la temática, entre otras.

Los resultados del segundo corte demuestran que los estudiantes evaluados entre bien y excelente se encuentra en el rango de 32,14 % al 42,86 %, lo cual constituye un porcentaje superior respecto al

corte anterior, pero insuficiente para las expectativas que se esperan con la aplicación de la estrategia didáctica. Se orientan actividades que propicien el trabajo grupal.

Se concibe que el grupo o un integrante actúe como igual(es) para que facilite(n) la ayuda o soporte a aquellos que no han logrado alcanzar el conocimiento de la modelación de procesos dinámicos de control automático. En el tercer corte, los estudiantes evaluados entre bien y excelente se encuentra en el rango de 50 % al 71,43 %. Se incrementa el valor del rango de estudiantes evaluados entre bien y excelente respecto al corte anterior.

El último corte alcanza entre el 75 % al 96,43 % de estudiantes evaluados de bien y excelente. La evaluación de los indicadores de la dimensión cognitiva, desde el primer corte hasta el último, confirman el incremento paulatino del número de estudiantes evaluados de bien y excelente. En el último corte realizado los estudiantes demostraron dominio de los conocimientos básicos para modelar procesos dinámicos de control automático. Los resultados obtenidos, después de aplicada la evaluación para cada corte diagnóstico para la dimensión cognitiva se muestra en la figura 7.

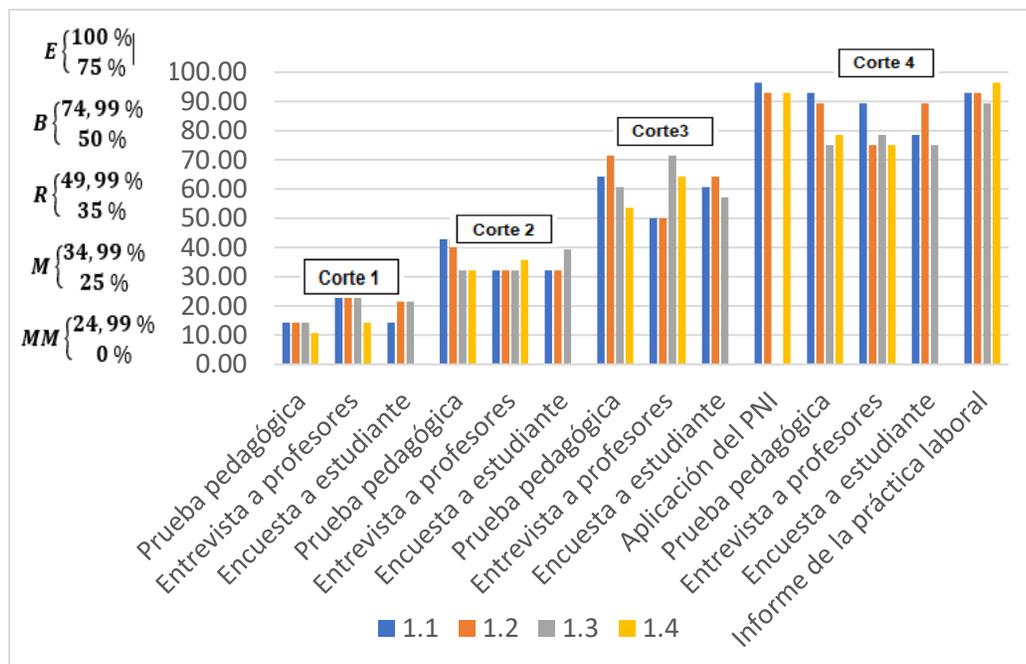


Figura. 7. Resultados de la dimensión cognitiva

Análisis de la dimensión procedimental

En el primer corte los estudiantes evaluados entre bien y excelente se encuentra entre el 14,29 % y 25 %. Las dificultades esenciales que presentan los estudiantes se reflejan en que no logran determinar los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos, no aplicar los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas; no elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química; no evalúan el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones. Se implementaron acciones para reorientar la estrategia didáctica hacia el proceso transformador deseado. Los esfuerzos se encausaron hacia la acción mediada del profesor para que proporcione el nivel de ayuda necesario, la profundización en el estudio del Programa Heurístico General que le permite a los estudiantes apropiarse de la ejecución consciente de las acciones y operaciones que se deben realizar para modelar procesos dinámicos de control automático.

El profesor orienta ejercicios complementarios en el transcurso de la clase y de estudio independiente, con su correspondiente evaluación, para que sean ejecutados con la frecuencia, periodicidad, flexibilidad, complejidad y gradación que desarrolle el dominio de la habilidad.

En el segundo corte evaluativo los estudiantes evaluados entre bien y excelente en la dimensión ejecutora estuvo en el rango de 28,57 % al 46,43 %.

El tercer corte el valor del rango fluctuó entre un 46,43 % y el 67,86 % y el rango para el último corte estuvo entre el 75 % y el 100 % de estudiantes evaluados entre bien y excelente. Los indicadores que obtuvieron mejor evaluación fue la determinación de las variables y parámetros que describen acertadamente el funcionamiento del proceso dinámico de control automático en la industria química y la aplicación de los modelos matemáticos que les permiten modelar los procesos dinámicos de

control automático en la industria química. Los resultados obtenidos para la dimensión ejecutora en cada corte diagnóstico se muestran en la figura 8. En el último corte los estudiantes evidencian un saber hacer con independencia realizando los procedimientos que le permiten ejecutar las acciones y operaciones para modelar los procesos dinámicos de control automático.

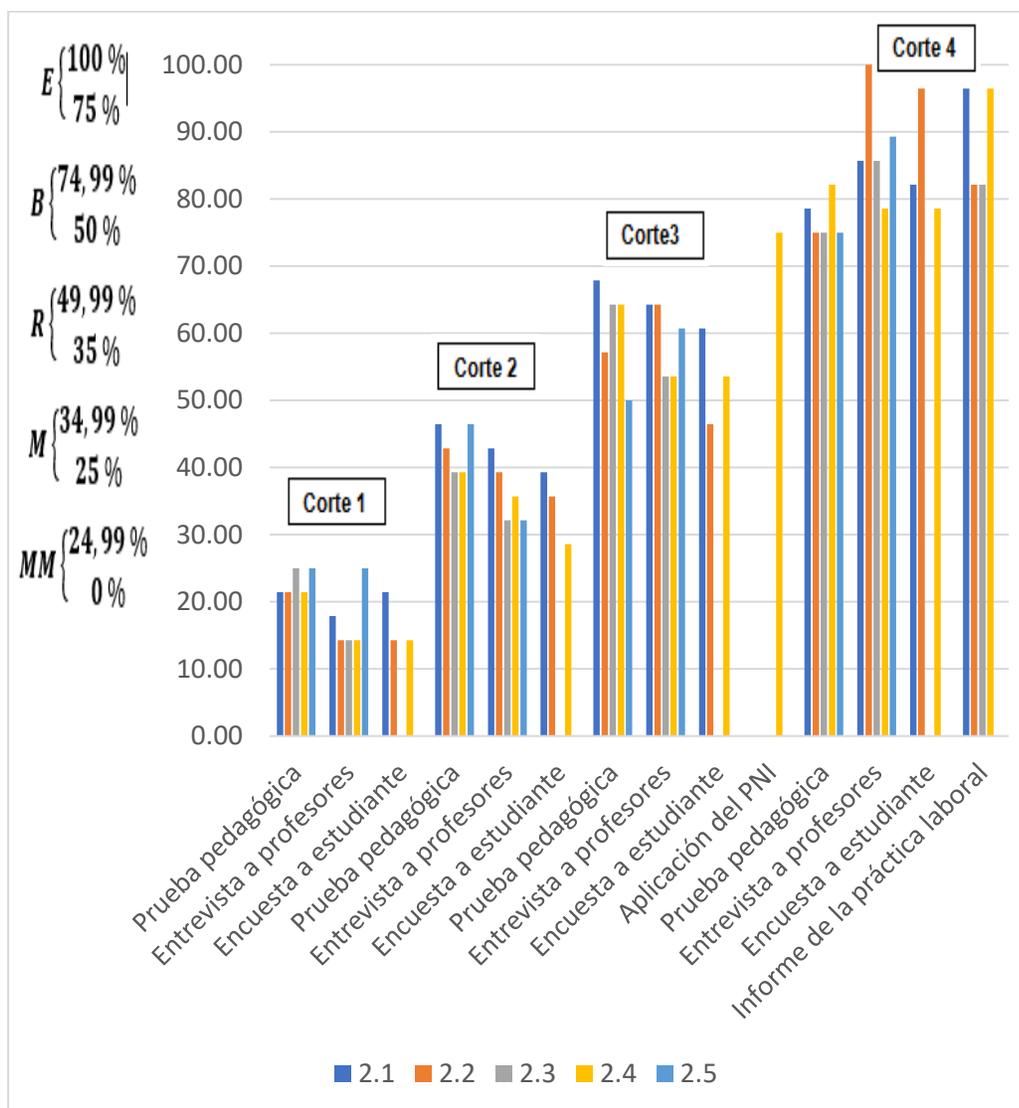


Figura 8. Resultados de la dimensión procedimental

Análisis de la dimensión motivacional

Para la dimensión motivacional los estudiantes evaluados entre bien y excelente en el primer corte se encuentra en el rango de 7,14 % al 21,43 %. Este resultado refleja la escasa motivación de los

estudiantes que se manifiesta en no poseer vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático, bajo interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático, por lo que no muestran una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control automático.

Para incrementar la motivación de los estudiantes se realizaron acciones que estimularan de forma consciente la necesidad de la aplicación de modelación de procesos dinámicos de control automático en la práctica profesional. Las acciones ejecutadas por el profesor estuvieron encaminadas a desarrollar ejercicios integradores en las clases prácticas. Las posibles soluciones encontraban respuestas acertadas en la aplicación de la teoría del control para realizar la integración energética, la producción más limpia, el cuidado y protección del medio ambiente, la eficiencia de proceso, entre otras, centradas en el modo de actuación del ingeniero químico.

Por otra parte, la utilización de la clase práctica de laboratorio y en la industria coadyuvó a que los estudiantes simularan la modelación de proceso dinámico de control automático y tuvieran vivencias sobre la importancia de la aplicación, en su modo de actuación profesional, de la modelación de procesos dinámicos de control automático. Esto los lleva a colocar los contenidos de control automático en la representación que poseen sobre el ingeniero químico.

En el segundo corte evaluativo los estudiantes evaluados entre bien y excelente en la dimensión motivacional estuvo en el rango de 35,71 % y 39,29 %. El tercer corte el valor del rango osciló entre un 57,14 % y 64,29 %. El rango para el último corte estuvo entre el 75 % y el 92,86 % de estudiantes evaluados entre bien y excelente. La cantidad de estudiantes evaluados entre bien y excelente en la dimensión motivacional fue incrementándose mientras se aplicaba la estrategia didáctica desde el primer corte hasta el último.

Las acciones realizadas permitieron que los estudiantes manifiesten alto grado de necesidad personal y profesional para modelar los procesos dinámicos de control automático. La evaluación para cada corte diagnóstico en la dimensión motivacional se muestra en la figura 9.

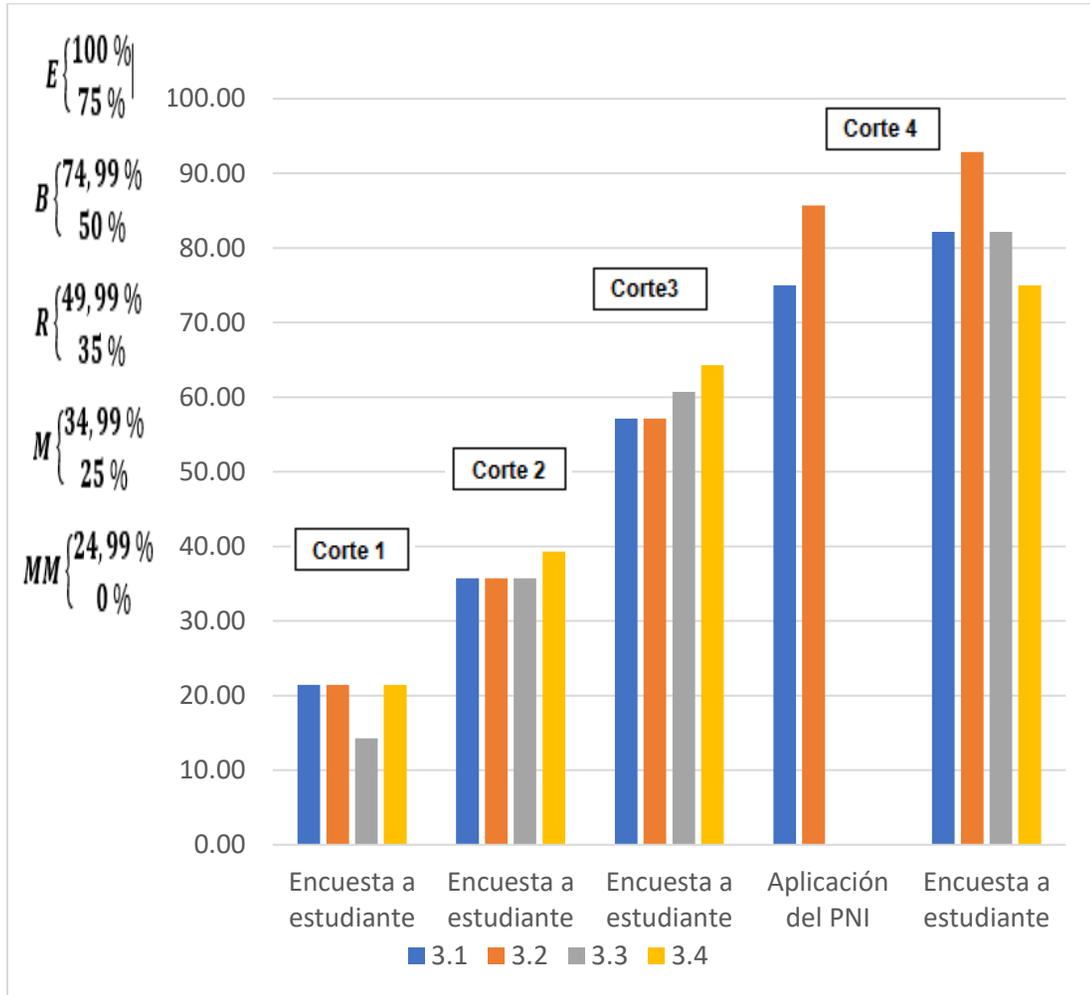


Figura 9. Resultados de la dimensión motivacional

En la figura 10 se muestra los resultados de la evaluación de los indicadores de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, lo que permite visualizar las transformaciones de los resultados tanto de las dimensiones como de la variable fundamental.

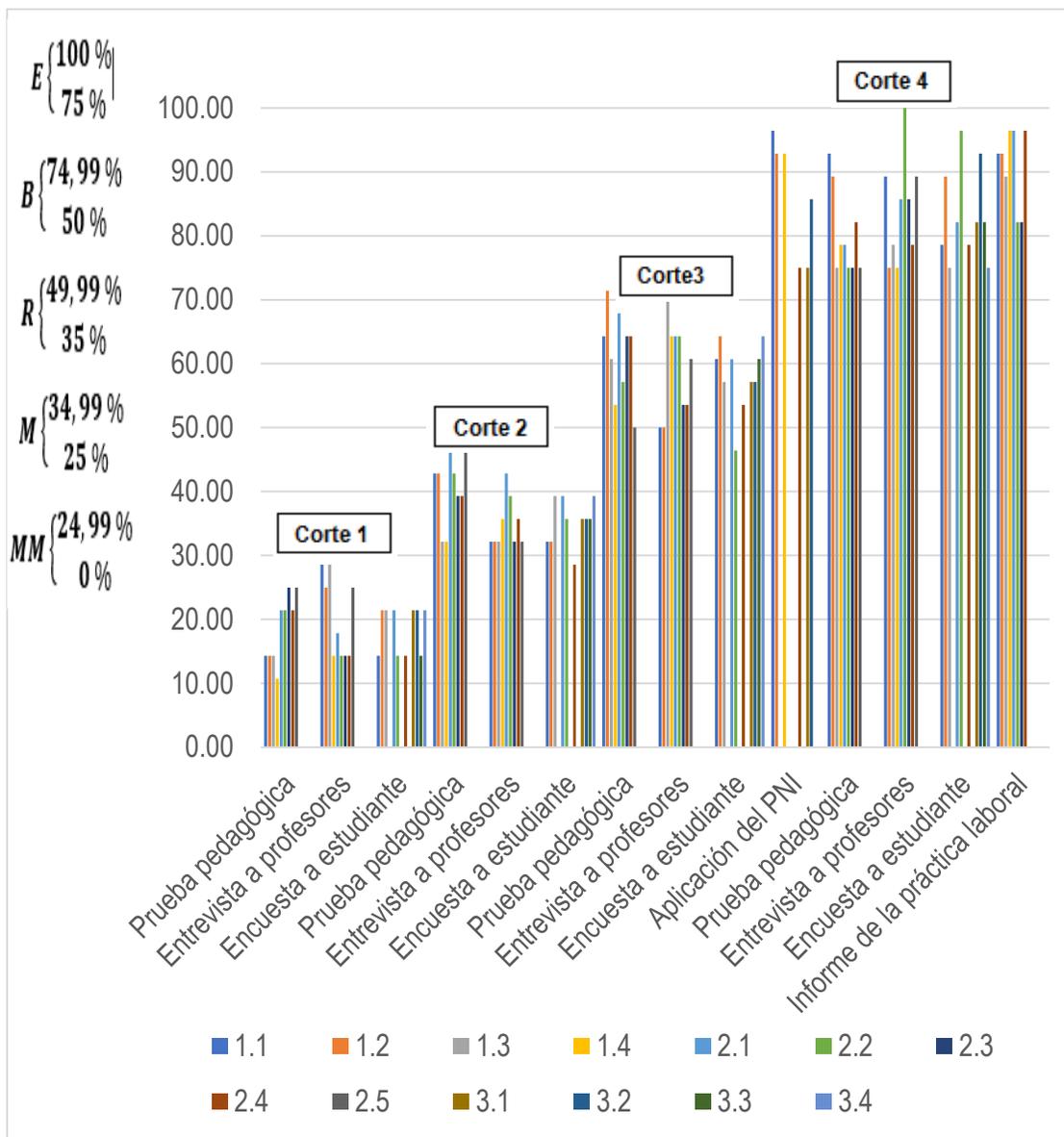


Figura 10. Resultados de la evaluación de la variable objeto de estudio

Al comparar los resultados obtenidos en cada uno de los cortes evaluativos se aprecia una transformación en el estado actual de la variable desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático pues predomina la categoría de excelente, lo cual confirma la validez científica de la estrategia didáctica.

Este resultado alcanzado es consecuencia de las acciones realizadas durante aplicación de la estrategia didáctica que permitió elevar la motivación de los estudiantes por la asignatura y por la carrera como primera acción de los profesores. Una vez motivados los estudiantes, se trabajó el dominio del sistema de acciones y operaciones que les permiten modelar procesos dinámicos de control automático, para lograrlo se utilizaron ocho ejercicios en clases prácticas y 12 de trabajo independiente. En el proceso de dominar las acciones y operaciones de la habilidad se establecieron las acciones de retroalimentación necesarias para que cada uno corrigieran los errores detectados. La utilización de software para modelar procesos dinámicos de control automático en las clases prácticas de laboratorio y la orientación del estudio independiente, le permiten al estudiante verificar el resultado de la modelación realizada e interpretar los resultados obtenidos (López et al., 2016). Los errores cometidos estuvieron en el uso de la simbología y la colocación de los instrumentos de control en el modelo. Los estudiantes evidencian dominio del conocimiento de la teoría que avala la dinámica de proceso y se establecen estrategias para corregir los errores detectados. Los resultados anteriores denotan que los estudiantes dominan los conocimientos de su carrera en correspondencia con el año académico en que se encuentran. Se diversifican los contextos y alternativas que se muestran en las soluciones prácticas a partir de la introducción de la modelación de procesos dinámicos de control automático en la industria química. Teniendo en cuenta la estrategia aplicada la asignatura se orienta desde la ingeniería de procesos. Ello favorece la estimulación del estudiante hacia la asignatura y posibilita que perciba a la modelación de procesos como una necesidad del proceso químico para el diseño, ampliación, modernización y explotación de la planta durante el tiempo de vida de la instalación. Esta representación que realiza el estudiante a partir de las situaciones que se les presenta logra que

ubiquen el control automático como parte de los modos de actuación del ingeniero químico, cuestión esta necesaria en la formación de estos profesionales.

Conclusiones del capítulo

El resultado científico propuesto fue sometido al criterio de expertos, mediante el método Delphy, lo cual permitió validar desde el punto de vista teórico la estrategia didáctica. Los resultados del procesamiento de la información permitieron obtener juicios de valor positivos y consenso acerca de los aspectos evaluados y con ello constatar su validez científica.

La aplicación de la estrategia didáctica en la asignatura Controles para Proceso en la carrera de Ingeniería Química logró una progresiva transformación en la actividad tanto de los profesores como de los estudiantes, expresado en el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

CONCLUSIONES

Los fundamentos teórico-metodológicos que sustentan el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la formación del ingeniero químico se asumen desde el enfoque histórico-cultural y las particularidades del proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos de la Educación Superior; la Disciplina Fundamentos de Automatización rige el referido proceso para dar respuesta a las exigencias del quehacer profesional, asegurando el dominio de las acciones y operaciones que contribuyen al modo de actuación de estudiantes y profesores.

El diagnóstico realizado evidenció insuficiencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de Controles para Procesos en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la Universidad de Matanzas, donde es limitada la preparación de los profesores y existe carencia de un proceder que oriente el desarrollo de acciones tanto del profesor como de los estudiantes para lograr el objetivo propuesto.

La estrategia didáctica está dirigida a contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la formación del ingeniero químico. Se estructuró teniendo en cuenta los fundamentos que la sustentan, en esta se destacan las relaciones sistémicas entre sus componentes. Se concibe una secuencia lógica de etapas, que orientan el accionar de los profesores y los estudiantes para alcanzar los fines propuestos.

La estrategia didáctica fue valorada desde el punto de vista teórico mediante el criterio de expertos; los resultados del procesamiento de la información obtenida permitieron constatar su validez científica. Su aplicación en el cuarto año de la carrera Ingeniería Química en el curso 2018-2019 demostró su aplicabilidad y contribución a la práctica social, en tanto se logró una progresiva transformación en profesores y estudiantes, expresada en cambios cualitativos y cuantitativos.

RECOMENDACIONES

Confeccionar el Programa Analítico de la asignatura “Instrumentación y Controles para Procesos” correspondiente al Plan de estudio “E”, en función de lograr mayor intencionalidad y profundización en los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Aplicar la estrategia didáctica en la asignatura “Instrumentación y Controles para Procesos” correspondiente al Plan de estudio “E”.

Socializar los fundamentos teóricos y metodológicos de la estrategia didáctica mediante diversas vías: preparación metodológica, eventos científico-metodológicos y publicaciones en revistas especializadas.

Continuar profundizando en estudios e investigaciones relacionadas con la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la formación del ingeniero químico.

BIBLIOGRAFÍA

- Acedo, J. (2003). *Control avanzado de procesos. (Teoría y práctica)* (D. d. Santos, Ed.).
- Adan, E. (2020). *Instrumentación y control de procesos* (3era. ed.). Universidad Nacional del Litoral. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443>
- Addine, F. (2004). *Didáctica: Teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación.
- Addine, F., Recarey, S., Fuxá, M., Fernández, S. y (Comp.). (2007). *Didáctica: Teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación.
- Addine, R. (2006). *Estrategia didáctica para potenciar la cultura científica desde la enseñanza de la química en el preuniversitario cubano*. En opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, Ciudad de La Habana.
- Aiello, C., Mármol, Z. y Sánchez, A. (2012). Ingeniería Química: Historia y Evolución Disponible en. *Revista Tecnocientífica URU*, 2, 51-59. http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Quimica_Industrial/63.pdf
- Alberto, M., Perez, A. y Perez, E. (2007). *Introducción a los sistemas de control y modelo matemático para sistemas lineales invariantes en el tiempo* (U. N. d. S. Juan, Ed.) <http://dea.unsj.edu.ar/control1b/teoria/unidad1y2.pdf>
- Álvarez, C. (1999). *Didáctica de la escuela en la vida* (3ª, Ed.). Pueblo y Educación.
- Alvarez, H. (2010). *Diseño Simultáneo de Proceso y Control. Uso de efectos dinámicos en Ingeniería de Procesos*. Universidad Nacional de Colombia. <http://bdigital.unal.edu.co/47096/1/hernandarioalvarezpata.2010.pdf>
- Álvarez, R. (1981). *Metodología de la enseñanza de la Historia* (Vol. I). Ed. Libros para la Educación.
- Álvarez, R. (1997). *Hacia un currículo integral y contextualizado*. Editorial Academia. <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3731/10/ALVAREZ%2C%20RITA%20MARINA%20HACIA%20UN%20CURRICULM%20INTEGRAL%20Y%20CONTEXTUALIZADO.pdf>
- Aripin, M., Shami, S., Mohd, M. H. y Hamzah, R. (2018). Index of instructional sensitivity of holistic approach training module for malaysian tvet instructors in prison Disponible en. *International Journal of Human and Technology Interaction*, 2(1), 13-17. <https://core.ac.uk/6327b897-d77e-4dd2-a5b3-6c2dec521e7>
- Åström, K. y Hägglund, T. (2009). *Control PID avanzado*. Departamento de Control Automático Instituto de Tecnología de Lund.
- Ballester, S. y otros. (1992). *Metodología de la enseñanza de la matemática*. Pueblo y Educación.

- Barberán, J., Pico, R. y Zambrano, K. (2019). Proceso formativo del ingeniero industrial para el desarrollo de habilidades profesionales Disponible en. *Opuntia Brava. Monográfico Especial*, 11. <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/download/14497/14609>
- Barreras, F. (2004). Los resultados de investigación en el área educacional. Conferencia presentada en el centro de estudios del ISP "Juan Marinello".
- Barreras, F. (2009). Concepción de la actividad científica [Disponible en].
- Barreras, F. (2010). *Concepción dialéctico materialista acerca de la formación y el desarrollo de la personalidad*. UCP "Juan Marinello". Material digital.
- Beltrán, C., Kreimeiera, D. y Kuhlenköttera, B. (2018). Holistic approach for teaching IT skills in a production environment. 8th Conference on Learning Factories 2018, Germany.
- Bermúdez. (1998). *Conferencia metodológica sobre formación de habilidades*. Instituto Superior Pedagógico "José de la Luz y Caballero".
- Bermúdez, R. (1991). *Teoría y metodología del aprendizaje*. Pueblo y Educación.
- Blanco, A. (1997). *Introducción a la sociología de la educación*. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona.
- Blanco, N., Ugarte, Y., Betancourt, Y., Domínguez, I. y Bassas, D. (2019). Momentos didácticos para el desarrollo de habilidades investigativas desde la educación en el trabajo Disponible en. *Educación Médica Superior*, 33(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412019000300011
- Borges, Y. (2012). *Modelo didáctico para el proceso de desarrollo de la habilidad de argumentación jurídica oral en los estudiantes del programa de formación de grado en estudios jurídicos*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño, La Habana.
- Brito, H. (1989). Capacidades, habilidades y hábitos. Una alternativa teórica, metodológica y práctica. Primer Coloquio sobre la inteligencia, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Brito, H. (septiembre 1989). Capacidades, habilidades y hábitos. Una alternativa teórica, metodológica y práctica. En Primer Coloquio sobre la inteligencia, La Habana.
- Brito, H. y González, V. (1987). *Psicología general para los institutos superiores pedagógicos*. Editorial Pueblo y Educación.
- Brito, M., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. y Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros Disponible en. *Ingeniería Mecánica*, 14 (2), 129-139. <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n2/im05211.pdf>

- Cabrera, K. (2016). *Estrategia educativa para el desarrollo de habilidades comunicativas en estudiantes de la formación técnica en enfermería*. En opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad De Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona, La Habana.
- Campi, I., Campi, C. y De Lucas, L. (2015). El Método Heurístico como recurso en la resolución de problemas en la Educación Disponible en. *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2 (3).
- Castellanos, D., Castellanos, B., Llivina, M., Silverio, M., Reinoso, C. y García, C. (2002). *Aprender y Enseñar en la Escuela: Una Concepción Desarrolladora*. editorial Pueblo y Educación.
- Colectivo de autores. (2002). *Reflexiones teórico prácticas desde las ciencias de la educación*. Instituto Superior Pedagógico "Enrique José Varona".
- Comité Central del Partido. (2017). Lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución para el período 2016-2021. Cuba: PC de Cuba. Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/Lineamientos%202016-2021%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf>
- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: Implicancias para la enseñanza de las ciencias Disponible en. *Ciência & Educação*, 7 (1), 85-94.
- Corona, L. y Fonseca, M. (2009). Aspectos didácticos acerca de las habilidades como contenido de aprendizaje. Disponible en. *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*, 7(3).
- Corona Martínez, L. A. y Fonseca Hernández, M. (2009). Aspectos didácticos acerca de las habilidades como contenido de aprendizaje [Disponible en]. *Revista Electrónica de las Ciencias Médicas en Cienfuegos*, 7 (3).
- Coughanowr, D. y LeBlanc, S. (2009). *Process systems analysis and control*. Mcgraw-Hill chemical engineering series.
- Cruz, Y., Fernández, J. M., Borrero, R. y Salas, M. (2018). Tareas docentes para desarrollar la habilidad modelar el experimento químico en la asignatura química general Disponible en. *Ciencias Químicas*, 3 (3), 37-52. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/download/1577/1761>
- Curbeira, D., Bravo, M. y Bravo, G. (2013). Formación de una habilidad profesional desde el tratamiento de los conceptos del cálculo integral en el primer año de ingeniería industrial Disponible en. *Pedagogía Universitaria*, XVIII (3) <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5137846.pdf>

- Curbeira, D., Bravo, M. y Morales, Y. (2019). La formación de habilidades profesionales en la educación superior Disponible en. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 48(2), 426-440. <http://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/download/384/351>
- Dalgo, C. y Loachamín, L. (2017). *Formulación de una metodología teórico-práctica para el diseño de sistemas de control automático de bombas, mediante simulaciones en Matlab*. Obtención del título de Tecnólogo En Electromecánica. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Danilov, N. y Skatkin, M. (1980). *Didáctica de la escuela media*. Editorial de Libros para la Educación.
- De Armas, N., Lorences, J. y Perdomo, J. M. (2004). Caracterización y diseño de los resultados científicos como aportes de la investigación educativa [Disponible en].
- De Armas, N., Marimón, J., Guelmes, E., Rodríguez, M., Rodríguez, A. y Lorences, J. (2005). *Los resultados científicos como aportes de la investigación educativa*. Centro de Ciencias e Investigaciones Pedagógicas. <https://es.scribd.com/document/429204289/Los-Resultados-Cientificos-Como-Aportes-de-La-Investigacion-Educativa-1>
- De Armas, N., Marimón, J., Guelmes, E., Rodríguez, M., Rodríguez, A. y Lorences, J. (2005). A modo de introducción: los resultados científicos como aportes de la investigación educativa. In U. P. F. Varela" (Ed.), *Los resultados científicos como aportes de la investigación educativa*. Centro de Ciencias e Investigaciones Pedagógicas.
- De Prada, C. (2004). El futuro del control de procesos Disponible en. *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 1, 5-14. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/146678/de%20-%20El%20Futuro%20del%20Control%20de%20Procesos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, A. (2016). *La habilidad resolver problemas de decisión empresarial en la asignatura Investigación de Operaciones para los estudiantes de Licenciatura en Economía*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Matanzas, Matanzas.
- Díaz, J. y Díaz, R. (2018). Los métodos de resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento matemático Disponible en. *Bolema, Rio Claro (SP)*, 32(60), 57 - 74. <https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/WgrhG?s=2C2TZMCWkUzHJqOOIq%2F9Xn4WcVs%3D#view=FitV>
- Egeland, O. y Gravdahl, J. T. (2003). *Modeling and Simulation for Automatic Control*. Norwegian University of Science and Technology Trondheim. <http://www.marinecybernetics.com>
- Espinoza, J. (2018). *Apuntes Sistemas de Control - 543 244 (17 ed.)*. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Depto. de Ingeniería Eléctrica.

- Fernández, A. (2017). Habilidades profesionales de intervención clínica según modos de actuación de estudiantes de tercer año de estomatología Disponible en. *Educación Médica Superior*, 31 (1). <https://www.medigraphic.com/pdfs/educacion/cem-2017/cem171n.pdf>
- Fernández, B. (1997). *Temas de didáctica*. Universidad Pedagógica “Enrique J. Varona”.
- Fernández, G. (2018). *Bases de la ingeniería química*. ACADEMIAMINAS.COM. <http://www.quimicafisica.com/sites/default/files/archivos/bases.pdf>
- Ferrás, L. (2010). *Concepción didáctica para la formación y desarrollo de la habilidad investigativa sistematizar teoría en los profesionales de la educación en formación inicial*. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad De Ciencias Pedagógicas “José De La Luz y Caballero”, Holguín.
- Ferrer, M. (2000). *Modelo para la evaluación de habilidades pedagógicas profesionales del maestro primario*. Tesis de doctorado. ISP “Enrique José Varona”, La Habana.
- Fonseca, A., Curbeira, D. y Hernández, A. (2019). La resolución de problemas químicos: una habilidad imprescindible en la formación de los ingenieros agrónomos en la Universidad de Cienfuegos Disponible en. *Universidad y Sociedad*, 11(3). <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Fritzson, P. (2011). *Introduction to Modeling and Simulation of Technical and Physical Systems with Modelica*. Linköping University Electronic Press. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:853769/FULLTEXT01.pdf>
- Fuentes, H. (1998). *Las Habilidades como configuraciones. Su clasificación. Material digital*
- Galperin, P. (1986). *Sobre método y formación por etapas de las acciones intelectuales. Antología de las edades*. ENPES.
- García, F., Alonso, L., Noriega, R., Romero, J. y López, F. (2015). La enseñanza y el aprendizaje Disponible en. *Culcyt/Educación*, 12 (57). <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/782/748>
- García, T. (2003). La modelación como método científico general del conocimiento y sus potencialidades en el campo de la educación [Disponible en].
- Gil, J. y Morales, M. (2018). Un acercamiento a las tendencias de la evaluación del aprendizaje desde la teoría y práctica de la evaluación educacional Disponible en. *Universidad y Sociedad*, 10 (3), 70-174. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Ginoris, O. (2009). La semipresencialidad y sus exigencias pedagógicas y didácticas al proceso de formación profesional en la educación superior. Artículo 9. In R. y. H. En Collazo, M. (compiladores) (Ed.), *Preparación pedagógica para profesores de la Nueva Universidad cubana*. Félix Varela.

- Godínez, B., Barrera, E., Aguilar, J., Panteul, H., Noriega, J., Ramírez, E., Miguel, D., Samayoa, J. y Cifuentes, J. (2004). *Ingeniería de control*. Universidad de San Carlos Facultad de Ingeniería Mecánica.
https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Cifuentes4/publication/287997507_Ingenieria_de_control/links/567c3e8308aebccc4e0119cd/Ingenieria-de-control.pdf
- González-Hernández, W. (2016). La modelación como competencia en la formación del profesional informático Disponible en. *[RIDU]: Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 10(2), 58-70. <https://doi.org/10.19083/ridu.10.493>
- González-Hernández, W. y Coloma-Carrasco, Á. (2018). Estado actual de la competencia modelar en la formación del profesional informático de la Universidad de Matanzas, Cuba Disponible en. *Paideia*, 60, 105-124.
- González, A., Recarey, S. y Addine, F. (2007). La dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje mediante sus componentes. In *Didáctica: Teoría y práctica* (Segunda ed.). Editorial Pueblo y Educación.
- González, C. (2016). *Estudio de las concepciones sobre la ciencia, su enseñanza y el desarrollo profesional en docentes universitarios noveles y expertos de Colombia y España*. Optar por el grado de Máster en Investigación para la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas. Universidad De Huelva - Universidad Internacional De Andalucía, HUELVA, ESPAÑA. Recuperado en http://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3777/0795_Gonzalez.pdf?sequence=1
- González, W. (2018). Aproximación al aprendizaje desarrollador en la Educación Superior Disponible en. *educação*, 43 (1), 11-26. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5902/1984644429309>
- Guerrero, S., Centelles, M. y Rodríguez, G. (2018). *Metodología para evaluar las habilidades profesionales en las especialidades médicas* Convención Internacional de Salud, Cuba Salud 2018, La Habana-Cuba.
- Guzmán, P., Romo, A. y Covián, O. (2019). Diseño de una actividad didáctica para un curso de control automático basada en modelización matemática. Una propuesta desde la teoría antropológica de lo didáctico Disponible en. *Educ. Matem. Pesq.*, São Paulo, 21(4), 412-430. <https://revistas.pucsp.br/emp/article/download/42595/pdf>
- Hernández-Flórez, A. (2019). La Motivación base fundamental en el proceso enseñanza aprendizaje Disponible en. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 7(2), 57-61.
- Hernández, V., Silva, R. y Carrillo, R. (2013). *Control automático. Teoría de diseño, construcción de prototipos, modelado, identificación y pruebas experimentales*. Instituto Politécnico Nacional.
- Hougen, O. (1979). Chemical Engineers and how They Grow [Disponible en]. *Chemtech*, 10 (10).

- Ibáñez, S. (2020). Sistemas de control “on line” de reactores químicos batch Disponible en. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/185196>
- IPLAC. (1997). *Modelo pedagógico para la formación y desarrollo de habilidades, hábitos y capacidades*. MES.
- Ivern, I. (2018). La pragmática: un marco teórico para interpretar la comunicación Disponible en. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 38(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.rfa.2017.11.002>
- Jiménez, J. (2016). Enseñanza de la teoría de control utilizando la metodología de aprendizaje por proyectos Disponible en. *Pistas Educativas*, 120, 317-333. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/554/488>
- Jorge-Martín, M., Valdivia, M. y Fierro, C. (2019). Estrategias para resolver problemas de optimización en carreras de ciencias técnicas. In *Las Enseñanza - Aprendizajes de las Ciencias Naturales y Exactas: Diversas Miradas para una Pedagogía Edificadora*. Redipe, UCP, UPR, UH, ELAM, UNAH y U. MATANZAS. <https://redipe.org/wp-content/uploads/2020/05/Educacion-y-pedagogia-vii-parte-VIII.pdf#page=220>
- Jungk, W. (1979). *Conferencias sobre metodología de la enseñanza de la Matemática 2*. Editorial de libros para la Educación.
- Kalúz, M., Klaučo, M., Ācirka, L. y Fikar, M. (2019). Flexy2: A Portable laboratory device for control engineering education Disponible en. *IFAC PapersOnLine*, 52-9, 42–47. www.sciencedirect.com
- Kawamura, M. y Alleyne, A. (2017). A simulation and experimental environment for teaching chemical reaction process dynamics and control Disponible en. *IFAC PapersOnLine*, 50(1), 15692–15697. www.sciencedirect.com
- Klingberg, L. (1985). *Introducción a la Didáctica General* (E. P. y. Educación, Ed.). Editorial Pueblo y Educación.
- Kuphaldt, T. R. (2019). *Lessons in industrial instrumentation* <https://www.ibiblio.org/kuphaldt/socratic/sinst/book/liii.pdf>
- León, Y. (2016). *Estrategia didáctica para el desarrollo de la habilidad profesional gestionar tiempo, en los estudiantes de primer año del Instituto Politécnico de Informática “Tania la Guerrillera”*. Opción al título académico de Máster en Pedagogía Profesional. Universidad De Pinar Del Rio “Hermanos Saíz Montes De Oca”, Pinar Del Rio.
- Leontiev, A. (1982). *Actividad, consciencia, personalidad*. Pueblo y Educación.
- Leontiev, A. (2014). Activity and consciousness Disponible en. *Revista Dialectus*, 2(4), 159-183.

- Llanes, A. (2011). *Estrategia educativa para el desarrollo de las habilidades profesionales desde las prácticas preprofesionales en la especialidad Contabilidad*. Disponible en: 13 septiembre 2020 en <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011a/893/>
- López, J., M., E., Rosés, M., Chávez, J., Valera, O. y Ruiz, A. (2002). En Marco conceptual para la elaboración de una teoría pedagógica. In C. d. autores (Ed.), *Compendio de pedagogía* (pp. 354). Editorial Pueblo y Educación.
- López, M. (2002). ¿Sabes enseñar a describir, definir, argumentar? In E. Caballero & G. García (Eds.), *En Preguntas y respuestas para elevar la calidad del trabajo en la escuela*. Pueblo y Educación.
- López, M., Cardona, S., Lora, J. y Abad, A. (2016). MATLAB as a tool as analysis and problem solving competency development in Chemical Engineering degree using MATLAB Disponible en. *Multidisciplinary Journal for Education*, 3(2), 15-29.
<https://polipapers.upv.es/index.php/MUSE/article/view/4623>
- Loreto, G. (2020). Enseñanza de la teoría de control lineal utilizando simulaciones y plataformas de sistemas aero-propulsados Disponible en. *Publicación Semestral Pádi*, 7(14), 89–97.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/download/4976/6825>
- Lucena, N. (2003). *Diccionario de uso del español de América y España*. In Editorial Spes.
www.vox.es
- Mago, M., Peña, M., Vivas, E. y Márquez, I. (2018). Proceso de enseñanza aprendizaje del control de procesos en el programa de ingeniería mecánica de la Universidad Libre. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI, Cartagena de India, Colombia.
- Manzueta, J., Blanco, R. y Pérez, O. (2015). El desarrollo de la habilidad de modelar en matemática a través del proceso de enseñanza aprendizaje de la programación lineal: Un proyecto de investigación. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, México, DF.
- Mar, O., Gulín, J., Santana, I. y Rozhnova, L. (2016). Sistema de Laboratorios a Distancia para la práctica de control automático Disponible en. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10 (4). <http://rcci.uci.cu>
- Marimón, J. y Guelmes, E. (2005). Aproximación al modelo como resultado científico. In *Los resultados científicos como aportes de la investigación educativa*. Universidad Pedagógica "Félix Varela".
- Márquez, A. (1995). Las habilidades, reflexiones y proposiciones para su evaluación. In *Manual de consulta para la Maestría en Ciencias Pedagógicas* (pp. 100-118). Universidad de Oriente.
- Martín-Gutiérrez, Á., Conde-Jiménez, J. y Mayor-Ruiz, C. (2014). La identidad profesional docente del profesorado novel universitario Disponible en. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 12(4), 141-160.

https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/53984/La_identidad_profesional_docente_de_l_profesorado_novel_universitario.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Martínez, J., Padilla, A., Rodríguez, E., Jiménez, A. y Orozco, H. (2017). Diseño de Herramientas Didácticas Enfocadas al Aprendizaje de Sistemas de Control Utilizando Instrumentación Virtual Disponible en. *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, 14, 424–433.
<http://appswl.elsevier.es/publicaciones/item/pdf?idApp=UINPBA00004N&pii=S1697791217300493&origen=zonadelectura&web=zonadelectura&urlApp=http://www.elsevier.es&estadoltem=S300&idiomaltm=es&textMensaje=Documento%20descargado%20de%20http://www.elsevier.es%20el%2023-10-2017>
- Martins-do-Carmo-de-Oliveira, A. y Massot-Madeira-Coelho, C. (2020). Subjective development process as a path to school learning: the classroom as a dialogic relational context (El proceso de desarrollo subjetivo como un camino para el aprendizaje escolar: el aula como un contexto relacional-dialógico) Disponible en. *Studies in Psychology*, 41(1), 115-137.
<https://doi.org/10.1080/02109395.2019.1710803>
- Ministerio de Educación Superior. (2010a). Documento central del plan de estudios D. Carrera Ingeniería química, curso regular diurno o presencial. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
- Ministerio de Educación Superior. (2010b). Programa de la disciplina: Fundamentos de automatización. Plan D. Curso presencial. Ingeniería química. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
- Ministerio de Educación Superior. (2017). Plan de estudio “E” Carrera Ingeniería Química. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
- Ministerio de Educación Superior. (2018). Reglamento de trabajo docente y metodológico de la Educación Superior. Resolución No. 2/2018 (GOC-2018-460-O25). La Habana: Gaceta Oficial
- Ministerio De Justicia. (2013). Decreto-Ley No. 309 "De la Seguridad Química". La Habana: Gaceta Oficial de la República de Cuba. Disponible en:
[read://https_www.ecolex.org/?url=https%3A%2F%2Fwww.ecolex.org%2Fdetails%2Flegislation%2Fdecreto-ley-no-309-de-la-seguridad-quimica-lex-faoc125866%2F](https://www.ecolex.org/?url=https%3A%2F%2Fwww.ecolex.org%2Fdetails%2Flegislation%2Fdecreto-ley-no-309-de-la-seguridad-quimica-lex-faoc125866%2F)
- Molina-Mora, J. (2017). Experiencia de modelación matemática como estrategia didáctica para la enseñanza de tópicos de cálculo Disponible en. *UNICIENCIA*, 31(2), 19-36.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6067683.pdf>
- Molina, C., González, W. y Cruz, G. (2018a). Aspectos importantes a considerar en el currículo del ingeniero químico. 19 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana.

- Molina, C., González, W. y Cruz, G. (2018b). Una aproximación a la enseñanza de la automatización desde el enfoque de CTS Disponible en. *Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 10 (4), 228-233. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1002/1068>
- Molina, C., González, W. y Cruz, G. (2020a). Estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático Disponible en. *Revista Conrado*, 16(73), 400-409. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1320>
- Molina, C., González, W. y Cruz, G. (2020b). Estrategia didáctica para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático Disponible en. *Revista Referencia Pedagógica*, 8(1), 110-128. <http://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/download/206/228>
- Molina, C., González, W. y Cruz, G. (2021). Habilidad modelar procesos dinámicos de control automático Disponible en. *Revista Educación Química*, 32(1), 101-111. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75429>
- Montes de Oca, N. y Machado, E. (2009). El desarrollo de habilidades investigativas en la educación superior: un acercamiento para su desarrollo Disponible en. *Humanidades Médicas*, 9(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v9n1/hmc030109.pdf>
- Montes, N. y Machado, E. (2009). *La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente-educativo*. http://www.monografias.com/trabajos15/habilidades_docentes/habilidades_docentes.shtml/
- Morales, Y. y Blanco, R. (2019). Análisis del uso de software para la enseñanza de la matemática en las carreras de ingeniería Disponible en. *Transformación*, 15(3), 367-382. <http://scielo.sld.cu/pdf/trf/v15n3/2077-2955-trf-15-03-367.pdf>
- Moreno, M. y Pino, C. (2018). El arte del modelado para la enseñanza de la matemática en la carrera de administración de empresas y negocios Disponible en. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores, Edición Especial. Artículo no.: 20*, 1-29. <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticaayvalores.com/files/200004055-00974018f1/EE%2018.11.20%20EI%20arte%20del%20modelado%20para%20la%20ense%C3%B1anza%20de%20la.....pdf>
- Müller, H. (1986). *Formas de trabajo heurístico en la enseñanza de la Matemática*.
- Nápoles, R. R. G. y Pérez, E. G. (2016). *Concepción didáctica para la sistematización de habilidades en la educación preuniversitaria. Su concreción en la física* (E. A. U. (Edacun), Ed.). Universidad de Las Tunas. www.elsevier.es
- Decreto-Ley Número 183. De la metrología. Oficina Nacional De Normalización, (23 de febrero de 1998). http://www.ncnorma.cu/index.php/component/jdownloads/send/13-normativa-legal/73-decreto-ley-183-1998-de-la-metrologia?option=com_jdownloads

- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (Quinta edición ed.). PEARSON EDUCACIÓN, S.A. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40796077/Ingenieria de Control Moderna 5ed - Ogata.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria de control moderna.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191024%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191024T194708Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=93d737f70f975fad8e1669036c231767babe910acb6bf72c5a1b13d36461a521](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40796077/Ingenieria_de_Control_Moderna_5ed_-_Ogata.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria_de_control_moderna.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191024%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191024T194708Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=93d737f70f975fad8e1669036c231767babe910acb6bf72c5a1b13d36461a521)
- Ordoñez, S., Luque, S. y Alvarez, J. (2006). Evolución de la ingeniería química (y II) Disponible en. *INGENIERIA QUIMICA*, 38, 198. http://www.iq.uva.es/ciqcyl/docs/Evolucion_ingenieria_quimica_II.pdf
- Ornelas, F. (2013). Control Analógico I [Disponible en]. <http://dep.fie.umich.mx/~fornelas/data/uploads/notas.pdf>
- Orozco, J., Atiénzar, O. y Cuenca, M. (2013). Estrategia metodológica para la dirección del proceso educativo para el desarrollo de la habilidad intelectual modelación [Disponible en]. *Humanidades Médicas*, 13 (1), 139-156. Disponible 27/04/2015, en <http://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v13n1/hmc09113.pdf>
- Pérez, A., Benítez, I., Oquendo, H., Julián, M. y Galindo, P. (2013). Integración del diseño del sistema de control automático al diseño total de una planta para obtención de alimento animal a partir de residuos de la industria azucarera Disponible en. *ICIDCA*, 47(2), 42-51. [https://www.researchgate.net/publication/260517344_Integracion del diseno del sistema de control automatico al diseno total de una planta para obtencion de alimento animal a partir de residuos de la industria azucarera/link/00b49531a3f2cce949000000/download](https://www.researchgate.net/publication/260517344_Integracion_del_diseno_del_sistema_de_control_automatiko_al_diseno_total_de_una_planta_para_obtencion_de_alimento_animal_a_partir_de_residuos_de_la_industria_azucarera/link/00b49531a3f2cce949000000/download)
- Petrovski, A. V. (1997). *Psicología pedagógica de las edades*. Editorial Pueblo y Educación.
- Pico, R., Díaz, F. y Escalona, M. (2017). Enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial aplicando el asistente matemático derive Disponible en. *Tecnología Educativa*, 2(1). <https://tecedu.uho.edu.cu/index.php/tecedu/article/view/25/3>
- Placeres, I. (2020). *La resolución de problemas de Bioestadística como habilidad en la carrera de Agronomía*. En opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.
- Plaza, L. (2017). Modelación matemática en ingeniería Disponible en. *Le Revista De Investigación Educativa De La Rediech*, Año 7 No. 13, 47-57. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ierediech/v7n13/2448-8550-ierediech-7-13-00047.pdf>
- Quispe, M. (2016). *Aplicación del programa Geogebra en la solución de operaciones algorítmicas y heurísticas de matemática del tercer grado de secundaria*. Tesis para obtener el Grado de

Doctor en Educación con mención en Gestión y Ciencias de la Educación. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.

- Ramos, G. (1996). *La actividad cognoscitiva y sus formas fundamentales*. Universidad de Matanzas.
- Rasumovski, V. (1987). *Desarrollo de las capacidades creadoras de los estudiantes en el proceso de enseñanza de la Física* (1era ed.). Pueblo y Educación.
- Reguant, M. y Torrado, M. (2016). El método Delphi Disponible en. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 9(1), 87-102. <https://doi.org/DOI: 10.1344/reire2016.9.1916>
- Rico, L. (2019). Significar y comprender los sistemas numéricos Disponible en. *Numeros*, 100, 153-158. http://www.sinewton.org/numeros/numeros/100/Articulos_29.pdf
- Rico, P., Santos, E., Díaz, A., Miranda, T. y Reinoso, C. (2016). *Una didáctica histórico-cultural para el desarrollo de la personalidad de los estudiantes*. Instituto Central De Ciencias Pedagógicas.
- Rivera, C. (2017). *El desarrollo de habilidades investigativas en la licenciatura en turismo mediante la asignatura turismo comunitario, Universidad Técnica De Babahoyo, Ecuador*. en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad de Matanzas, Matanzas.
- Rodríguez, A., Milanés, R. y Ávila, A. (2016). Etapas, pasos y acciones que permiten poner en práctica la Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad en el proceso de enseñanza aprendizaje de las Ciencias Naturales Disponible en. *Naturales. Universidad y Sociedad [seriada en línea]*, 8 (4), 211-216. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/viewFile/494/517>
- Rojas, J. (2010). La evolución del control de procesos y la telemetría [Disponible en]. (3). <https://docplayer.es/2478439-La-evolucion-del-control-de-procesos-y-la-telemetria.html>
- Ruiz, O. (2018). *Estrategias heurísticas vivenciales para mejorar la resolución de paev en estudiantes 2° grado primaria i.E. N° 16680 Bagua Grande 2016*. Para obtener el grado de maestro en educación. Universidad César Vallejo, Perú.
- Sánchez, R. E., Campos, L. y Machado, D. (2018). Concepción didáctica de la tarea docente desarrolladora Disponible en. *Electrónica Formación y Calidad Educativa (REFCaE)*, 6 (1). <http://www.runachayecuador.com/refcale/index.php/refcale/article/download/1310/1440>
- Santos, E. (2016). La esencia del proceso de enseñanza aprendizaje y sus fuerzas motrices. Leyes, principios y categorías de la didáctica. In *Una didáctica histórico-cultural para el desarrollo de la personalidad de los estudiantes*. Instituto Central De Ciencias Pedagógicas.
- Santos, H., Gamboa, M. y Silva, N. (2017). Concepciones actuales para el aprendizaje de la geometría plana a través de sucesiones de indicaciones con carácter heurístico Disponible en. *Didasc@lia: Didáctica y Educación.*, VIII(3), 75-90. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6662622.pdf>

- Sanz, R. (1990). *Arquitectura de Control Inteligente de Procesos*. Opción al título de Doctor en ciencias. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado en <http://tierra.aslab.upm.es/documents/PhD/PhD-RSanz.pdf>
- Savin, N. (1982). *Pedagogía*. Editorial Pueblo y Educación.
- Segura-Montero, J. y González-Hernández, W. (2015). La habilidad modelar multimedia en los procesos formativos de los joven club de computación Disponible en. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, VI(2), 29-44.
- Segura, J. (2016). *Desarrollo de la habilidad modelar multimedia durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la informática en el Joven Club De Computación Y Electrónica*. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad De Matanzas, Cuba.
- Sheskin, D. (2000). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (C. Hall/CRC, Ed. Second ed.).
- Silvestre, M. y Zilberstein, J. (2000). *Enseñanza y aprendizaje desarrollador*. CEIDE.
- Sixto, S. (2014). *Concepción didáctica del proceso de formación de habilidades profesionales en la especialidad de Oftalmología. Estrategia para su implementación en la Universidad de Ciencias Médicas de Pinar del Río*. Opción al título de Doctor. Universidad de Ciencias Médicas de Pinar del Río, Pinar del Río.
- Sixto, S. y Márquez, J. (2017). Tendencias teóricas en la conceptualización de las habilidades: Aplicación en la didáctica de la Oftalmología Disponible en. *Rev. Ciencias Médicas de Pinar del Río.*, 21(3), 438-447.
<http://www.revcompinar.sld.cu/index.php/publicaciones/article/download/3173/pdf>
- Smith, C. (2002). *Automated continuous process control*. Chemical Engineering Department University of South Florida.
- Smith, C. A. y Corripio, A. B. (1991). *Control automático de procesos. Teoría y práctica* (S. A. d. C. V. LIMUSA, Ed. 1era. ed.)
- Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*. Prentice- Hall.
- Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2 . (s.f.).
http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones*. Pearson.
<https://jrvargas.files.wordpress.com/2009/01/investigacic3b3n-de-operaciones-9na-edicic3b3n-hamdy-a-taha-fl.pdf>

- Talízina, F. (1992). *La formación de la actividad cognoscitiva de los escolares*. Ángeles Editores.
- Talízina, N. (1985). *Conferencias sobre Los Fundamentos de la Enseñanza en la Educación Superior* Universidad de la Habana.
- Tamayo, O., Zona, J. y Loaiza, Y. (2016, 12 al 14 de octubre). La metacognición como constituyente del pensamiento crítico en el aula de ciencias. Memorias, Séptimo Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias Bogotá.
- Tapia, J., Rodas, A. y Camacho, O. (2019). Comparación de dos enfoques para la enseñanza en Control de Procesos: Simulación versus Implementación Disponible en. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 23(10), 206–219.
https://www.researchgate.net/profile/Oscar_Camacho/publication/337669914_Comparacion_de_dos_enfoques_para_la_ensenanza_en_Control_de_Procesos_Simulacion_versus_Implementacion/links/5de4160692851c83645a0142/Comparacion-de-dos-enfoques-para-la-ensenanza-en-Control-de-Procesos-Simulacion-versus-Implementacion.pdf
- Tarifa, E. (2001). Teoría de Modelos y Simulación [Disponible en]. 1-17.
<https://www.ucreanop.org/descargas/Lecturas/Metodos%20Cuantitativos/Lectura%20complementaria%2008.%20Teoria%20de%20Modelos%20y%20Simulacion.pdf>
- Tarifa, E. (2014). Simulación y Optimización. In *Simulación de Sistemas Químicos. Introducción*.
- Tarifa, E. y Scenna, N. (1999). Simulación dinámica en tiempo real. In N. J. Scenna (Ed.), *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*.
- Valiente, A. (2015). Paradigms in Chemical engineering Disponible en. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 4(9), 70-74.
https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Barderas/publication/301674725_Paradigms_in_Chemical_engineering/links/580d07b108ae74852b63c8ea/Paradigms-in-Chemical-engineering.pdf?origin=publication_detail
- Valiente, R. (2015). *Estrategia didáctica con el empleo de métodos participativos para contribuir al desarrollo de la habilidad resolución de problemas desde la asignatura Investigación de Operaciones en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas*. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias Matemáticas. Universidad de La Habana, La Habana.
- Valle, A. (2007). Modelos para elaborar una estrategia pedagógica. In *Metamodelos de la investigación pedagógica*. Instituto Central De Ciencias Pedagógicas.
- Vargas, H., Costa-Castelló, R., Pavez, S., Farias, G., Hermosilla, G., Morales, J. y Dormido, S. (2014). Laboratorio de prácticas para la enseñanza de sistemas de control de tiempo real. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Control Automático, Cancún, Quintana Roo, México.

- Vargas, J. (2013). *Implementación de Sistemas de Control a partir de Modelos Sistema-Dinámicos* XI Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, Colombia.
https://www.researchgate.net/profile/Jairo_Vargas_Caleno/publication/269111565_Implementacion_de_Sistemas_de_Control_a_partir_de_Modelos_Sistema-Dinamicos/links/5481d52f0cf25dbd59e89fec/Implementacion-de-Sistemas-de-Control-a-partir-de-Modelos-Sistema-Dinamicos.pdf
- Vargas, J. y Herrera, M. (2015). Comparación de técnicas de modelamiento para el control de procesos: un enfoque de aprendizaje con dinámica de sistemas Disponible en. *Revista Inventum*, 10(18), 37.
https://www.researchgate.net/publication/320982068_Comparacion_de_tecnicas_de_modelamiento_para_el_control_de_procesos_un_enfoque_de_aprendizaje_con_dinamica_de_sistemas/link/5a05a0fe0f7e9bc407963fa4/download
- Vásquez, R., Posada, N. y Castrillón, F. (2015). Desarrollo de una estación experimental multipropósito para la enseñanza en control de procesos Disponible en. *Formación Universitaria*, 8 (5), 25-34. <https://doi.org/doi:10.4067/S0718-50062015000500004>
- Vecino, F. (2000). La Universidad cubana se puso para siempre al servicio de su pueblo. *Granma Internacional*.
- Vega, J. y Scenna, N. (1999). Introducción al control de procesos. Sistemas de control típicos y utilidad de los simuladores dinámicos. In N. J. Scenna & col. (Eds.), *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*.
- Villarreal, J., Muñoz, G., Pérez, H., Corredor, A., Martínez, E. y Porto, A. (2017). El desarrollo de habilidades investigativas a partir de resolución de problemas. Las matemáticas y el estado nutricional de los estudiantes Disponible en. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1), 162-169. <https://doi.org/10.22507/rli.v14n1a14>
- Vivanco, G. y Sarango, J. (2019). Las habilidades pedagógicas profesionales en los estudiantes de la educación superior Disponible en. *Revista Conrado*, 15 (67), 3-10.
<https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/download/968/990>
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Grijalbo.
- Wagner, C., Schüller, A., Fleischacker, C. y Epple, U. (2016). An educational framework for process control theory and engineering tools Disponible en. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 046–051.
www.sciencedirect.com
- Weitz, D. (2015). Estrategia didáctica para la comprensión de los objetivos básicos del análisis y diseño de sistemas de control Disponible en. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 4 (8), 41-50.
- Zaldívar, G. (2006). *Estrategia didáctica para contribuir a un proceso de enseñanza aprendizaje desarrollador de los contenidos biológicos de décimo grado*. En opción al grado científico de

Doctor en Ciencias Pedagógicas. Instituto Superior Pedagógico Juan Marinello Matanzas, Matanzas.

Zambrano, E. (2016). *Estrategia metodológica para contribuir al desarrollo de los conocimientos y habilidades de la competencia profesional de organización de eventos y campeonatos deportivos en los estudiantes de las carreras de Educación Física y Entrenamiento*. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Universidad De La Habana, La Habana.

Zambrano, K. y Barberán, J. (2018). La formación de habilidades: Una mirada desde la interdisciplinariedad Disponible en. *Opuntia Brava*, 10 (4).
<http://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/download/616/588>

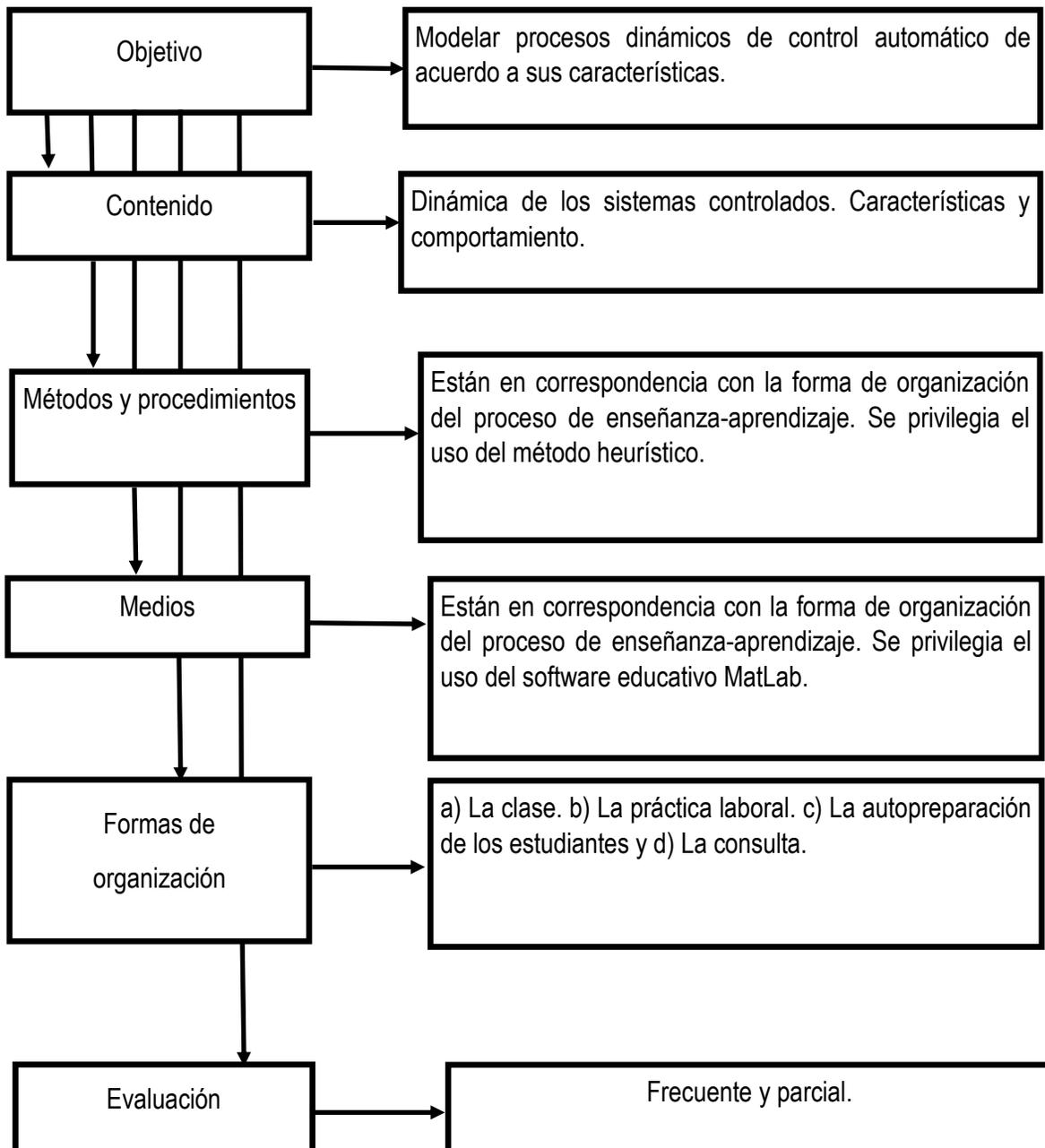
Zilberstein, J. (2003). *Preparación pedagógica integral para profesores universitarios*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Zumarraga, A. (2016). Experiencias sobre la integración entre teoría y práctica en la enseñanza del control automático. 1° Jornadas Sobre Las Prácticas Docentes En La Universidad Pública, La Plata, Argentina.

ANEXOS

Anexo 1

Interrelación entre las diferentes categorías del proceso de enseñanza-aprendizaje en función del desarrollo de la habilidad Modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera de Ingeniería Química.



Anexo 2

Tabla 1. Comparación de las acciones analizar, interpretar y modelar procesos dinámicos de control automático

Analizar	Interpretar
Acciones	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar los límites del objeto a analizar (todo) ➤ Determinar los criterios de descomposición del todo. ➤ Delimitar las partes del todo. ➤ Estudiar cada parte delimitada. (IPLAC, 1997)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar el objeto o información. ➤ Relacionar las partes del objeto. ➤ Encontrar la lógica de las relaciones encontradas. ➤ Elaborar las conclusiones acerca de los elementos, relaciones y razonamiento que aparecen en el objeto o información a interpretar. ➤ Comprender y explicar bien o mal un asunto o materia. (IPLAC, 1997)
Modelar procesos dinámicos de control automático	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Acción: establecer los objetivos. ➤ Acción: caracterizar los datos y variables de interés. ➤ Acción: obtener las Ecuaciones Diferenciales del Sistema y su Transformada de Laplace. ➤ Acción: determinar la función transferencial del sistema. ➤ Acción: aplicar la transformada Inversa de Laplace a la señal de salida. ➤ Acción: interpretar los resultados obtenidos. ➤ Acción: tomar decisiones. 	

ANEXO 3

ESCALA VALORATIVA PARA EVALUAR INDICADORES, DIMENSIONES Y LA VARIABLE

3.1 Escala valorativa para evaluar indicadores.

Dimensión / Indicador	Escala valorativa para la manifestación del indicador en el estudiante	Evaluación del indicador en el grupo
1.1. Domina las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química	Muy alto: si lo domina totalmente Alto: si lo domina. Medio: si lo domina parcialmente Bajo: si lo domina poco. Muy bajo: si no lo domina.	E: Si poseen alto o muy alto dominio más del 75% de los estudiantes.
1.2. Domina la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química	Muy alto: si lo domina totalmente Alto: si lo domina. Medio: si lo domina parcialmente Bajo: si lo domina poco. Muy bajo: si no lo domina.	B: Si poseen alto dominio entre el 50 y 74,9 % de los estudiantes. R: Si poseen alto o dominio entre el 35 y 49,9% de los estudiantes
1.3. Domina la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química.	Muy alto: si lo domina totalmente Alto: si lo domina. Medio: si lo domina parcialmente Bajo: si lo domina poco. Muy bajo: si no lo domina.	M: Si poseen poco dominio entre el 25 y el 34,9% de los estudiantes.
1.4. Domina la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química.	Muy alto: si lo domina totalmente Alto: si lo domina. Medio: si lo domina parcialmente Bajo: si lo domina poco. Muy bajo: si no lo domina.	MM: Si no poseen dominio en menos del 25% de los estudiantes.
2.1. Analiza el sistema real en función de los objetivos y las condiciones.	Muy alto: si lo analiza totalmente Alto: si lo analiza. Medio: si lo analiza parcialmente Bajo: si lo analiza poco. Muy bajo: si no lo analiza.	E: Si lo ejecutan correctamente más del 75% de los estudiantes. B: Si lo ejecutan correctamente
2.2. Determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos.	Muy alto: si lo determina totalmente Alto: si determina las variables y algunos datos. Medio: si determina los datos y algunas variables. Bajo: si determina alguno de ellos. Muy bajo: si no los determina.	entre el 50 y 74,9 % de los estudiantes. R: Si lo ejecutan correctamente entre el 35 y 49,9%

<p>2.3. Aplica modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas.</p>	<p>Muy alto: si siempre aplica los modelos matemáticos. Alto: si frecuentemente aplica los modelos matemáticos. Medio: si aplica con algunas deficiencias los modelos matemáticos. Bajo: si aplica con muchas deficiencias los modelos matemáticos. Muy bajo: si no aplica los modelos matemáticos.</p>	<p>de los estudiantes M: Si lo ejecutan correctamente entre el 25 y el 34,9% de los estudiantes. MM: Si lo ejecutan correctamente menos del 25% de los estudiantes.</p>
<p>2.4. Elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química.</p>	<p>Muy alto: si elabora la representación gráfica totalmente y siempre está en correspondencia con el modelo. Alto: si elabora la representación gráfica totalmente y en ocasiones está en correspondencia con el modelo. Medio: si elabora la representación gráfica pero no siempre está en correspondencia con el modelo. Bajo: elabora en pocas ocasiones la representación gráfica y a veces no está en correspondencia con el modelo. Muy bajo: si no elabora la representación gráfica.</p>	
<p>2.5. Evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones.</p>	<p>Muy alto: si siempre evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización y siempre realiza la toma de decisiones. Alto: si siempre evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización, pero en ocasiones realiza la toma de decisiones. Medio: si en ocasiones evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización y en ocasiones realiza la toma de decisiones. Bajo: si no realiza la toma de decisiones. Muy bajo: si no evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización y no realiza la toma de decisiones</p>	
<p>3.1. Manifiesta vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático.</p>	<p>Muy alto: si siempre manifiesta vivencias afectivas. Alto: si en ocasiones manifiesta vivencias afectivas.</p>	<p>E: Si el 75% de los estudiantes manifiestan los seis indicadores</p>

	<p>Medio: si manifiesta algunas vivencias afectivas.</p> <p>Bajo: si no manifiesta vivencias afectivas sistemáticamente.</p> <p>Muy bajo: si no manifiesta vivencias afectivas.</p>	<p>B: Si entre el 50 y 74,9 % manifiestan los seis indicadores</p> <p>R: Si entre el 35 y 49,9% de los estudiantes manifiestan los seis indicadores</p> <p>M: Si entre el 25 y el 34,9% de los estudiantes manifiestan los seis indicadores.</p> <p>MM: Si menos del 25% de los estudiantes manifiestan los seis indicadores.</p>
<p>3.2. Muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático.</p>	<p>Muy alto: si muestra interés personal y profesional siempre.</p> <p>Alto: si muestra interés profesional siempre y personal en ocasiones.</p> <p>Medio: si muestra interés profesional en ocasiones.</p> <p>Bajo: si muestra solo interés personal.</p> <p>Muy bajo: si no muestra interés profesional ni personal.</p>	
<p>3.3. Manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control automático.</p>	<p>Muy alto: si siempre manifiesta una posición activa para modelar.</p> <p>Alto: si frecuentemente manifiesta una posición activa para modelar.</p> <p>Medio: si en ocasiones manifiesta una posición activa para modelar.</p> <p>Bajo: si manifiesta una posición pasiva para modelar.</p> <p>Muy bajo: si no manifiesta una posición activa para modelar.</p>	
<p>3.4. Regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.</p>	<p>Muy alto: si siempre regula su modo de actuación y siempre sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.</p> <p>Alto: si siempre regula su modo de actuación, pero en ocasiones es sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.</p> <p>Medio: si frecuentemente regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras.</p> <p>Bajo: si en ocasiones regula su modo de actuación.</p> <p>Muy bajo: si nunca regula su modo de actuación.</p>	

Escala: E:5, B:4, R:3, M:2, MM:1

3.2. Escala valorativa para evaluar la dimensión cognitiva a partir de la evaluación que reciben los cuatros indicadores que la caracterizan.

Evaluación de la dimensión cognitiva	Cantidad de indicadores evaluados de Excelente	Cantidad de indicadores evaluados de Bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular
Excelente (5 puntos)	4		
	3	1	
Bien (4 puntos)		4	
	1	3	
		3	1
	2	2	
	1	2	1
Regular (3 puntos)			4
		1	3
	1		3
	1	1	2
	3		1

Mal (2 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular	Cantidad de indicadores evaluados de Mal
	1	1	2
	-	2	2
Tres o más indicadores evaluado de Mal			
Muy Mal (1 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de Mal	Cantidad de indicadores evaluados de Mal	Cantidad de indicadores evaluados de Muy Mal
	Cantidad de indicadores evaluados de Regular		
	1	1	2
	-	2	2
Tres o más indicadores evaluado de Muy Mal			

Escala: E:5, B:4, R:3, M:2, MM:1

3.3. Escala valorativa para evaluar la dimensión procedimental a partir de la evaluación que reciben los cinco indicadores que la caracterizan.

Evaluación de la dimensión procedimental	Cantidad de indicadores evaluados de Excelente	Cantidad de indicadores evaluados de Bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular
Excelente (5 puntos)	5		
	4	1	
Bien (4 puntos)	4		1
	3	2	
	3	1	1
	2	3	
	2	2	1
	2	3	
		5	
		4	1
Regular (3 puntos)			5
		1	4
	2		3
	1	1	3
	1	2	2
		3	2
	3		2
		3	2

Mal (2 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular	Cantidad de indicadores evaluados de Mal
	1	2	2
	Tres o más indicadores evaluado de Mal		
Muy Mal (1 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de Mal Cantidad de indicadores evaluados de Regular	Cantidad de indicadores evaluados de Mal	Cantidad de indicadores evaluados de Muy Mal
	1	2	2
	Tres o más indicadores evaluado de Muy Mal		

Escala: E:5, B:4, R:3, M:2, MM:1

3.4. Escala valorativa para evaluar la dimensión motivación a partir de la evaluación que reciben los cuatro indicadores que la caracterizan.

Evaluación de la dimensión motivación	Cantidad de indicadores evaluados de Excelente	Cantidad de indicadores evaluados de Bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular
Excelente (5 puntos)	4		
	3	1	
Bien (4 puntos)		4	
	1	3	
		3	1
	2	2	
	1	2	1
Regular (3 puntos)			4
		1	3
	1		3
	1	1	2
	3		1

Mal (2 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de bien	Cantidad de indicadores evaluados de Regular	Cantidad de indicadores evaluados de Mal
	1	1	2
	-	2	2
Tres o más indicadores evaluado de Mal			
Muy Mal (1 puntos)	Cantidad de indicadores evaluados de Mal	Cantidad de indicadores evaluados de Mal	Cantidad de indicadores evaluados de Muy Mal
	Cantidad de indicadores evaluados de Regular		
	1	1	2
	-	2	2
Tres o más indicadores evaluado de Muy Mal			

Escala: E:5, B:4, R:3, M:2, MM:1

3.5. Escala para evaluar la variable según las combinaciones de evaluación de las tres dimensiones que la caracterizan.

Evaluación de la variable según evaluación de las 3 dimensiones	Cantidad de dimensiones evaluados de Excelente	Cantidad de dimensiones evaluados de Bien	Cantidad de dimensiones evaluados de Regular
Excelente (5 puntos)	3		
	2	1	
Bien (4 puntos)	2		1
	1	2	
	1	1	1
		3	
		2	1
Regular (3 puntos)		1	2
			2
			3
Mal (2 puntos)	Si al menos un indicador es evaluado de Mal		
Muy Mal (1 punto)	Si al menos un indicador es evaluado de Muy Mal		

Escala: E:5, B:4, R:3, M:2, MM:1

ANEXO 4

GUÍA PARA LA REVISIÓN DE LOS PROGRAMAS DE LA DISCIPLINA Y ASIGNATURA

Objetivo: Constatar las indicaciones y orientaciones para el tratamiento didáctico relacionado con la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Aspectos a valorar	Disciplina					Asignatura				
	E	B	R	M	MM	E	B	R	M	MM
Se establecen objetivos en función de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.										
Se establece como parte del sistema de conocimiento aspectos en función de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.										
Se establece como habilidad: modelar procesos dinámicos de control automático										
Se ofrecen orientaciones metodológicas para el tratamiento del modelado de procesos dinámicos de control automático.										
Se consideran la integración de los conocimientos de la profesión para el componente investigativo.										
Se orienta alguna estrategia de trabajo para modelar procesos dinámicos de control automático										
Aparece orientaciones dirigidas a la motivación por la modelación de procesos dinámicos de control automático.										
Existen orientaciones dirigidas a cómo enseñar la ejecución para modelar procesos dinámicos de control automático.										
La bibliografía básica orientada favorece la modelación de procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química										
Se proyectan evaluaciones relacionadas con la modelación de procesos dinámicos de control automático.										

E: Se manifiesta correctamente, B: Se manifiesta correctamente con alguna imprecisión, R: Se manifiesta poco, M: No se manifiesta muy poco y MM No se manifiesta.

ANEXO 5

VISIÓN DE ASPECTOS ESENCIALES LA HABILIDAD MODELAR PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA INGENIERÍA QUÍMICA EN EL PROGRAMA DE LA DISCIPLINA FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN EN LOS PLANES DE ESTUDIO “D” Y “E”

Aspectos	Plan de estudio	
	“D”	“E”
Denominación	Fundamentos de Automatización	Fundamentos de Automatización
Objeto de estudio	Encaminado hacia aquellos dispositivos de medición y control más comúnmente utilizados en la industria de procesos químicos en general y aspectos esenciales de teoría de control convencional y de control avanzado que encuentran mayor aplicación en el control de plantas químicas en la actualidad	Encaminado hacia aquellos dispositivos de medición y control más comúnmente utilizados en la industria de procesos químicos y bioquímicos en general y aspectos esenciales de la teoría de control convencional que encuentran mayor aplicación en el control de diversos procesos industriales en la actualidad
Objetivos	<p>Dominar los diferentes sistemas de unidades y su conversión al Sistema Internacional para el control automático. Utilizar, a un nivel productivo, los principios y fundamentos de la automatización en:</p> <p>a. Determinar las condiciones de medición necesarias para realizar balances de masa y de energía en plantas existentes.</p> <p>b. Establecer las condiciones necesarias de control de un proceso tecnológico.</p> <p>Utilizar, a un nivel de familiarización, los principios de los controles en:</p> <p>a. Introducir y asimilar los medios computacionales más utilizados para el control de procesos.</p>	<p>Demostrar conocimiento en el dominio de controles de procesos químicos y bioquímicos.</p> <p>Demostrar que los contenidos relacionados con dispositivos de control, contribuyen al desarrollo de su cultura científica, ética, económica y ambiental; comprometidos para influir, como futuros profesionales, al desarrollo social sostenible de su país.</p>
Conocimientos esenciales a adquirir	Forma de determinar el comportamiento dinámico de un sistema de control.	Análisis dinámico de sistemas.

Habilidades principales a dominar:	<p>Confeccionar los balances de materiales y energía que permitan calcular la función transferencial del sistema.</p> <p>Comprobar el comportamiento dinámico del sistema mediante simulación en computadora.</p>	<p>Analizar el comportamiento dinámico de sistemas de automatización sencillos</p>
Indicaciones metodológicas generales para su organización	<p>Se indica: Agrupar las posibilidades actuales del control automático sobre los procesos químicos, tomando en cuenta las características actuales del desarrollo científico-técnico en la esfera de las mediciones y la automatización.</p>	<p>Se indica: Realizar actividades que vinculen los conocimientos teóricos que reciben, con lo práctico de la industria, de tal manera que se apropien de las habilidades para el posterior ejercicio de la profesión. Esto se puede lograr de diferentes formas como son laboratorios, vínculo laboral, etc.</p>
Sistema de evaluación	<p>Evaluaciones frecuentes Trabajos de control en clase Trabajos extra clase</p>	<p>Evaluaciones frecuentes Evaluación parcial Trabajos extra clase</p>
Horas totales	<p>Dictamen No. 136/2010 60 H</p>	<p>80 H</p>

ANEXO 6

VISIÓN DE ASPECTOS ESENCIALES DEL PROGRAMA DE LA ASIGNATURA CONTROL PARA PROCESOS DEL PLAN DE ESTUDIO “D”.

Aspectos	
Denominación de la asignatura	Controles para Procesos
Objetivos instructivos de la asignatura	<p>Dominar los diferentes sistemas de unidades y su conversión al Sistema Internacional para el control automático.</p> <p>Utilizar a un nivel reproductivo los conceptos y fundamentos de automatización en:</p> <p>a. Determinar las condiciones de medición necesarias para realizar balances de masa y de energía en plantas existentes.</p> <p>b. Establecer las condiciones necesarias de control de un proceso tecnológico.</p> <p>Utilizar a un nivel de familiarización, los principios del control en:</p> <p>a. Introducir y asimilar los medios computacionales más utilizados para el control de procesos.</p>
Conocimientos esenciales a adquirir	Dinámica de los sistemas controlados. Características y comportamiento.
Habilidades principales a dominar:	<p>Confeccionar los balances de materiales y energía que permitan calcular la función transferencial del sistema.</p> <p>Comprobar el comportamiento dinámico del sistema mediante simulación en computadora.</p>
Indicaciones metodológicas generales para su organización	<p>Se indica:</p> <p>Agrupar las posibilidades actuales del control automático sobre los procesos químicos, tomando en cuenta las características actuales del desarrollo científico-técnico en la esfera de las mediciones y la automatización. Durante el desarrollo de la asignatura, los estudiantes deben realizar un gran número de actividades que vinculen los conocimientos teóricos que reciben en las conferencias con lo real práctico de la industria, de tal manera que ganen en las habilidades para el posterior ejercicio de la profesión, lo cual lo puede lograr de diferentes formas como son laboratorios, vínculo laboral, etc.</p>

ANEXO 7

VISIÓN DE ASPECTOS RELACIONADOS CON LA HABILIDAD ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN SENCILLOS EN LA INGENIERÍA QUÍMICA EN LOS PROGRAMA ANALÍTICOS DE CUATRO IES EN EL PLAN DE ESTUDIO “E”

Aspectos	Universidad de Camagüey	UCLV	CUJAE	Universidad de Matanzas
Denominación de la asignatura	Instrumentación y controles	Instrumentación y control automático de procesos	Control de Procesos	Instrumentación industrial y controles para procesos
Año académico	4	3	4	4
Semestre	Primero	Segundo	Primero	Primero
TEMA	Introducción a la modelación dinámica de procesos	Introducción a la modelación dinámica de procesos	Respuesta dinámica de los elementos del SC.	Análisis dinámico identificación y sistema de control
Objetivo particular	Determinar las funciones de transferencia que caracterizan el modelo matemático dinámico del proceso. Realizar trabajos experimentales que permitan comprobar la función de transferencia de un proceso determinado	Determinar las funciones de transferencia que caracterizan el modelo matemático dinámico del proceso. Realizar trabajos experimentales que permitan comprobar la función de transferencia de un proceso determinado	Determinar e interpretar las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos simples necesarias para la evaluación y diseño de los sistemas de control	Interpretar las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos simples necesarias para la toma de decisiones para los procesos y operaciones más comunes de la Industria Química
Conocimientos esenciales a adquirir	Analizar el comportamiento no estacionario de los procesos y las técnicas más utilizadas para su identificación,	Analizar el comportamiento no estacionario de los procesos y las técnicas más utilizadas para su identificación,	Respuesta dinámica del sistema de control, Tipos de operación de los sistemas de control. Determinación	Respuesta dinámica del sistema de control. Determinación de la función de transferencia del sistema de control. Ecuación

	así como los métodos para su modelación matemática en casos sencillos.	así como los métodos para su modelación matemática en casos sencillos.	de la función de transferencia del sistema de control. Método identificación experimental. Ecuación característica del sistema	característica del sistema.
Habilidades principales a dominar	Obtener las funciones de transferencia de un proceso a partir de la confección de los balances de masa y energía. Identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación tipo paso.	Obtener las funciones de transferencia de un proceso a partir de la confección de los balances de masa y energía. Identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación tipo paso.	Determinar la ecuación característica de sistemas de control. Determinar la función de transferencia de sistemas de control empleando técnicas de identificación. Simular los sistemas de control empleando simulink de Matlab.	Determinar las funciones de transferencia de un proceso a partir de la confección de los balances de masa y energía de sistemas de control. Interpretar el comportamiento dinámico de la respuesta de un proceso ante una perturbación para la toma de decisiones. Simular los sistemas de control empleando Matlab.

ANEXO 8

GUÍA DE ENCUESTA A PROFESORES DE CUARTO Y QUINTO AÑOS DE LA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

Objetivo: Constatar los criterios de los profesores de cuarto y quinto años de la carrera Ingeniería Química que imparten asignaturas que poseen interdisciplinaridad en función del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Consigna: La presente encuesta constituye parte de una investigación doctoral pedagógica. La misma tiene como objetivo conocer el estado inicial de la variable de estudio: La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Dirigidas a profesores de que imparten asignaturas que poseen interdisciplinaridad en cuarto y quinto años de la carrera.

1. ¿Consideras importante el estudio de la automatización de los procesos tecnológicos en la formación del ingeniero químico?
2. ¿Considera que el ingeniero químico debe estar preparado para modelar procesos dinámicos de control automático?
3. Valore como se manifiesta el vínculo afectivo de los estudiantes con la profesión.
4. ¿Cómo Ud. valora la preparación que poseen los estudiantes sobre la preparación alcanzada por los estudiantes al dar solución a problemas en la que intervenga la modelación de procesos dinámicos de control automático?
5. ¿Considera aportar algún aspecto que Ud. considere importante para la investigación y no haya sido abordada en la misma?

ANEXO 9

GUÍA DE ENCUESTA A EGRESADOS Y ESTUDIANTES DE CUARTO AÑO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Objetivo: Constatar los criterios de los egresados y estudiantes de cuarto año de Ingeniería Química sobre la formación recibida para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Consigna. La presente encuesta forma parte del diagnóstico del estado actual de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química. Se necesita que Ud. responda las preguntas con la mayor sinceridad.

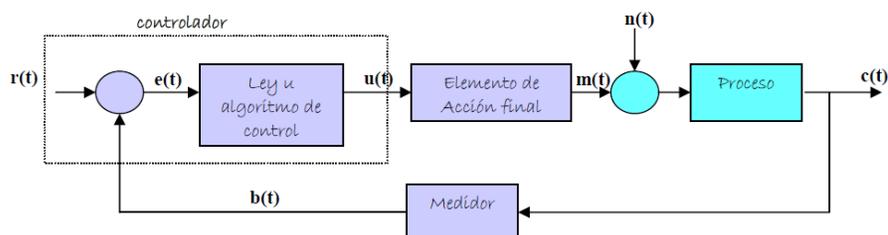
1- ¿Crees que con los conocimientos que posees sobre la modelación del proceso dinámico de control automático, podrías tomar decisiones con seguridad y confianza, para resolver los problemas en la puesta en marcha y operatividad de un proceso como profesional?

Sí ___ No ___ No sé ___

2- ¿Qué importancia le atribuyes a modelación del proceso dinámico de control automático en tu formación profesional?

3- Responda

a. ¿Puede identificar el lazo de control que se muestra en el siguiente esquema?



b. ¿Puede definir la función transferencial del sistema dinámico?

- c. ¿Puede caracterizar las repuestas dinámicas de un sistema de segundo orden a un escalón unitario como estímulo a su entrada?
-

4- De los problemas que resuelves en la asignatura Controles para Procesos, responde:

- a) ¿Tienen vinculación con la realidad actual de la ingeniería química?

Sí___ No___

- b) ¿Los ejercicios resueltos en clase te han permitido contextualizarlo a tu puesto de trabajo?

Sí___ No___

- c) ¿La complejidad está acorde al nivel de conocimientos recibidos en la carrera y en la asignatura?

Siempre ___ a veces ___ pocas veces ___ nunca ___

- d) ¿Su ubicación laboral no le ha permitido para realizar las acciones necesarias y solucionar modelos de procesos dinámicos de control automático?

Sí___ No___

5- Marque con una X cómo usted obtiene la información de las magnitudes de las variables del proceso en el proceso industrial.

- a) Modelación matemática del proceso dinámico de control automático: _____

- b) Simulación del proceso a través de software: _____

- c) Utilizando el SCADA: _____

6- Responda los siguientes aspectos:

- a) ¿Al modelar los procesos dinámicos se analiza el sistema real en función de los objetivos y las condiciones?

Sí___ No___

- b) ¿Al modelar los procesos dinámicos se determina los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos?

Sí___ No___

c) ¿Al modelar los procesos dinámicos se aplican modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas?

Sí___ No___

d) ¿Al modelar los procesos dinámicos se elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química?

Sí___ No___

e) ¿Al modelar los procesos dinámicos se evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones?

Sí___ No___

7- ¿Cuál valoración les da a los siguientes aspectos? (0-100).

a) ___ Manifiesta vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático.

No tengo valoración _____ Valoración_____

b) ___ Muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático.

No tengo valoración _____ Valoración_____

c) ___ Manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control. No

tengo valoración _____ Valoración_____

d) ___ Regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras

No tengo valoración _____ Valoración_____

8- Desea aportar alguna sugerencia para la enseñanza de la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Curso de graduación: 201__ - 201__

Gracias por su colaboración.

ANEXO 10

ENCUESTA A REPRESENTANTES DE LAS ORGANIZACIONES DEL TERRITORIO DE MATANZAS

Objetivo: Obtener información de los representantes de las organizaciones del territorio de Matanzas sobre la importancia del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático como parte del proceso formativo de los estudiantes en la carrera Ingeniería Química.

Consigna. La presente encuesta a representantes de las organizaciones del territorio de Matanzas constituye parte de una investigación doctoral. Se requiere que usted responda las siguientes interrogantes:

1. ¿Consideras importante el estudio de la automatización de los procesos tecnológicos en la formación del ingeniero químico?

Sí_____ No_____.

2. ¿Considera que el ingeniero químico debe estar preparado para modelar procesos dinámicos de control automático?

Sí_____ No_____.

3. Marque con una X la respuesta que considere.

¿Cómo Ud. valora la preparación de los ingenieros químicos adiestrados de su empresa, que se han enfrentado a dar solución a problemas en la que intervenga la modelación de procesos dinámicos de control automático?

___ Excelente ___ Buena ___ Regular ___ Mala ___ Muy mal

Argumente su valoración.

4. Valora el estado actual de los siguientes indicadores en los egresados que laboran en su empresa atendiendo a las siguientes categorías:

Logrado (L).

Logrado parcialmente (LP)

No logrado (NL)

___ Manifiesta vivencias afectivas positivas con el proceso dinámico de control automático.

___ Muestra interés personal y profesional con el proceso dinámico de control automático.

___ Manifiesta una posición activa para modelar los procesos dinámicos de control.

___ ¿Regula su modo de actuación sobre la base de sus aspiraciones profesionales futuras?

¿Desea Ud. aportar otra consideración no recogida en la encuesta sobre la temática?

Organización: _____

ANEXO 11

GUÍA PARA EL ESTUDIO DEL PRODUCTO DEL PROCESO PEDAGÓGICO (INFORMES DE PRÁCTICA LABORAL INTEGRAL Y TRABAJO DE DIPLOMA)

Objetivo: Constatar en los informes de la práctica laboral integral y en los trabajos de diploma el estado actual del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas.

Indicadores a evaluar	E	B	R	M	MM
¿Se aprecia el dominio de la aplicación de las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Se aprecia el dominio de la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química?					
¿Se aprecia el dominio de la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Se aprecia el dominio de la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química?					
¿Se logra determinar los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos?					
¿Se aplica los modelos matemáticos para el análisis dinámico de sistemas?					
¿Se elabora la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Se evalúa el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones?					

E: Se manifiesta totalmente B: Se manifiesta varias veces, R: Se manifiesta poco, M: Se manifiesta muy poco y MM: No se manifiesta.

ANEXO 12

GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LAS EVALUACIÓN PARCIAL DE LA ASIGNATURA CONTROLES PARA PROCESOS APLICADAS

Resultados de la evaluación parcial de la asignatura Controles para Procesos

Objetivo: Constatar en la evaluación parcial aplicadas -en la Asignatura Controles para Procesos- el estado real del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático alcanzado por los estudiantes de la carrera Ingeniería Química en la Universidad de Matanzas.

Aspectos a evaluar	E	B	R	M	MM
¿Cómo se manifiesta el dominio de los conocimientos de las asignaturas precedentes?					
¿Cómo se manifiesta el dominio de las leyes físicas, químicas y biotecnológicas asociadas a los procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Cómo se manifiesta el dominio la interpretación de los procesos de la realidad en consonancia con la teoría del control para el modelado de los procesos dinámicos de control en la industria química?					
¿Cómo se manifiesta el dominio de la caracterización de los modelos matemáticos que les permitan modelar procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Cómo se manifiesta el dominio de la representación del sistema de signos mediadores para la construcción del modelo en la industria química?					
¿Cómo se manifiesta el análisis el sistema real en función de los objetivos y las condiciones?					
¿Cómo se manifiesta la determinación de los datos y variables que describen las características dinámicas de las funciones de transferencia de procesos?					
¿Cómo se manifiesta la aplicación de los modelos					

matemáticos para el análisis dinámico de sistemas?					
¿Cómo se manifiesta la elaboración de la representación gráfica en correspondencia con el modelo de procesos dinámicos de control automático en la industria química?					
¿Cómo se manifiesta la evaluación el comportamiento dinámico de sistemas de automatización para la toma de decisiones?					

E: Se manifiesta totalmente B: Se manifiesta varias veces, R: Se manifiesta poco, M: Se manifiesta muy poco y MM: No se manifiesta.

ANEXO 13

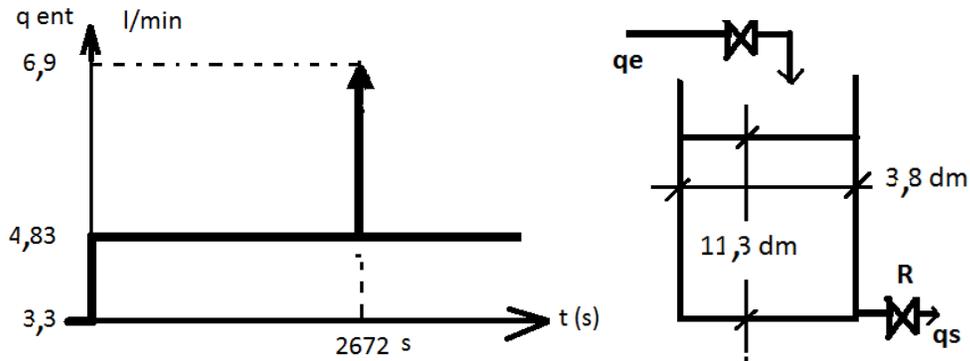
SISTEMATIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LAS ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS

Componentes	Autores de tesis doctorales defendidas entre 2018-2020					
	Iraní Placeres Espinosa	Teresa Pérez Sosa	Leticia García Pimentel	Rivani López Negreiros	Carmen Julia Espinosa Echevarría	Amaury Perera Mesa
Visión			X			
Misión			X			X
Objetivos	X	X	X	X	X	X
Introducción						
Fundamentación	X	X	X	X	X	X
Direcciones		X		X		X
Etapas	X	X	X	X	X	X
Acciones	X	X	X	X	X	X
Implementación	X		X			

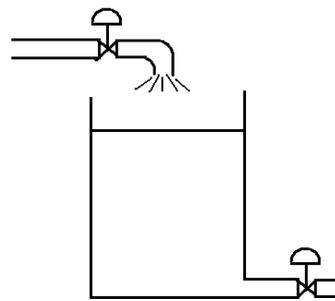
ANEXO 14

SELECCIÓN DE EJERCICIOS PROPUESTOS

El sistema hidráulico dinámico mostrado posee autorregulación parcial, con un flujo turbulento. La válvula de salida mantiene una apertura constante. El caudal de entrada del sistema se refleja en el reporte del SCADA. Represente gráficamente el nivel del sistema hasta que trascurra 2 680 s.



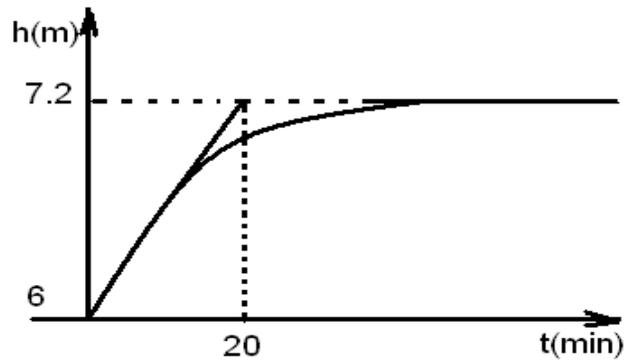
El sistema hidráulico con autorregulación parcial mostrado posee un flujo turbulento. La válvula de salida siempre conserva una apertura constante y la válvula de entrada permite realizar un salto de flujo de 1.3 l/min. El sistema responde a la siguiente ecuación:



$$h = 2 + 2.6 \left(1 - e^{-\frac{t}{12}} \right)$$

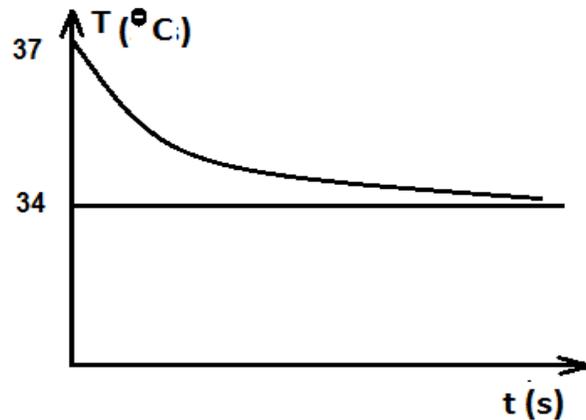
Calcule el caudal inicial del sistema antes de ocurrir el salto del flujo.

El sistema hidráulico con autorregulación parcial mostrado posee un flujo turbulento. La válvula de salida siempre conserva una abertura constante y la válvula de entrada permite realizar un salto de flujo de 0.3 l/min. El sistema responde a la gráfica siguiente cuando el tiempo tiende a infinito (∞).



Calcule el caudal inicial del sistema antes de ocurrir el salto del flujo.

Un bulbo termométrico se le ha aplicado un estímulo que responde al gráfico mostrado. Se conoce que el mismo tardó cuatro segundos en alcanzar $36,2$ °C. ¿Qué tiempo se demoró en alcanzar 35 °C?



Un bulbo termométrico de primer orden que tiene $22,3$ °C se le aplica un cambio de temperatura (estímulo) al ser sumergido en un baño de aceite como lo indica la figura. El bulbo termométrico tardó 3,17 minutos en alcanzar $97,83$ °C. ¿Qué tiempo tardaría el bulbo en alcanzar $102,28$ °C?



ANEXO 15

ACTIVIDADES METODOLÓGICAS DESARROLLADAS

Reunión docente metodológica

Tema: El desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.

Objetivo: Analizar los aspectos fundamentales relativos al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el Plan de estudio “D” y “E” de la carrera Ingeniería Química.

Métodos: Exposición y debate.

Responsable: Autor de la tesis.

Participantes: Profesores que imparten la asignatura Controles para Procesos

Actividades.

1. Análisis de los fundamentos relativos al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el Plan de Estudio “D”.
2. Análisis de los fundamentos relativos al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en el Plan de Estudio “E”.
3. Socialización de experiencias en cuanto a cómo organizar y dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje de la modelación de procesos dinámicos de control automático.
4. Reflexión acerca de las principales dificultades detectadas desde el punto de vista metodológico.

Acuerdo: Desarrollar una reunión científico-metodológica para analizar los aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje acerca del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Reunión científico-metodológica

Tema: El desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Objetivo: Analizar los aspectos fundamentales del proceso de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Métodos: Exposición y debate.

Responsable: Autor de la tesis.

Participantes: Profesores que imparten la asignatura Controles para Procesos

Actividades.

1. Análisis de los fundamentos teóricos y metodológicos del tratamiento del desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.
2. Reflexión acerca de las principales dificultades detectadas desde el punto de vista metodológico y sus causas.

Acuerdo: Desarrollar una clase metodológica instructiva donde se oriente a los profesores sobre cómo desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Clase metodológica instructiva

Tema: El tratamiento metodológico para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Objetivo: Argumentar el tratamiento teórico-metodológico para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la asignatura Controles para Procesos de la carrera de Ingeniería Química.

Métodos: Exposición, análisis, debate y argumentación.

Ejecuta: Autor de la tesis.

Participantes: Profesores que imparten la asignatura Controles para Procesos.

Importancia del tema

La carrera de Ingeniería Química tiene la responsabilidad social de egresar un ingeniero capaz de enfrentar los retos tecnológicos actuales y futuros. Un aspecto esencial en este sentido lo constituye el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático, propósito este de la asignatura Controles para Procesos. A partir de las dificultades identificadas se proponen las invariantes funcionales para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático con la utilización del PHG. El sistema de acciones de la estrategia didáctica propuesta propicia la preparación teórico-práctica de los profesores y estudiantes.

El contenido permite que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Controles para Procesos y en particular al impartir el tema I “*Análisis identificación y sistema de control*” los estudiantes desarrollen esta habilidad específica, prioridad otorgada en el modelo del profesional.

Lo anterior justifica la selección del problema conceptual metodológico: ¿Cómo concebir el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la asignatura Controles para Procesos?

Se realiza su elección por las siguientes razones:

- En la asignatura Controles para Procesos se presentan limitaciones en los aspectos teóricos y metodológicos que sustentan el desarrollo de la habilidad, lo cual incide en el desempeño profesional del egresado.
- Escasas orientaciones en los documentos normativos para la modelación de procesos dinámicos de control automático en la carrera de Ingeniería Química.

Desarrollo de la clase metodológica

- Definir conceptualmente la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático

La habilidad modelar procesos dinámicos de control automático es definida como la ejecución de un sistema de acciones y operaciones a partir de los conocimientos precedentes y de la teoría del control de procesos aplicados a la industria química, en relación directa con las necesidades del sujeto desde su desarrollo motivacional.

- Analizar las invariantes de la habilidad y argumentar su proceder metodológico.

Se precisa que las invariantes funcionales de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático son:

1. Acción: establecer los objetivos. Operaciones: comprender lo que va a realizar y relacionar el objetivo con las condiciones reales y los procedimientos que habrá de emplear.
2. Acción: caracterizar los datos y variables de interés. Operaciones: determinar los datos, analizar las variables, establecer relaciones entre los datos y variables.
3. Acción: obtener las Ecuaciones Diferenciales del Sistema y su Transformada de Laplace. Operaciones: determinar las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas, confeccionar el balance de masa y energía, linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario y aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.
4. Acción: determinar la función transferencial del sistema. Operaciones: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.
5. Acción: aplicar la transformada Inversa de Laplace a la señal de salida. Operación: obtener la función en el tiempo.
6. Acción: interpretar los resultados obtenidos. Operaciones: representar gráficamente la función en el tiempo e identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación.

7. Acción: tomar decisiones. Operaciones: comprobar la dinámica del sistema, valorar el resultado de la dinámica del sistema en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo y accionar acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema.

- Argumentar la utilización del PHG en el desarrollo de la habilidad.

Se asumen el programa heurístico general como aquellas indicaciones sucesivas que permite orientan o guían el proceso de conducción y ejecución del proceso enseñanza-aprendizaje realizado a través de reglas o procedimientos, principios y estrategias.

Consta de cuatro fases:

1. Orientación hacia el problema cuya tarea principal es la comprensión
2. Trabajo en el problema. Búsqueda de la idea y del plan de la solución
3. Solución del problema. Representación de la solución
4. Evaluación de la solución y de la vía. Comprobación de la solución y de la vía

Las reglas o procedimientos es el impulso que propicia el profesor al enunciar preguntas que permiten estimular la actividad mental del estudiante en la búsqueda de la solución. Se formula como indicaciones o sugerencias que motiva al estudiante para que realice acciones y operaciones con tal propósito.

Los Principios heurísticos constituyen las sugerencias para encontrar la idea de solución principal de resolución, posibilita determinar por tanto a la vez los medios y la vía de solución.

1. Búsqueda de relaciones y dependencia: establece los nexos entre los contenidos matemáticos.
2. Analogía: busca elementos semejantes o parecidos en la solución de la tarea, posibilitando la transferencia del saber adquirido a un nuevo contexto.
3. Reducción: consiste en aprovechar los conocimientos y habilidades adquiridos para la solución de una nueva tarea.

Las estrategias constituyen el método primordial para identificar los medios matemáticos que se utilizan para identificar la solución del problema. Las estrategias más conocidas son: el trabajo hacia adelante (se parte de los datos y a través de inferencias y deducciones se llega a la solución) y el trabajo hacia atrás (se parte de lo que se busca, para identificar las relaciones entre la información que se posee y los requerimientos del problema, identificando los objetivos y resultados parciales necesarios para encontrar el camino de solución).

Los medios auxiliares heurísticos constituyen recursos de indagación que favorecen a declarar lo nuevo, mediante la búsqueda de relaciones y dependencias entre lo entregado y lo indagado. Estos medios pueden ser: las figuras, las tablas, etc.).

- Promover el debate y la adopción de una correcta actitud metodológica frente a la implementación de las invariantes funcionales de la habilidad y la utilización del PHG.

Clase Tipo

CONFERENCIA 2

Tema 1: Análisis identificación y sistema de control.

Temática: Sistemas dinámicos de orden cero, uno, dos.

Duración: 90 minutos.

Presentación del profesor.

Controlar la asistencia.

Medios de enseñanza: presentación de diapositivas, video bin o TVC, computadora y pizarrón.

Objetivo: Explicar los sistemas dinámicos de orden cero, uno, dos y la respuesta al estímulo paso de escalón.

Método: Expositivo.

Bibliografía:

Acosta, J., Bychkó, B., Tur, J. y Obregón, O. (1991). *Control automático de proceso*. ENPES.

Kuo, B. (1996). *Sistema de control automático* (7ma. ed.)

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (Quinta edición ed.). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40796077/Ingenieria_de_Control_Moderna_5ed_-_Ogata.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria_de_control_moderna.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191024%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191024T194708Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=93d737f70f975fad8e1669036c231767babe910acb6bf72c5a1b13d36461a521

Smith, C. y Corripio, A. (1985). *Principles and practice of automatic process control* (J. W. a. Sons, Ed. Second edition ed.).

Smith, C. A. y Corripio, A. B. (1991). *Control automático de procesos. Teoría y práctica* (S. A. d. C. V. LIMUSA, Ed. 1era. ed.)

Introducción

Para controlar un proceso químico, debe ser interpretado desde la ingeniería de proceso; apoyándose en los principios del balance de materia y energía, el flujo de líquidos, la transferencia de calor, los procesos de separación y la cinética de la reacción, entre otros. El conocimiento de los principios fundamentales de la teoría del control se apoya en los términos y los conceptos matemáticos que se aplican para comprender el significado físico de los parámetros con que se describe el comportamiento dinámico de los sistemas de control de proceso. Argumento que puede ser utilizado para motivar el aprendizaje de este contenido por el estudiante a partir de su importancia para el ejercicio de la profesión.

Desde esta perspectiva se orientan los objetivos para que el estudiante comprenda el qué y el cómo aprenderán, bajo qué condiciones se organiza el proceso de aprendizaje, el para qué y el por qué se realiza, propiciando con estos últimos los aspectos vinculados al sentido y significatividad del contenido que se enseña, acción esta que se corresponde con la invariante funcional uno.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿De qué trata el problema?

¿Se comprende lo que se va a realizar?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se apoya en la interpretación de figuras ilustrativas que contienen información de aquellos datos relevantes del proceso químico.

Desarrollo

Las características de transición de los sistemas controlados pueden clasificarse en sistemas estáticos y a estáticos, estos últimos no tienen autocontrol, la salida variará de modo continuo; por tanto, necesita un controlador para que la variable controlada se mantenga dentro de ciertos límites. Los términos y los conceptos matemáticos se aplican para explicar los sistemas dinámicos de orden cero, uno, dos y la respuesta al estímulo paso de escalón.

Sistema de orden cero

En los sistemas de orden cero, uno, dos la ecuación diferencial se obtiene al aplicar el balance de materia y energía. La ecuación diferencial que describe a los elementos de orden cero está dada por la ecuación diferencial.

$$a_0 x' + s = b x' + e$$

Para aplicar la Transformada de Laplace a la ecuación diferencial, esta debe ser lineal, lo que implica que cualquier término no lineal se debe linealizar antes.

$$[ao X's(s) = b X'e(s)]$$

La ejecución de las acciones antes realizadas se asocia a la invariante funcional tres. Se determinan las condiciones iniciales para realizar el balance de masa y/o de energía. A la Ecuación Diferencial resultante se le aplica la transformada de Laplace.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se determinan las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas?

¿Es necesario linealizar las Ecuaciones Diferenciales?

¿Es necesario encontrar una ecuación que relacione las variables?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para la obtención de la ecuación diferencial que describe los principios del balance de materia y energía y en la aplicación de la Transformada de Laplace.

Se desarrolla la invariante funcional cuatro dirigida a: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta), la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema. Se reorganiza los términos obtenido en el paso anterior para expresar la función transferencial del sistema.

El concepto **función de transferencia** es importante en el estudio de la dinámica de proceso y del control automático de proceso, por lo que es recomendable considerar aquí algunas de sus propiedades y características. La función de transferencia se define como la relación de la transformada de Laplace de la variable de salida sobre la transformada de Laplace de la variable de entrada.

$$G(s) = \frac{Xs(s)}{Xe(s)}$$

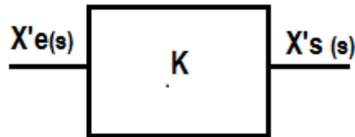
G(s) = representación general de una función de transferencia

Xs(s) = transformada de Laplace de la variable de salida

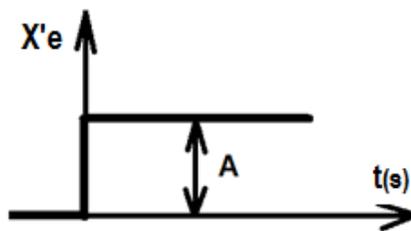
Xe(s) = transformada de Laplace de la función de forzamiento o variable de entrada.

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{b}{ao} = K \text{ Función transferencial del sistema orden cero}$$

La salida del sistema responde proporcionalmente a una constante (K) y sin retraso a los cambios de entrada, son los parámetros que describen al sistema de orden cero. La representación en bloques de la función transferencial se representa a continuación.



Respuesta de los sistemas de orden cero al estímulo paso escalón con una amplitud A se observa en el siguiente gráfico.



La transformada de Laplace para el estímulo paso escalón $t \geq 0$ $L[X'e] = \frac{A}{s}$

$$X's(s) = K * X'e(s) = K * \frac{A}{s}$$

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Cómo determinar la función transferencial del sistema?

¿Cómo aplicar el estímulo al sistema?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

Obtenida la función transferencial del sistema se aplica la Antitransformada de Laplace y se obtiene la función de la variable en el tiempo, acción esta que se corresponde con la invariante funcional cinco:

$$x's(t) = K * A$$

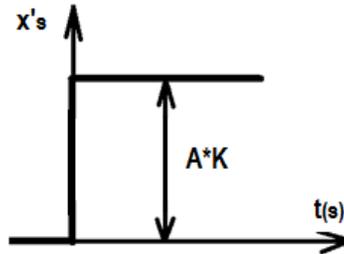
Se realiza la representación gráfica de la variable de salida en el tiempo.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

El impulso para esta acción podrá ser:

¿Cómo obtener la función en el tiempo?

La salida del sistema responde proporcionalmente y sin retraso a los cambios en la entrada, representando gráficamente la función en el tiempo y se identifica la característica dinámica de la respuesta de un proceso ante este estímulo, acción asociada a la invariante funcional seis:



Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Qué gráfico representa la respuesta transitoria del sistema dinámico?

¿Se logra identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación?

¿Cuáles son las unidades en que se debe expresar el resultado?

Se aplican los principios de búsqueda de relaciones y dependencia, de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se confecciona la representación gráfica que muestra las magnitudes de la variable de análisis respecto al tiempo según el comportamiento dinámico del sistema químico para la teoría del control de procesos.

La representación gráfica de la variable de análisis permite comprobar la dinámica del sistema y valorar su resultado en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo, así como la toma de decisión acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema, acción esta que se corresponde con la invariante funcional siete.

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Es lógico el resultado con la teoría del control de proceso?

¿La variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo es lógica?

¿Cuáles son los errores cometidos, sus causas y cómo eliminarlo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares

heurísticos donde se analizan los gráficos que permitan comparar que el estímulo aplicado al sistema químico se corresponde con la respuesta que avala la teoría del control.

Sistema de primer orden

Los sistemas dinámicos de primer orden se describen a través de una ecuación diferencial de primer orden con un coeficiente constante.

Cuando el sistema de primer orden es estático la ecuación (ao) se hace cero.

$$a_1 \frac{dx's}{dt} = b x'e$$

La ejecución de las acciones antes realizadas se asocia a la invariante funcional tres. Se determinan las condiciones iniciales para realizar el balance de masa y/o de energía. A la Ecuación Diferencial resultante se le aplica la transformada de Laplace.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se determinan las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas?

¿Es necesario linealizar las Ecuaciones Diferenciales?

¿Es necesario encontrar una ecuación que relacione las variables?

Se aplican los principios de analogía y reducción para la obtención de la ecuación diferencial. En esta acción se obtiene el balance de materia y energía y se aplica la Transformada de Laplace.

Se aplica la invariante funcional cuatro dirigida a: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.

$$a_1 X's(s) = b X'e(s)$$

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

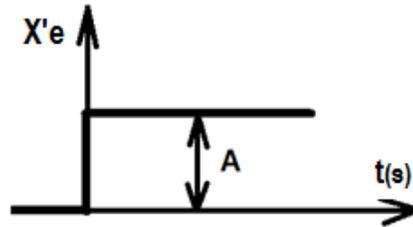
¿Cómo determinar la función transferencial del sistema?

¿Cómo aplicar el estímulo al sistema?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{b}{a_1 s} = \frac{Kv}{s}, \text{ donde } \frac{b}{a_1} = Kv$$

La respuesta de los sistemas de orden cero al estímulo paso escalón de amplitud A se grafica en el siguiente gráfico.



La transformada de Laplace para el paso de escalón:

$$t \geq 0 \quad L[X'e] = \frac{A}{s}$$

Sustituido en la función transferencial se obtiene:

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{Ab}{a1S^2} = \frac{Kv}{S^2}, \quad \text{donde } \frac{Ab}{a1} = Kv$$

Se aplica la Antitransformada de Laplace y se obtiene la función de la variable en el tiempo, acción esta que se corresponde con la invariante funcional cinco:

$$x's = Kv * t$$

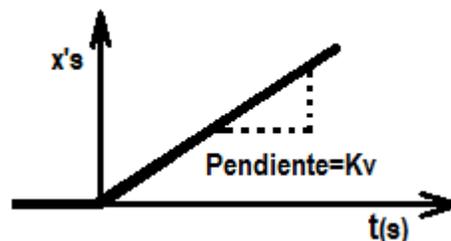
La salida del sistema responde proporcionalmente a una constante (Kv). Se realiza la representación gráfica de la variable de salida en el tiempo.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

El impulso en forma de pregunta podrá ser:

¿Cómo obtener la función en el tiempo?

La salida del sistema responde proporcionalmente a los cambios de la entrada, representando gráficamente la función en el tiempo y se identifica la característica dinámica de la respuesta de un proceso ante este estímulo, acción asociada a la invariante funcional seis.



Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Qué gráfico representa la respuesta transitoria del sistema dinámico?

¿Se logra identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación?

¿Cuáles son las unidades en que se debe expresar el resultado?

Se aplican los principios de búsqueda de relaciones y dependencia, de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se confecciona la representación gráfica que muestra las magnitudes de la variable de análisis respecto al tiempo según el comportamiento dinámico del sistema químico para la teoría del control de procesos.

La representación gráfica de la variable de análisis permite comprobar la dinámica del sistema y valorar su resultado en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo, así como la toma de decisión acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema, acción esta que se corresponde con la invariante funcional siete.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Es lógico el resultado con la teoría del control de proceso?

¿La variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo es lógica?

¿Cuáles son los errores cometidos, sus causas y como eliminarlo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se analizan los gráficos que permitan comparar que el estímulo aplicado al sistema químico se corresponde con la respuesta que avala la teoría del control.

Cuando el sistema de primer orden es estático la ecuación correspondiente es:

$$a_1 \frac{dX's}{dt} + a_0 X's = b X'e$$

La ejecución de las acciones antes realizadas se asocia a la invariante funcional tres. Se determinan las condiciones iniciales para realizar el balance de masa y/o de energía. A la Ecuación Diferencial resultante se le aplica la transformada de Laplace.

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se determinan las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas? ¿Es necesario linealizar las Ecuaciones Diferenciales? ¿Es necesario encontrar una ecuación que relacione las variables?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para en la obtención de la ecuación diferencial que describe los principios del balance de materia y energía y en la aplicación de la Transformada de Laplace.

Se aplica la invariante funcional cuatro dirigida a: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.

$$L \left[a_1 \frac{dX's}{dt} + a_0 X's = b X'e \right]$$

$$a_1 S X'(s) + a_0 X'(s) = b X'e(s)$$

$$X'(s)(a_1 S + a_0) = b X'e(s)$$

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{b}{a_1 S + a_0}$$

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{\frac{b}{a_0}}{\frac{a_1}{a_0} S + 1}$$

Los términos: $\frac{b}{a_0} = K$ (*Ganancia*) y $\frac{a_1}{a_0} = T$ (*Constante de tiempo*)

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{K}{TS + 1}$$

Los parámetros del sistema de primer orden son la ganancia (K) que responde a la característica estática del sistema y la constante de tiempo (T) que responde a las características dinámicas del sistema.

Respuesta de los sistemas de primer orden al estímulo paso escalón de amplitud A.

$$X's(s) = K * \frac{X'e(s)}{TS + 1} = K * \frac{A}{S(TS + 1)}$$

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Cómo determinar la función transferencial del sistema?

¿Cómo aplicar el estímulo al sistema?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

Se aplica la Antitransformada de Laplace y se obtiene la función de la variable en el tiempo, acción esta que se corresponde con la invariante funcional cinco.

$$x's = KA(1 - e^{-t/T})$$

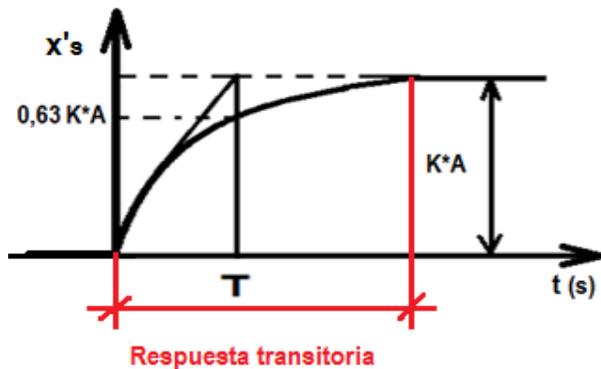
Se realiza la representación gráfica de la variable de salida en el tiempo.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

El impulso en forma de pregunta podrá ser:

¿Cómo obtener la función en el tiempo?

Se realiza la representación gráfica de la función en el tiempo y se identifica la característica dinámica de la respuesta de un proceso ante este estímulo, acción asociada a la invariante funcional seis.



Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Qué gráfico representa la respuesta transitoria del sistema dinámico?

¿Se logra identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación?

¿Cuáles son las unidades que se debe expresar el resultado?

Se aplican los principios de búsqueda de relaciones y dependencia, de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se confecciona la representación gráfica que muestra las magnitudes de la variable de análisis respecto al tiempo según el comportamiento dinámico del sistema químico para la teoría del control de procesos.

La representación gráfica de la variable de análisis permite comprobar la dinámica del sistema y valorar su resultado en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo, así como la toma de decisión acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema, acción esta que se corresponde con la invariante funcional siete.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Es lógico el resultado con la teoría del control de proceso?

¿La variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo es lógica?

¿Cómo determinar los errores cometidos, sus causas y como eliminarlo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se analizan los gráficos que permitan comparar que el estímulo aplicado al sistema químico se corresponde con la respuesta que avala la teoría del control.

El profesor orientará el trabajo independiente

Estudiar la respuesta de los sistemas de primer orden a las diferentes señales de prueba. Acosta y colectivo de autores (1991). Control automático de proceso. Pág. 86

Sistemas de segundo orden

Los sistemas dinámicos de segundo orden son aquellos cuya dinámica está descrita por una ecuación diferencial lineal de segundo orden con coeficientes constantes. Si el sistema de segundo orden es estático la ecuación (ao) se hace cero.

$$a_2 \frac{d^2 x's}{dt} + a_1 \frac{dx's}{dt} = b x'e$$

Quando el sistema de segundo orden es estático la ecuación correspondiente es:

$$a_2 \frac{d^2 x's}{dt} + a_1 \frac{dx's}{dt} + a_0 x's = b x'e$$

La ejecución de las acciones antes realizadas se asocia a la invariante funcional tres. Se determinan las condiciones iniciales para realizar el balance de masa y/o de energía. A la Ecuación Diferencial resultante se le aplica la transformada de Laplace.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se determinan las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas?

¿Es necesario linealizar las Ecuaciones Diferenciales?

¿Es necesario encontrar una ecuación que relacione las variables?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para en la obtención de la ecuación diferencial que describe los principios del balance de materia y energía y en la aplicación de la Transformada de Laplace.

Se aplica la invariante funcional cuatro dirigida a: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.

$$L \left[a_2 \frac{d^2 x's}{dt} + a_1 \frac{dx's}{dt} + a_0 x's \right] = L[b x'e]$$

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{K}{TS^2 + 2\zeta TS + 1}$$

Donde:

$K = b/a_0 = \text{ganancia del sistema}$, define características estáticas (segundo orden)

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \sqrt{a_2/a_0} = \text{tiempo característico} \\ \zeta = a_1/2\sqrt{a_0 * a_2} = \text{coeficiente de amortiguamiento} \\ T \text{ y } \zeta \end{array} \right.$$

$$T = \sqrt{a_2/a_0} = \text{tiempo característico}$$

$$\zeta = a_1 / (2a_0 * a_2)$$

ζ y T definen las características dinámicas (segundo orden)

Respuesta de los sistemas de segundo orden al estímulo salto escalón unitario.

$$X's(s) = \frac{1/T^2}{S^2 + 2\frac{\zeta}{T}S + \frac{1}{T^2}}$$

$$X's(s) = \frac{1/T^2}{S(S - S_1)(S - S_2)}$$

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Cómo determinar la función transferencial del sistema?

¿Cómo aplicar el estímulo al sistema?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

Se aplica la Antitransformada de Laplace y se obtiene la función de la variable en el tiempo, acción esta que se corresponde con la invariante funcional cinco.

Aplicando antitransformada de Laplace se obtiene $x'(t)$. Las raíces s_1 y s_2 dependen del valor del parámetro ζ . El resultado se puede dividir en tres casos.

Caso	ζ	Naturaleza de las raíces	Tipo de respuesta
1	$\zeta < 1$	Complejas	Bajo amortiguada, subamortiguada u oscilatoria. Cuanto menor es el coeficiente de amortiguamiento más oscilatoria es la respuesta.
2	$\zeta = 1$	Reales e iguales	Críticamente amortiguada
3	$\zeta > 1$	Reales	Sobre amortiguada o no oscilatoria. Cuanto mayor es el coeficiente de amortiguamiento más amortiguada es la respuesta, el sistema necesita más tiempo para alcanzar nuevo estado estacionario.

Se realiza la representación gráfica de la variable de salida en el tiempo.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

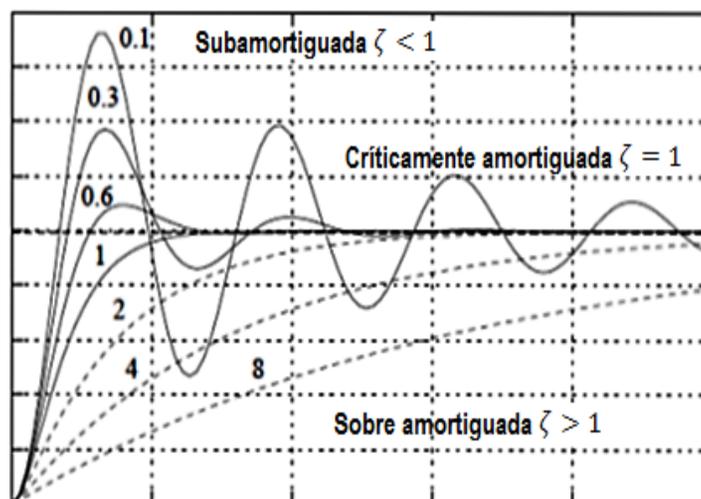
El impulso en forma de pregunta podrá ser:

¿Cómo obtener la función en el tiempo?

Se realiza la representación gráfica de la función en el tiempo y se identifica la característica dinámica de la respuesta de un proceso ante este estímulo, acción asociada a la invariante funcional seis.

La naturaleza de las respuestas se puede comprender mejor gráficamente. Los tipos de respuestas se muestran para diferentes valores de ζ .

En el gráfico se puede observar como para las diferentes respuestas de segundo orden varían el tiempo necesario para alcanzar el nuevo estado estacionario, desde una respuesta oscilatoria a no oscilatoria.



La representación gráfica de la variable de análisis permite comprobar la dinámica del sistema y valorar su resultado en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en

función del tiempo, así como la toma de decisión acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema, acción esta que se corresponde con la invariante funcional siete.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Es lógico el resultado con la teoría del control de proceso?

¿La variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo es lógica?

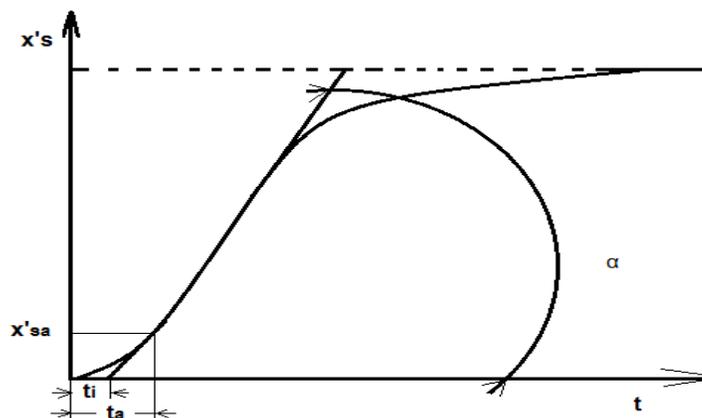
¿Cómo determinar los errores cometidos, sus causas y como eliminarlo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se analizan los gráficos que permitan comparar que el estímulo aplicado al sistema químico se corresponde con la respuesta que avala la teoría del control.

Para el sistema estático de segundo orden es típico que la variable de salida no cambia inmediatamente al surgir una perturbación. Debido a que la primera derivada de $x's$ para el instante $t=0$ es igual al cero, así que la característica de transición tiene un punto de inflexión. La tangente en el punto de inflexión determina el tiempo de retardo (tiempo de inhibición t_i). El tiempo t_a es donde se hace cero la segunda derivada.

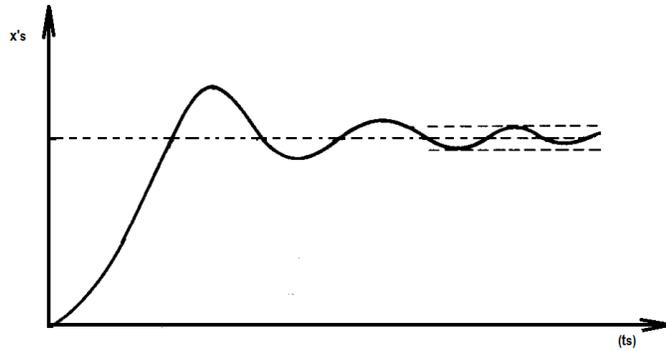
$$\tan \alpha = \left(\frac{dx's}{dt} \right) (t_a' x' sa) = \frac{x' sa}{t_a - t_i}$$

$$t_i = t_a - \frac{x' sa}{\left(\frac{dx's}{dt} \right) (t_a' x' sa)}$$



El profesor orientará el trabajo independiente.

Término usado para describir la respuesta de segundo orden subamortiguada. Acosta y colectivo de autores (1991). Control automático de proceso. Epígrafe 3.2.3.2 pág. 99.



Próxima actividad. Clase práctica No. 2.

El profesor facilitará la guía de la autopreparación para la clase práctica.

Se han presentado los cuatro pasos del PHG para la modelación de procesos dinámicos de control automático:

1. Interviene las invariantes funcionales uno y dos.
2. Interviene las invariantes funcionales tres, cuatro y cinco.
3. Interviene la invariante funcional seis.
4. Interviene la invariante funcional siete.

Conclusiones de la conferencia.

Se presentó el desarrollo de modelos que describen los sistemas dinámicos de orden cero, uno, dos y respuesta al estímulo paso de escalón. Se desarrollaron funciones de transferencia para cada uno de ellos y se explicó el significado de los parámetros que describen las características de esos procesos.

Los parámetros característicos de las de modelos que describen los sistemas dinámicos para:

- Orden cero
Características estáticas K_v (Ganancia)
- Orden uno
Características estáticas K (Ganancia)
Características dinámicas T (Constante de tiempo)
- Orden dos

Características estáticas K (Ganancia del sistema)

Características dinámicas $\left\{ \begin{array}{l} T \text{ (Tiempo característico)} \\ \zeta \text{ (Coeficiente de amortiguamiento)} \end{array} \right.$

Se ha presentado las invariantes funcionales desde los principios fundamentales de la teoría del control aplicado a los procesos dinámicos.

1. Acción: establecer los objetivos.

2. Acción: caracterizar los datos y variables de interés.
3. Acción: obtener las Ecuaciones Diferenciales del Sistema y su Transformada de Laplace.
4. Acción: determinar la función transferencial del sistema.
5. Acción: aplicar la transformada Inversa de Laplace a la señal de salida.
6. Acción: interpretar los resultados obtenidos.
7. Acción: tomar decisiones.

Se aplicó el PHG para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático.

Conclusiones de la clase metodológica instructiva

Favorecer la calidad en la formación de los profesionales de la educación es un imperativo de la Universidad de Matanzas, a través de un trabajo metodológico caracterizado por la pertinencia y coherencia en la concepción metodológica de los docentes toda vez que contribuye a generar experiencias para solucionar las limitaciones que se presentan en el aprovechamiento de las potencialidades del contenido de la Disciplina Fundamentos de Automatización.

La presente actividad metodológica orientar a los profesores sobre el tratamiento teórico-metodológico para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la asignatura Controles para Procesos de la carrera Ingeniería Química mediante la demostración, la argumentación y el análisis.

Referencias bibliográficas.

Arce, J. y Azahares, T. (2009). Modelo didáctico del invariante de habilidad de la disciplina química general en la formación de un ingeniero de minas Disponible en. *Revista Pedagogía Universitaria*, 14(1). <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/viewFile/485/479>

Cabrales, Y., A., D. y Silva, J. (2016). Procedimiento didáctico para la resolución de problemas matemáticos Disponible en. *dialnet.unirioja*, 5(4), 34-41. <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/download/201/197>

Cruz, Y., Fernández, J. M., Borrero, R. y Salas, M. (2018). Tareas docentes para desarrollar la habilidad modelar el experimento químico en la asignatura química general Disponible en. *Ciencias Químicas*, 3 (3), 37-52. <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/download/1577/1761>

Curbeira, D., Bravo, M. y Bravo, G. (2013). Formación de una habilidad profesional desde el tratamiento de los conceptos del cálculo integral en el primer año de ingeniería industrial Disponible en. *Pedagogía Universitaria*, XVIII (3) <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5137846.pdf>

- González-Hernández, W. (2016). La modelación como competencia en la formación del profesional informático Disponible en. *[RIDU]: Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 10(2), 58-70. <https://doi.org/10.19083/ridu.10.493>
- González-Hernández, W. y Coloma-Carrasco, Á. (2018). Estado actual de la competencia modelar en la formación del profesional informático de la Universidad de Matanzas, Cuba Disponible en. *Paideia* (60), 105-124.
- Manzuela, J., Blanco, R. y Pérez, O. (2015). El desarrollo de la habilidad de modelar en matemática a través del proceso de enseñanza aprendizaje de la programación lineal: Un proyecto de investigación. Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, México, DF.
- Quispe, M. (2016). *Aplicación del programa Geogebra en la solución de operaciones algorítmicas y heurísticas de matemática del tercer grado de secundaria*. Tesis para obtener el Grado de Doctor en Educación con mención en Gestión y Ciencias de la Educación. Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Rodríguez, S. (2017). *Estrategia didáctica basada en la solución de problemas contextualizados para fortalecer el aprendizaje significativo de la química en un programa de tecnología ambiental*. Maestría en educación. UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA, Colombia. Recuperado en <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4584/1/Aprendizaje%20significativo-Quimica.pdf>
- Ruiz, O. (2018). *Estrategias heurísticas vivenciales para mejorar la resolución de paev en estudiantes 2° grado primaria i.E. N° 16680 Bagua Grande 2016*. Para obtener el grado de maestro en educación. Universidad César Vallejo, Perú.
- Tarifa, E. (2001). Teoría de Modelos y Simulación [Disponible en]. 1-17. <https://www.ucreanop.org/descargas/Lecturas/Metodos%20Cuantitativos/Lectura%20complementaria%2008.%20Teoria%20de%20Modelos%20y%20Simulacion.pdf>

ANEXO 16

GUÍA PARA AUTOESTUDIO CLASE PRÁCTICA

TOMADO DEL PLAN DE CLASES

GUÍA PARA AUTOESTUDIO

Clase práctica

Tema 1: Análisis, identificación y sistema de control.

Temática: Sistemas dinámicos de primer orden.

Objetivo: Modelar los sistemas dinámicos de primer orden para la variable de proceso nivel.

Bibliografía.

Acosta, J. y otros (1991). Controles Automáticos para Procesos. (Partes I) capítulo III.

Smith C. and A. Corripio (1985). Principles and Practice of Automatic Process Control. (John Wiley and Sons)

Formato digital en Sitio WEB. www.cict.umcc.cu/repositorio/ingenieriaquimica/controlparaprocesos

INTRODUCCIÓN:

La clase práctica integra el sistema de conocimientos referidos a la obtención de la función transferencial del sistema para solucionar sistemas dinámicos de primer orden.

ORIENTACIONES PARA LA AUTOPREPARACIÓN.

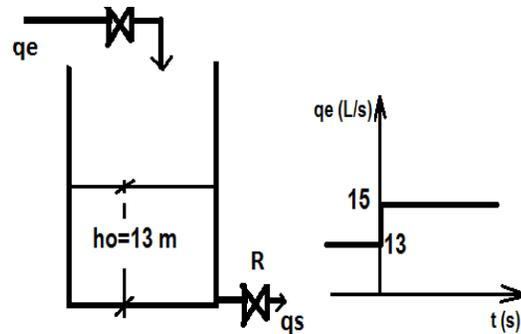
- Explicar los procedimientos necesarios para modelar procesos dinámicos. Conferencia.
- Estudiar sistemas de primer orden pág. 82-92.
- Estudiar epígrafe 3.3 Linealización o aproximación lineal de sistemas no lineales. pág. 108-115.
- Estudiar epígrafe 3.4.1 Sistemas hidráulicos de nivel sin carga variable a la entrada ni a la salida. 116-115.
- Resolver el ejemplo 3.3 pág. 125-127, 130

Acosta, J. y otros "Controles Automáticos para Procesos" (Partes I) capítulo III.

DESARROLLO DE LA CLASE PRÁCTICA:

El sistema hidráulico mostrado posee autorregulación parcial, con un flujo turbulento. La válvula de salida mantiene una apertura constante. El caudal de entrada del hidrocarburo se refleja en el gráfico el cual recibe una perturbación. Represente gráficamente el nivel del tanque una vez alcanzada la estabilidad del sistema. ¿Cuál sería el salto necesario para que el sistema se establezca en el límite operacional máximo?

altura del tanque	16 m
altura operacional máxima	15 m
altura operacional mínima	0,8 m
diámetro del tanque	10 m



EVALUACIÓN DE LA CLASE PRÁCTICA.

Se tendrá en cuenta:

- La autopreparación.
- Participación en la solución de los ejercicios.

CLASE PRÁCTICA

Tema 1: Análisis identificación y sistema de control.

Temática: Sistemas dinámicos de primer orden.

Duración: 90 minutos.

Presentación del profesor.

Controlar la asistencia.

Objetivo: Modelar los sistemas dinámicos de primer orden para la variable de proceso nivel.

Método: Conversación heurística.

La clase práctica se realizará en colaboración conjunta entre estudiantes y profesor.

Medios de enseñanza: pizarrón.

Bibliografía.

Acosta, J. y otros. "Controles Automáticos para Procesos" (Partes I) capítulo III.

Smith C. and A. Corripio. "Principles and Practice of Automatic Process Control". (John Wiley and Sons, 1985)

Formato digital en Sitio WEB. www.cict.umcc.cu/repositorio/ingenieriaquimica/controlparaprocesos

Introducción:

La clase práctica integra el sistema de conocimientos referidos a la obtención de la función transferencial del sistema para solucionar sistemas dinámicos de primer orden.

PREGUNTA INICIAL DE CONTROL.

El profesor realiza preguntas a los estudiantes concernientes a los sistemas dinámicos.

El profesor revisará la autopreparación orientada desde la clase anterior.

Los estudiantes bajo la conducción del profesor explicarán los procedimientos necesarios para ejecutar el sistema de invariante funcionales.

1. Acción: establecer los objetivos. Operaciones: comprender lo que va a realizar y relacionar el objetivo con las condiciones reales y los procedimientos que habrá de emplear.
2. Acción: caracterizar los datos y variables de interés. Operaciones: determinar los datos, analizar las variables, establecer relaciones entre los datos y variables.
3. Acción: obtener las Ecuaciones Diferenciales del Sistema y su Transformada de Laplace. Operaciones: determinar las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas, confeccionar el balance de masa y energía, linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario y aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.
4. Acción: determinar la función transferencial del sistema. Operaciones: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.
5. Acción: aplicar la transformada Inversa de Laplace a la señal de salida. Operación: obtener la función en el tiempo.
6. Acción: interpretar los resultados obtenidos. Operaciones: representar gráficamente la función en el tiempo e identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación.
7. Acción: tomar decisiones. Operaciones: comprobar la dinámica del sistema, valorar el resultado de la dinámica del sistema en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo y accionar acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema.

DESARROLLO DE LA CLASE PRÁCTICA.

ORIENTACIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LOS EJERCICIOS.

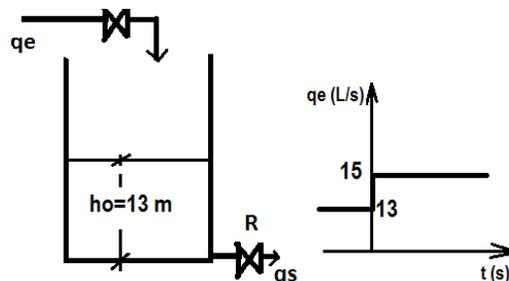
Después de aplicada la pregunta inicial de control, el profesor sistematizará el sistema de invariante funcional de la habilidad y posteriormente orientará la solución del ejercicio.

EJERCICIO 1:

El sistema hidráulico mostrado posee autorregulación parcial, con un flujo turbulento. La válvula de salida mantiene una apertura constante. El caudal de entrada del hidrocarburo se refleja en el gráfico el cual recibe una perturbación. Represente gráficamente el nivel del tanque una vez alcanzada la

estabilidad del sistema. ¿Cuál sería el salto necesario para que el sistema se estabilice en el límite operacional máximo?

altura del tanque	16 m
altura operacional máxima	15 m
altura operacional mínima	0,8 m
diámetro del tanque	10 m



Para resolver el ejercicio el estudiante tiene que comprender el enunciado, interpretar la información que se brindan en el texto, el gráfico, el esquema y la tabla. Además, debe prestar atención a las condiciones iniciales para relacionar las variables que se presentan y lo que tiene que solucionar.

Desde esta perspectiva se orientan los objetivos para que el estudiante comprenda el qué y el cómo aprenderán, bajo qué condiciones se organiza el proceso de aprendizaje, el para qué y el por qué se realiza, propiciando con estos últimos los aspectos vinculados al sentido y significatividad del contenido que se enseña, acción esta que se corresponde con la invariante funcional uno.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿De qué trata el problema?

¿Se comprende lo que se va a realizar?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se apoya en la interpretación de figuras ilustrativas que contienen información de aquellos datos relevantes del proceso químico.

En la invariante funcional dos se determinan los datos, se analizan las variables y establecen las relaciones entre los datos y variables.

Datos:

altura del tanque 16 m

altura operacional máxima 15 m

altura operacional mínima 0,8 m

diámetro del tanque 10 m

sistema hidráulico posee autorregulación parcial

La válvula de salida mantiene una apertura constante

Condiciones iniciales

altura inicial 13 m

caudal de entrada $q_e=13$ L/s

estímulo aplicado salto escalón de 2 L/s

Qué se solicita

Representar gráficamente el nivel del tanque una vez alcanzada la estabilidad del sistema.

¿Cuál sería el salto necesario para que el sistema se estabilice en el límite operacional máximo?

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se logra determinar los datos?

¿Se logra identificar las variables?

¿Se establece las relaciones entre los datos y variables?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se apoya en la interpretación de figuras ilustrativas que contienen información de aquellos datos relevantes del proceso químico.

Se determinan las condiciones para realizar el balance de masa y se aplica la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial. Las acciones realizadas pertenecen a la invariante funcional tres.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Se determinan las condiciones para realizar balances de masa y de energía en plantas?

¿Es necesario linealizar las Ecuaciones Diferenciales?

¿Es necesario encontrar una ecuación que relacione las variables?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para en la obtención de la ecuación diferencial que describe el balance de masa y en la aplicación de la Transformada de Laplace.

Se realiza el balance de masa en la planta.

$$\rho q_e - \rho q_s = \frac{d(\rho A h)}{dt}$$

$$q_e - q_s = \frac{A d(h)}{dt}$$

Se determinan el estado estacionario de referencia.

$$q_e - q_s = 0$$

Se obtiene las variables de desviación para el estado para las condiciones iniciales

$$q'e - q's = \frac{Ad(h')}{dt}$$

$$q'e = qe - qeo$$

$$q's = qs - qso$$

$$h'e = he - heo$$

Se identifica la expresión lineal para la resistencia del sistema hidráulico la cual relaciona las variables en función de los datos, esta ecuación es parte de una ecuación no lineal que se linealizó:

$$R = h' / q's$$

Sustituyendo se obtiene:

$$Rq'e - h' = \frac{RAd(h')}{dt}$$

La constante de tiempo del sistema hidráulico:

$$T = RA$$

$$Rq'e = \frac{Td(h')}{dt} + h'$$

Se aplica la invariante funcional cuatro dirigida a: obtener el cociente entre la transformada de Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) y calcular la función transferencial del sistema.

Se utiliza el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Cómo determinar la función transferencial del sistema?

¿Cómo aplicar el estímulo al sistema?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

Aplicando la transformada de Laplace a la ecuación diferencial se obtiene la función transferencial del sistema.

$$\frac{H'(s)}{Q'e(s)} = \frac{R}{TS + 1}$$

Se hace referencia a la correspondencia de la función transferencial del sistema obtenido con la teoría del control de proceso realizando la comparación entre ambas.

$$\frac{X'(s)}{X'e(s)} = \frac{K}{TS + 1}$$

Se utiliza el valor de R para el flujo turbulento:

$$R = \frac{2ho}{q_{SO}} = 2 * 130 \text{ dm} / 13 \text{ dm}^3/\text{s} = 20 \text{ s}/\text{dm}^2$$

Se calcula la constante de tiempo:

$$A = \pi r^2 = (3,14) * (50 \text{ dm})^2 = 7850 \text{ dm}^2$$

$$T = RA = (20 \text{ s}/\text{dm}^2) * (7850 \text{ dm}^2) = 157000 \text{ s}$$

El incremento $Q'e(s)=2 \text{ L/s}$ y su transformada de Laplace es $2/S$.

$$H'(s) = \frac{2R}{S(TS + 1)} = \frac{(2 \text{ dm}^3/\text{s}) * (20 \text{ s}/\text{dm}^2)}{S(TS + 1)}$$

Se aplica la Antitransformada de Laplace y se obtiene la función de la variable en el tiempo, acción esta que se corresponde con la invariante funcional cinco.

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

El impulso en forma de pregunta podrá ser:

¿Cómo obtener la función en el tiempo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético.

Se aplica la antitransformada de Laplace

$$h' = (2 \text{ dm}^3/\text{s}) * (20 \text{ s}/\text{dm}^2) \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 40 \text{ dm} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

Se obtiene la altura final siguiente:

$$hf = ho + h' = 13 \text{ m} + 4 \text{ m} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 17 \text{ m}$$

Se precisa que la respuesta de la altura final tiene que estar expresada en el SIU.

Se representa gráficamente la función en el tiempo y se identifica la característica dinámica de la respuesta de un proceso ante este estímulo, acción asociada a la invariante funcional seis.

Se usa el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

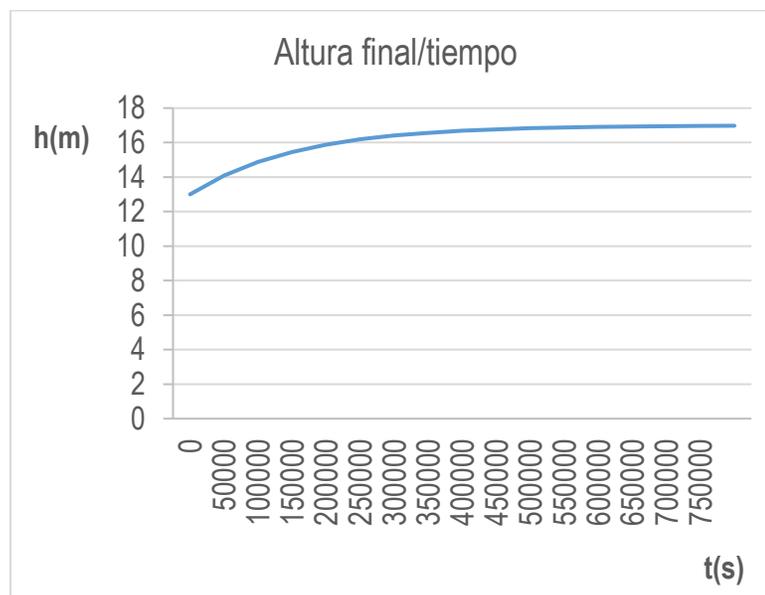
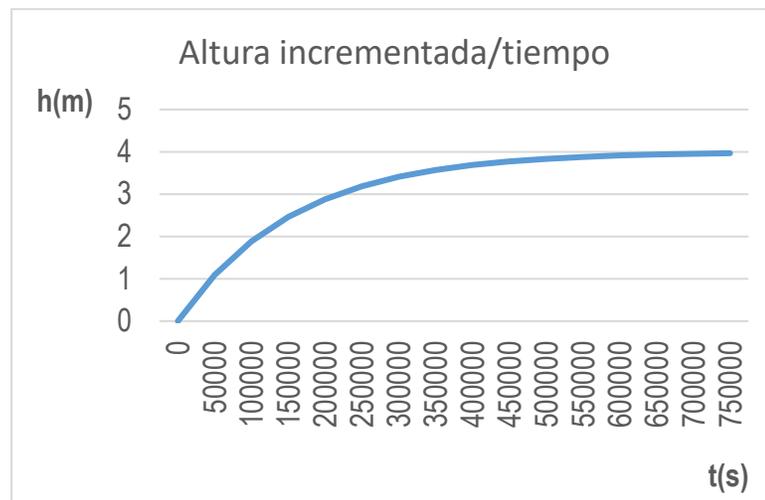
¿Qué gráfico representa la respuesta transitoria del sistema dinámico?

¿Se logra identificar las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante una perturbación?

¿Cuáles son las unidades en que se debe expresar el resultado?

Se aplican los principios de búsqueda de relaciones y dependencia, de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se confecciona la representación gráfica que muestra las magnitudes de la variable de análisis respecto al tiempo según el comportamiento dinámico del sistema químico para la teoría del control de procesos.

Se realiza la representación gráfica de la función en el tiempo y se identifica las características dinámicas de la respuesta de un proceso ante un escalón como estímulo.



Se llega a la conclusión que: el sistema para llegar al nuevo estado estable necesita que trascorra un tiempo determinado, donde la magnitud de la variable se incrementa. El tiempo transcurrido para alcanzar el nuevo estado estable es la dinámica del proceso. La representación gráfica de la variable de análisis permite comprobar la dinámica del sistema y valorar su resultado en correspondencia con la variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo, así como la toma de decisión acorde a la información para el reajuste de la operatividad del sistema, acción esta que se corresponde con la invariante funcional siete.

Se emplea el PHG aplicando las reglas, los principios y estrategias.

Los impulsos en forma de pregunta podrán ser:

¿Es lógico el resultado con la teoría del control de proceso?

¿La variación de la magnitud de la variable de proceso en función del tiempo es lógica?

¿Cuáles son los errores cometidos, sus causas y cómo eliminarlo?

Se aplican los principios de analogía y de reducción para comprender el problema y se aplica la estrategia de trabajo hacia adelante o método sintético. Además, se utilizan medios auxiliares heurísticos donde se analizan los gráficos que permitan comparar que el estímulo aplicado al sistema químico se corresponde con la respuesta que avala la teoría del control.

La altura final es de 17 m según la aplicación de la teoría. Sin embargo, la altura del tanque es de 16 m, lo que significa que vierte el fluido al exterior del tanque si alcanza el nuevo estado. Es una operación que se tiene que ser evitada por la negatividad que ocasiona a la economía, al medio ambiente, y el incremento de la peligrosidad al ser una sustancia combustible. Le corresponde al estudiante tomar una decisión, contemplado en el modo de actuación del ingeniero químico y la modelación de procesos dinámicos de control automático, desde su teoría e interpretación, facilita tal propósito. Para que el sistema hidráulico mostrado continúe trabajando con autorregulación parcial se debe recalcular la magnitud del estímulo. Hacer esta operación equivale a modificar la abertura de la válvula de entrada. Estas acciones pertenecen a la invariante funcional siete y a la vez corresponde al cuarto paso del PHG para la modelación de procesos dinámicos de control automático (Anexo 24).

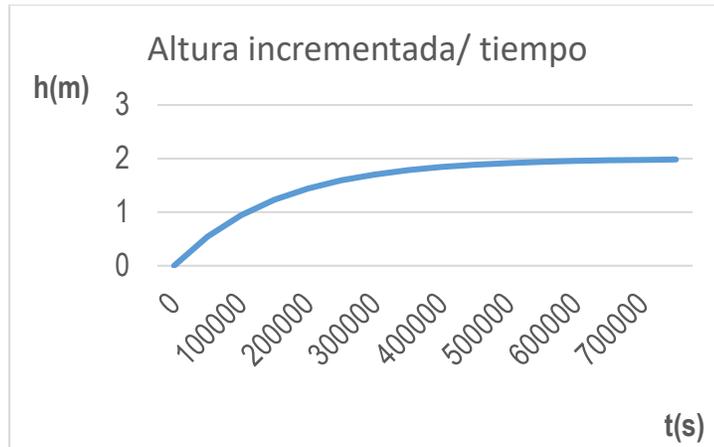
$$h' = (\text{magnitud del estímulo}) * (20 \text{ s/dm}^2) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 20 \text{ dm}$$
$$\text{magnitud del estímulo} = 1 \text{ dm}^3 / \text{s}$$

La magnitud del estímulo para que el sistema hidráulico continúe funcionando con autorregulación parcial y alcanzar el límite operacional máximo es de $1 \text{ dm}^3/\text{s}$.

Comprobando

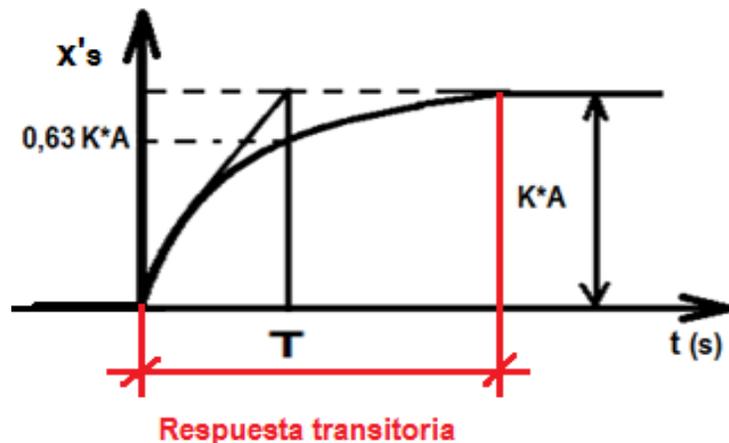
$$h' = (1 \text{ dm}^3/\text{s}) * (20 \text{ s}/\text{dm}^2) \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 20 \text{ dm} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

$$hf = h_0 + h' = 13 \text{ m} + 2 \text{ m} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) = 15 \text{ m}$$



La interpretación de los gráficos anteriores propicia que el estudiante comprenda que el valor de la magnitud de la variable de proceso se puede predecir aplicando la modelación de procesos dinámicos de control automático. Su aplicación en otros contextos, le permite valorar al estudiante cuál es el tiempo necesario para que la variable de proceso alcance la magnitud deseada y a partir de esta información efectuar la toma de decisión en el proceso químico.

Se hace la comparación de la gráfica obtenida y la gráfica de los sistemas de primer orden, en la que se puede apreciar correspondencia con la teoría del control.



Próxima clase: clase práctica

Autopreparación:

Realiza el ejercicio anterior aplicando como estímulo un impulso no unitario de 15 L/s.

Se entrega la guía para el autoestudio de la siguiente clase práctica.

Conclusiones:

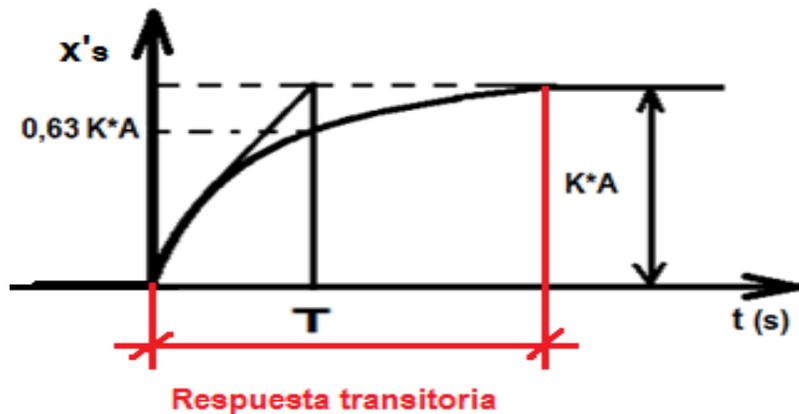
En la presente clase práctica se obtuvo la función transferencial del sistema dinámico de primer orden para un sistema hidráulico con autorregulación parcial y se realiza su representación gráfica.

Se calcularon los parámetros que caracterizan a los sistemas de primer orden: la ganancia y la constante de tiempo.

Se realiza la generalización y se precisa que los sistemas dinámicos de primer orden poseen la función transferencial siguiente:

$$\frac{X's(s)}{X'e(s)} = \frac{K}{TS + 1}$$

Y su representación gráfica es:



ANEXO 17

GUÍA PARA LA PRÁCTICA DE LABORATORIO, PRÁCTICA DE LABORATORIO Y EVIDENCIA

Guía para el estudio independiente práctica de laboratorio No. 1

GUÍA CLASE PRÁCTICA DE LABORATORIO

Tema 1: Análisis, identificación y sistema de control.

TEMÁTICA: Sistemas dinámicos.

Duración: 90 minutos.

Presentación del profesor.

Controlar la asistencia.

Objetivo: Simular sistemas dinámicos.

Medios de enseñanza: pizarrón y ordenadores.

Método: Procedimientos heurísticos

Bibliografía.

1. Acosta, J. y otros "Controles Automáticos para Procesos" (Partes I) capítulo III.
2. Smith C. and A. Corripio."Principles and Practice of Automatic Process Control". (John Wiley and Sons, 1985).
3. Chau, Pao C. Chemical Process Control: A First Course with MATLAB. 2002. Formato digital en sitio web. www.cict.umcc.cu/repositorio/ingenieriaquimica/controlparaprocesos o <http://dl94.zlibcdn.com/dtoken/f3c8a573feee63b1a451143538300912>

Introducción:

La clase práctica de laboratorio favorece la integración de conocimientos, principalmente los referidos a la modelación de sistemas dinámicos. Es requisito indispensable para la realización de la clase práctica de laboratorio que los estudiantes lleven resuelto el ejercicio indicado.

Desarrollo de la práctica de laboratorio.

Orientación para la realización de la práctica de laboratorio. Los ejercicios se realizan por equipos.

Modele el sistema dinámico hidráulico propuesto y obtenga la respuesta transitoria.

El sistema hidráulico mostrado posee autorregulación parcial. Su caudal de entrada es un flujo turbulento. Se aplica escalón unitario como estímulo de perturbación. La válvula de salida posee una abertura constante.

Datos por equipo:

Equipo No 1 R= 2 y A= 8

Equipo No 2 R= 2,5 y A= 6

Equipo No 3 R= 3 y A= 5

Equipo No 4 R= 1,3 y A= 7

Equipo No 5 R= 3 y A= 8

Equipo No 6 R= 1 y A= 4

Equipo No 7 R= 2 y A= 3

Equipo No 8 R= 1,8 y A= 5

Equipo No 9 R= 1,9 y A= 2

La función transferencial obtenida se simulará en la clase práctica de laboratorio aplicando los comandos necesarios para obtener la gráfica de la respuesta transitoria del proceso dinámico. Los comandos a utilizar en el software MatLab son:

```
clc
```

```
clear
```

```
num
```

```
den
```

```
a=tf(num,den)
```

```
t=0:1:100
```

```
G=step(a,t)
```

```
plot(t,G)
```

La bibliografía orientada Chau, Pao C. Chemical Process Control: A First Course with MATLAB.

2002. Disponible en Formato digital en sitio web

www.cict.umcc.cu/repositorio/ingenieriaquimica/controlparaprocesos o en internet

<http://dl94.zlibcdn.com/dtoken/f3c8a573feee63b1a451143538300912>.

Entrega del informe de la práctica de laboratorio: 24 de enero, oficina del profesor.

Contenido del informe

Datos personales del equipo.

Análisis del sistema teórico.

Métodos.

Ejercicio a simular.

Modelación realizada para obtener la función transferencial.

Código utilizado para simulación del sistema dinámico.

Resultados.

Análisis de los resultados.

Conclusiones del informe.

La nota de la evaluación de la clase práctica del laboratorio se integra por las notas de:

Ejercicio modelado para el laboratorio, la técnica de laboratorio operatoria realizada por el estudiante y el informe.

CLASE PRÁCTICA DE LABORATORIO

Clase práctica de laboratorio

Tema 1: Análisis, identificación y sistema de control.

TEMÁTICA: Sistemas dinámicos.

Duración: 90 minutos.

Presentación del profesor.

Controlar la asistencia.

Objetivo: Simular el modelo de sistemas dinámicos

Método: Conversación heurística.

Medios de enseñanza: Pizarrón y ordenadores.

Bibliografía.

1. Acosta, J. y otros. "Controles Automáticos para Procesos" (Partes I) capítulo III.
2. Smith C. and A. Corripio. "Principles and Practice of Automatic Process Control". (John Wiley and Sons, 1985).
3. Chau, Pao C. Chemical Process Control: A First Course with MATLAB. 2002. Formato digital en sitio web. www.cict.umcc.cu/repositorio/ingenieriaquimica/controlparaprocesos o <http://dl94.zlibcdn.com/dtoken/f3c8a573feee63b1a451143538300912>

Introducción:

La clase práctica de laboratorio favorece la integración de conocimientos, principalmente los referidos a la modelación de sistemas dinámicos. Es requisito indispensable para la realización de la clase práctica de laboratorio que los estudiantes lleven resuelto el ejercicio indicado. El profesor revisará el ejercicio propuesto para la clase práctica de laboratorio propuesto, el cual será el ejercicio a modelar a través de la simulación. Se precisa de aquellas instrucciones del software MatLab que

serán utilizadas en la simulación y que fueron orientación en la preparación de la clase práctica de laboratorio.

DESARROLLO DE LA CLASE PRÁCTICA DE LABORATORIO.

Se sistematizará el sistema de invariante funcional de la habilidad. Se verificarán los resultados obtenidos en el ejercicio propuesto en la actividad anterior. El resultado de la función transferencial es $H'(s)=2/((16S+1))$

Las operaciones del software MatLab se desarrollarán en WorkSpace en forma de códigos (Scrip).

Los Scrip se programan en MatLab, acción esta que se corresponde con las invariantes funcionales cinco y seis.

Desarrollo del Scrip.

```
clc
```

```
clear
```

```
num=[2]
```

```
den=[16 1]
```

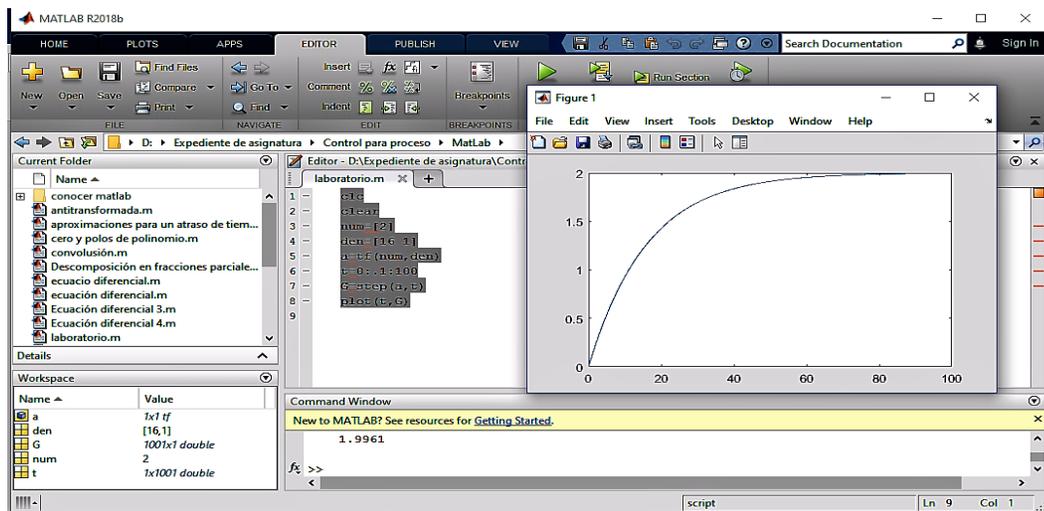
```
a=tf(num,den)
```

```
t=0:.1:100
```

```
G=step(a,t)
```

```
plot(t,G)
```

Se obtiene el gráfico de altura contra tiempo.



Se orienta la fecha de entrega del informe de la práctica de laboratorio.

Se precisan los errores cometidos por los estudiantes.

Se entrega la nota de la evaluación de la técnica de laboratorio realizada por el estudiante. La evaluación final se complementa con el informe que entregara el estudiante.

Se orientará de estudio individual otros ejercicios realizados en clase para que se les aplique otras señales de estímulo y sean simulados en tiempo de máquina en los laboratorios de informática.

Se planifican actividades de consulta con los estudiantes.

Conclusiones:

En la presente clase práctica de laboratorio se simuló la función transferencial de sistemas dinámicos de primer orden. Se obtuvo la respuesta transitoria a un estímulo de escalón unitario.

EVIDENCIA DE LA PARTICIPACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA QUÍMICA CUARTO AÑO DEL CURSO 2018-2019 EN LA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Foto 2. *Participación de los estudiantes de Ingeniería Química en la clase práctica de laboratorio*



Realizadas por el autor, 2019

ANEXO 18
ORGANIZACIÓN DE CLASE PRÁCTICA EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA
“ANTONIO GUITERAS HOLMES” DE MATANZAS

Acta del trabajo metodológico con el especialista de la Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras”. Matanzas.

Matanzas, 16 de abril del 2019.

Participantes: Prof. Auxiliar Ing. Carlos Molina Hernández, MSc.

Especialista: Ing. Wilian López Caballero, MSc.

Lugar: Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras Holmes”. Zona Industrial. Matanzas.

Hora: 2.30 pm.

Asunto: Organización de la clase práctica en fábrica.

Se le muestra al especialista Ing. Wilian López Caballero, MSc. la planificación de la clase práctica en fábrica. Se toma el acuerdo No 1.

Se recorre la instalación y se identifican las áreas que posibilitan ofrecer tratamiento al sistema de conocimiento de la clase. Se toma el acuerdo No 2.

Se selecciona el capital humano (especialista) que le mostrará la instalación y le explicará el sistema de control automático. Se toma el acuerdo No 3.

Se le explica el método que se propone emplear para el desarrollo de la clase: expositivo y debate. Se toma el acuerdo No. 4.

Se identifican los vínculos del proceso y la necesidad de la automatización de los diferentes lazos de control de temperatura, presión, flujo y caudal de la caldera. Se le explica cómo enseñar a los estudiantes el funcionamiento de los lazos de control y los diferentes bloques funcionales.

En la sala de ingeniería de la planta se identifica el software que utiliza el SCADA.

Se instruye al especialista para que utilice el método expositivo y debate con los estudiantes. Hacer énfasis en el rol que juegan la parametrización en la industria (instrumentos, puntos de consignas o set point) su utilización en la puesta en marcha, mantenimiento y operación.

En la exposición en la sala de control, el especialista explicará aquellas variables de procesos que necesitan ser supervisadas desde los puntos de vista operativo, de seguridad de la planta y del cuidado al medio ambiente.

Se instruye que permita el diálogo e intercambio a las preguntas de los estudiantes durante el recorrido en la parte final de la clase

Acuerdos

Acuerdo No. 1

Entregar en formato digital la planificación de la clase práctica en fábrica (Anexo 1).

Acuerdo No. 2

Llevar a los estudiantes al sistema automático de la caldera. En particular a la sala en que se encuentran los controladores, el local de ingeniería del SCADA y la sala de control de la Industria.

Acuerdo No. 3

Instruir al especialista para que pueda realizar su labor en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

ANEXO 19
CLASE PRÁCTICA EN FÁBRICA
PROCESO TECNOLÓGICO GENERACIÓN DE ENERGÍA. SCADA

Clase práctica en fábrica

Tema III. Fundamentación de los sistemas automatizados de los procesos tecnológicos.

TEMÁTICA: Proceso tecnológico de generación de energía. SCADA

Duración: 180 minutos.

Presentación del profesor invitado.

Controlar la asistencia.

Medios de enseñanza: Industria

Método: expositivo y debate

ORGANIZACIÓN DE LA CLASE PRÁCTICA EN FÁBRICA.

Recorrido por las instalaciones de la Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras Holmes”. Observar cómo se utilizan los instrumentos en correspondencia con las variables de procesos y su identificación en la sala de control.

Lugar. Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras Holmes”. Ciudad de Matanzas.

OBJETIVO:

Profundizar en los conocimientos adquiridos acerca de la tecnología instalada en el proceso tecnológico y del SCADA.

INTRODUCCIÓN:

Se ha constatado que los instrumentos industriales pueden medir, transmitir y controlar las variables que intervienen en un proceso. Las señales son transmitidas a un autómata programable, que recibe los datos adquiridos y procesados para ser utilizados en un supervisor y controlador (sistema SCADA). De esta manera supervisar y/o controlar todas las variables del proceso demanda del conocimiento que avala el comportamiento dinámico.

Se puede observar como el SCADA instalado interviene directamente en la toma de decisiones:

- Corporativa,
- Operacionales,
- Productivas,
- Mantenimiento,
- Estadísticos y

- Seguridad: a los medios, al capital humano y al medio ambiente.

DESARROLLO DE LA CLASE PRÁCTICA

La demostración se llevará a cabo por el especialista de la Empresa.

Sistema de acciones a desarrollar:

Explicación por el especialista de la fábrica de las normas de seguridad e higiene del trabajo que deberán cumplir en su estancia en la entidad.

Recorrido por la instalación.

Valoración crítica del proceso tecnológico.

En las instalaciones de la fábrica los estudiantes deben profundizar en aspectos como:

- Instalación de cada instrumento en el proceso tecnológico.
- Identificación del principio de funcionamiento.
- Cumplimiento de las normas de seguridad del instrumento, IP correspondiente.
- Señal que transmite el instrumento al sistema de control. (Local o remoto tipo de señales).
- Identificación de los controladores en el proceso de control.
- Identificación del autómata programable.
- Identificación del SCADA utilizado.
- Comportamiento histórico de una variable de proceso que permita percibir la modelación de procesos dinámicos de control automático en el SCADA.

Conclusiones:

Realizada por el especialista de la Central Termoeléctrica "Antonio Guiteras Holmes".

Próxima actividad

Seminario. Socialización del conocimiento de la tarea extraclase.

Los estudiantes entregan en esta actividad la tarea extra-clase.

EVIDENCIA DE CLASE PRÁCTICA EN FÁBRICA

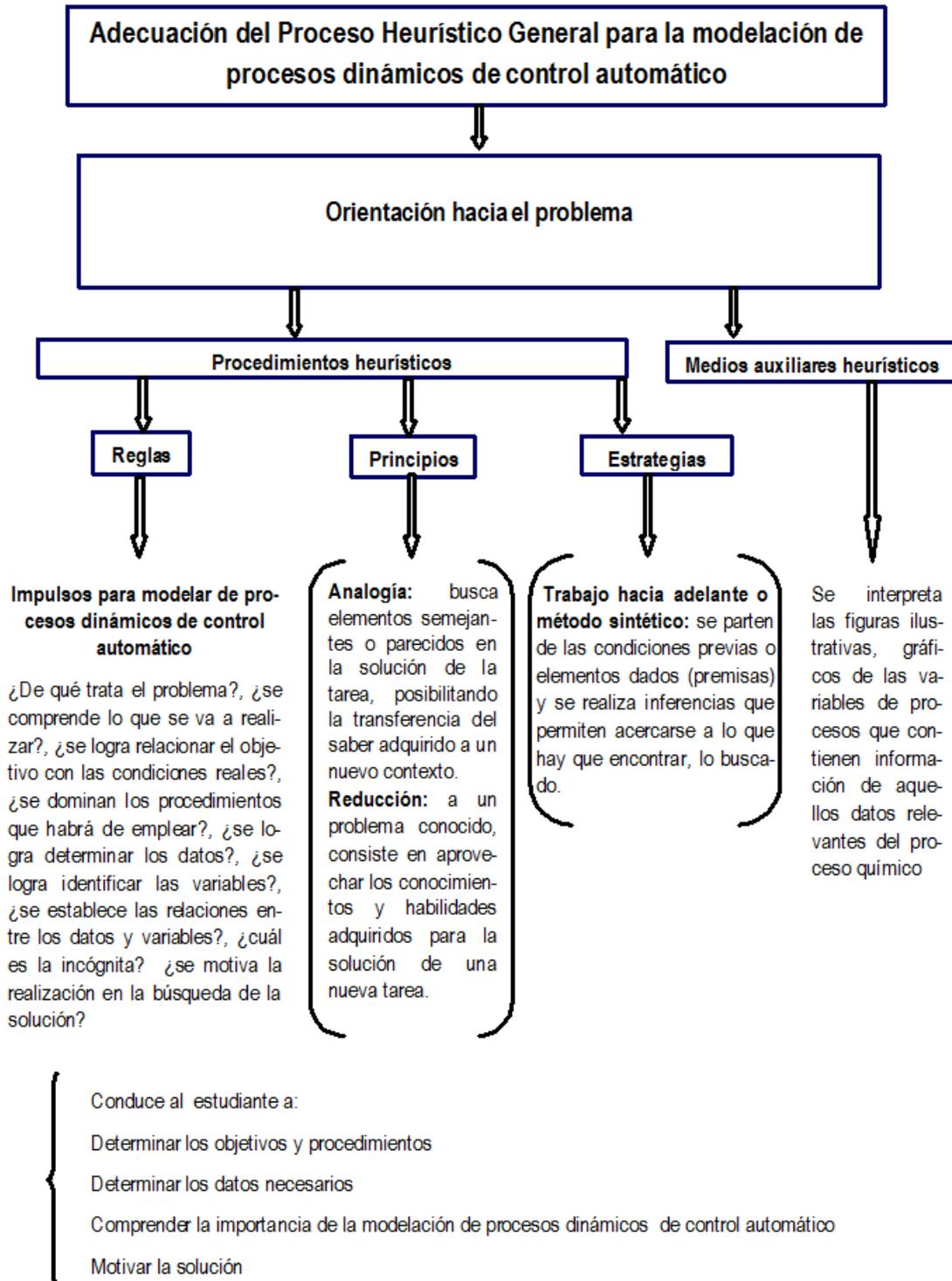
Foto 2. *Estudiantes de Ingeniería Química cuarto año del curso 208-2019 en fábrica.*



Donada por Hernández Pellán, Linnet, 2019

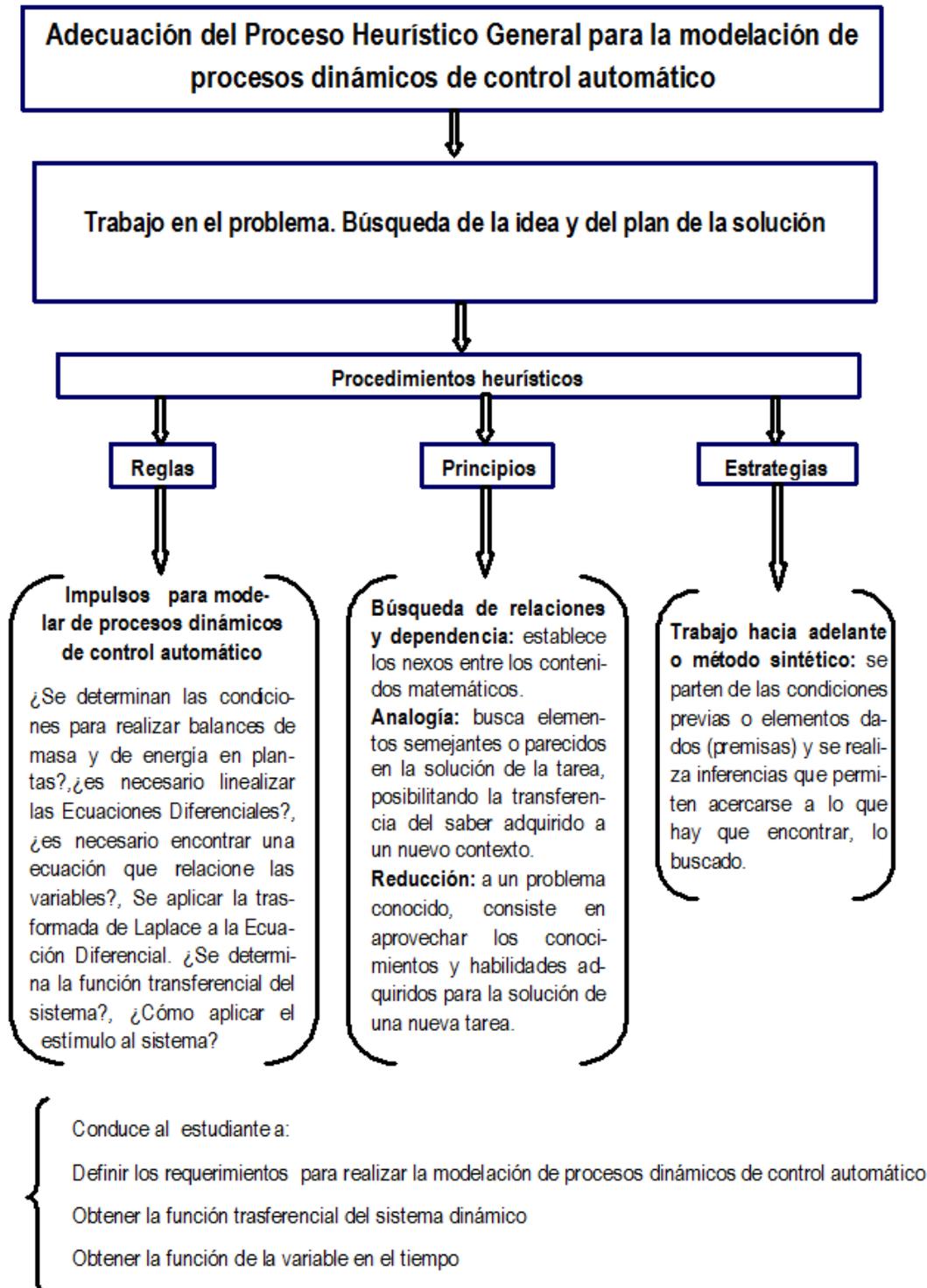
ANEXO 20

PRIMER PASO DEL PROGRAMA HEURÍSTICO GENERAL PARA LA MODELACIÓN DE PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO



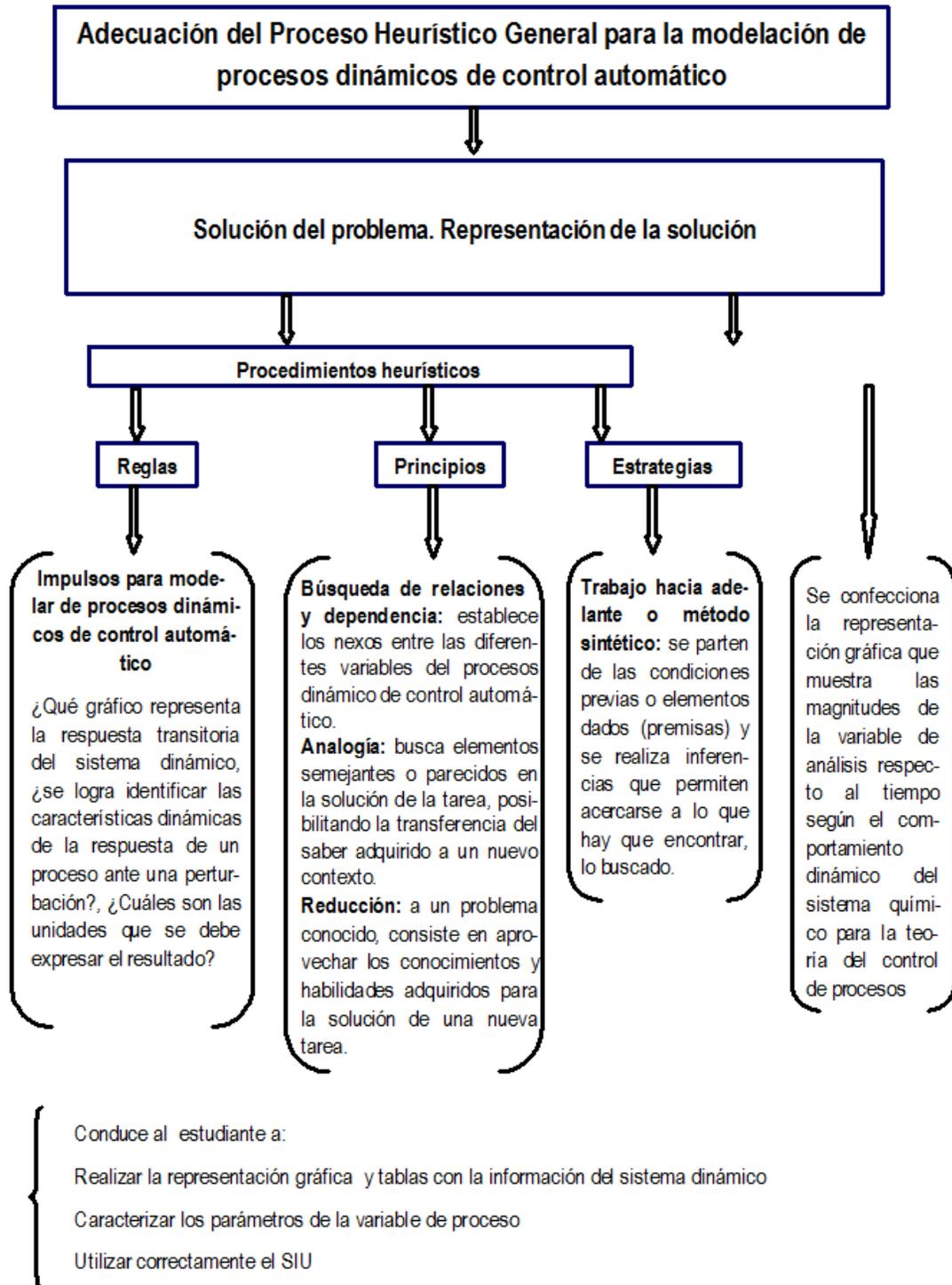
ANEXO 21

SEGUNDO PASO DEL PROGRAMA HEURÍSTICO GENERAL PARA LA MODELACIÓN DE PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO



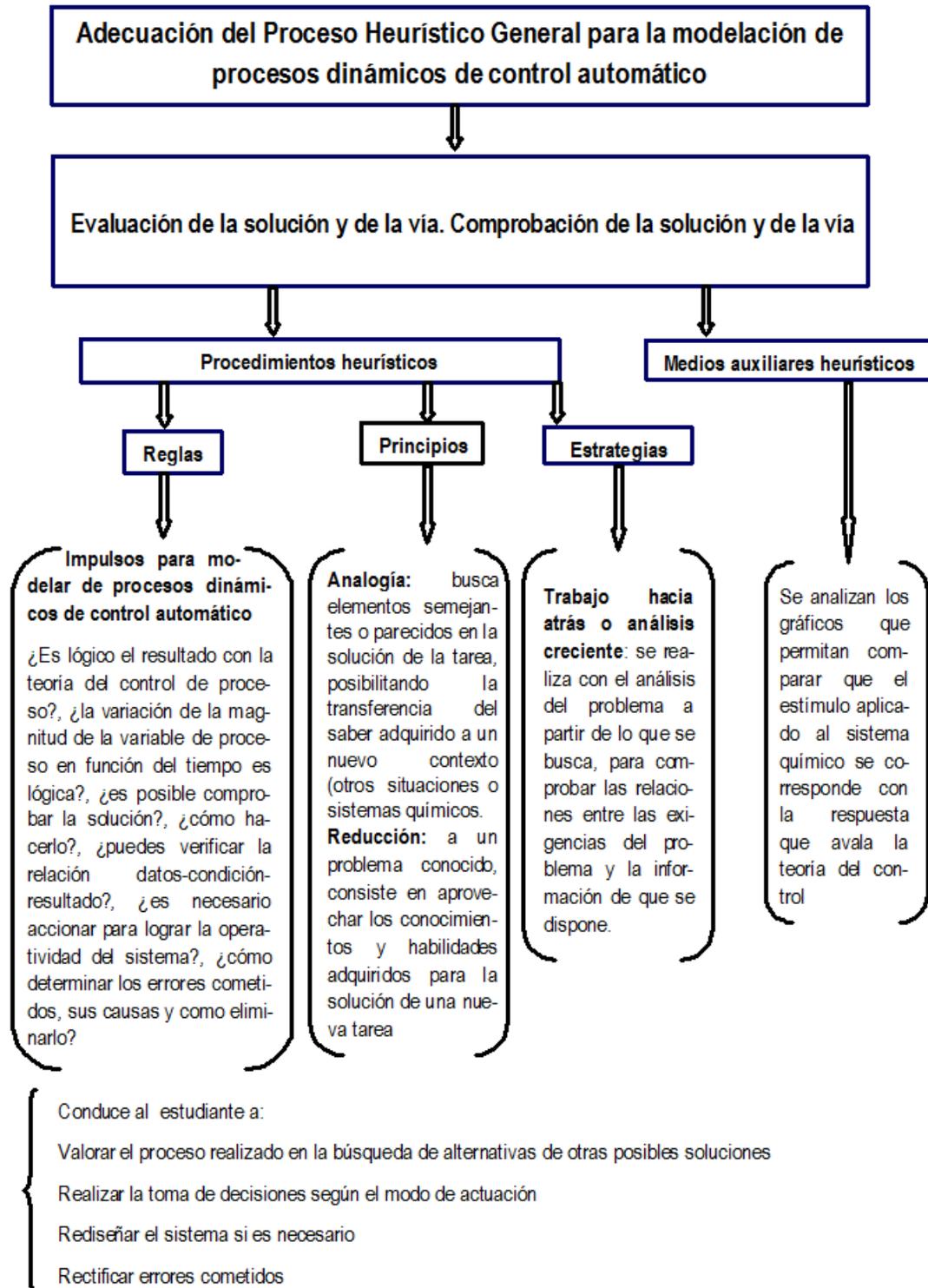
ANEXO 22

TERCER PASO DEL PROGRAMA HEURÍSTICO GENERAL PARA LA MODELACIÓN DE PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO



ANEXO 23

CUARTO PASO DEL PROGRAMA HEURÍSTICO GENERAL PARA LA MODELACIÓN DE PROCESOS DINÁMICOS DE CONTROL AUTOMÁTICO



ANEXO 24

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DE EXPERTOS PARA DETERMINAR LA COMPETENCIA

Objetivo: Determinar el coeficiente de conocimiento (Kc) y el coeficiente de argumentación (Ka) para la selección de posibles expertos.

Estimado(a) profesor, este es el cuestionario para su autoevaluación como posible experto para validar la estrategia didáctica para desarrollar la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático en la carrera Ingeniería Química.

Datos generales:

Nombre(s) y apellidos: _____

Marcar con X: Asistente__ Auxiliar__ Titular__ MSC. __ Dr. C. __

De la categoría científica, en qué especialidad se formó: _____

Años de experiencia como Profesor(a) en la Educación Superior. ____

Facultad o área de trabajo _____

1. Si tuviera que decidir sobre una escala creciente de 0 a 10 el conocimiento que usted posee sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático. ¿Dónde usted se ubicaría en la escala mostrada?

(Escala ascendente de 0 a 10) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Indique en qué grado cada una de las fuentes indicadas ha influido en su conocimiento sobre la modelación de procesos dinámicos de control automático.

Fuentes que han influido en sus conocimientos sobre el tema	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	ALTO	MEDIO	BAJO
1. Análisis teóricos realizados			

2. Su experiencia en la práctica docente e investigativa en el nivel superior			
3. Consulta de trabajos de autores cubanos o extranjeros			
4. Conocimientos adquiridos por maestría o doctorado			
5. Conocimientos sobre la modelación de procesos dinámicos utilizada en el extranjero			
6. Su intuición basada en sus conocimientos y experiencias profesionales			

ANEXO 25

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE COMPETENCIA K

El Coeficiente de Competencia K, determina el experto que se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula de la siguiente ecuación:

$$K = \frac{Kc + Ka}{2}$$

Donde: Kc: Coeficiente de Conocimiento o Información; Ka: Coeficiente de Argumentación; El Coeficiente de Conocimiento o Información Kc se calcula a través de la expresión

$$Kc = n(0.1).$$

Donde: n: Rango seleccionado por el experto.

Aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación (Ka) proporcionado en el cuestionario de autoevaluación de expertos.

Fuentes que han influido en sus conocimientos sobre el tema	A	M	B
Análisis teóricos realizados	0,30	0,20	0,10
Su experiencia en la práctica docente e investigativa en el nivel Superior	0,50	0,40	0,20
Consulta de trabajos de autores cubanos o extranjeros	0,05	0,05	0,05
Conocimientos adquiridos por maestría o doctorado	0,05	0,05	0,05
Conocimientos sobre la modelación utilizada en el Controles para Procesos en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su intuición basada en sus conocimientos y experiencias profesionales	0,05	0,05	0,05

El Coeficiente de Argumentación Ka se calcula a través de la ecuación.

$$Ka = \sum ni = (n1 + n2 + n3 + n3 + n4 + n5 + n6)$$

ANEXO 26

RESULTADO DEL COEFICIENTE DE COMPETENCIA PARA SELECCIONAR LOS EXPERTOS.

	Ka	Kc	K
E1	0,95	0,9	0,925
E2	0,7	0,9	0,8
E3	0,85	0,90	0,88
E4	0,8	0,90	0,85
E5	0,9	0,80	0,85
E6	0,8	0,80	0,80
E7	0,9	0,80	0,85
E8	0,7	0,90	0,80
E9	0,8	0,90	0,85
E10	0,7	0,90	0,80
E11	0,8	0,90	0,85
E12	0,8	0,90	0,85
E13	0,9	0,90	0,90
E14	0,9	0,70	0,80
E15	0,9	0,80	0,85
E16	0,7	0,90	0,80

Los resultados del Coeficiente de Competencia para cada experto se analizan de la manera siguiente:

$0,8 \leq K \leq 1,0$ Coeficiente de Competencia Alto

$0,5 \leq K < 0,8$ Coeficiente de Competencia Medio

$K < 0,5$ Coeficiente de Competencia Bajo.

Para no cometer un error superior al 5 % deben participar como mínimo 15 expertos.

ANEXO 27

GUÍA DE ASPECTOS A VALORAR POR LOS EXPERTOS

Marca con un valor de 1 al 10 a cada aspecto de la guía, según el nivel de importancia que le Ud. le atribuyes al.

___ Dominio de las condiciones para modelar procesos dinámicos de control automático

___ Dominio de la aplicación de la modelación de procesos dinámicos de control automático en el software.

___ Dominio de acciones y operaciones para modelar procesos dinámicos de Controles para Procesos

___ Dominio de las señales de prueba.

___ Dominio de las leyes que rigen el proceso químico de control de proceso.

___ Dominio de la interpretación de las representaciones gráficas.

___ Cómo tienen diseñado las actividades docentes, qué métodos participativos utilizan, formas de organización de la enseñanza y medios que les permite dar cumplimiento a los objetivos del programa.

___ Dominio de los objetivos de la carrera, del perfil profesional, modos de actuación y funciones del profesional.

Explique las debilidades que posee la estrategia didáctica propuesta.

Explique las fortalezas que posee la estrategia didáctica propuesta.

Desea sugerir algún aspecto a tener en cuenta en la elaboración de la estrategia didáctica.

ANEXO 28

TABLA DE VALORES OTORGADOS POR CADA UNO DE LOS EXPERTOS A LOS ASPECTOS DE LA GUÍA. B. TABLA DE RANGO DE PUNTAJES LIGADOS

Valores otorgados por cada uno de los expertos a los aspectos de la guía

Expertos (i)	Aspectos (j)							
	A _(j=1)	A _(j=2)	A _(j=3)	A _(j=4)	A _(j=5)	A _(j=6)	A _(j=7)	A _(j=8)
E _(i=1)	9	10	8	8	10	8	7	9
E _(i=2)	10	9	10	10	10	10	10	10
E _(i=3)	10	9	10	10	8	10	10	7
E _(i=4)	10	9	7	8	8	7	8	7
E _(i=5)	8	10	8	8	8	9	8	10
E _(i=6)	7	8	9	9	8	10	10	10
E _(i=7)	9	8	9	9	9	9	10	10
E _(i=8)	9	8	10	9	9	9	8	10
E _(i=9)	9	10	8	8	7	8	7	7
E _(i=10)	7	7	10	8	10	10	7	8
E _(i=11)	9	10	10	8	9	8	10	8
E _(i=12)	8	9	10	9	10	9	10	8
E _(i=13)	8	10	10	8	8	8	9	9
E _(i=14)	9	9	9	10	10	9	9	10
E _(i=15)	8	8	10	8	8	8	10	8
E _(i=16)	10	8	7	10	8	8	10	7

Fuente: Elaboración propia (2020)

B. Valores de los rangos de puntaje ligados

Expertos (i)	Aspectos (j)							
	A _(j=1)	A _(j=2)	A _(j=3)	A _(j=4)	A _(j=5)	A _(j=6)	A _(j=7)	A _(j=8)
E(i=1)	4,5	3,5	4,33	4,33	3,5	4,33	7	4,5
E(i=2)	4,85	9	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85
E(i=3)	4,2	9	4,2	4,2	8	4,2	4,2	7
E(i=4)	10	9	5,66	5,33	5,33	5,66	5,33	5,66
E(i=5)	4	5	4	4	4	9	4	5
E(i=6)	7	3,5	3,5	3,5	3,5	7	7	7
E(i=7)	3,8	8	3,8	3,8	3,8	3,8	7,5	7,5
E(i=8)	4	4,5	5,5	4	4	4	4,5	5,5
E(i=9)	9	10	4,3	4,3	6,66	4,3	6,66	6,66
E(i=10)	3,33	3,33	4,66	6	4,66	4,66	3,33	6
E(i=11)	3	4	4	6	3	6	4	6
E(i=12)	4,5	4	5	4	5	4	5	4,5
E(i=13)	4	2,5	2,5	4	4	4	7,5	7,5
E(i=14)	3,8	3,8	3,8	5,6	5,6	3,8	3,8	5,6
E(i=15)	4,3	4,3	5	4,3	4,3	4,3	5	4,3
E(i=16)	4	4,3	5,5	4	4,3	4,3	4	5,5
$\sum Ri$	78,28	87,73	70,60	72,21	74,50	78,20	83,67	93,07
$\sum (Ri)^2$	6127,76	7696,55	4984,36	5214,28	5550,25	6115,24	7000,67	8662,02

Fuente: Elaboración propia (2020)

$$U = \sum(Rij)^2 = 51351,14$$

ANEXO 29

TABLA DE DISTRIBUCIÓN CHI CUADRADO

ν	0,005	0,01	0,025	0,05	0,95	0,975	0,99	0,995
1	0,00003935	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,965
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,878	14,573	16,151	40,113	43,196	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,994
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,335
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Fuente: Tabla de Distribución Chi Cuadrado χ^2 , (s.f.).

http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

ANEXO 30

GUÍA DE ENTREVISTA INICIAL A LOS PROFESORES DEL COLECTIVO DE ASIGNATURA DE CONTROLES PARA PROCESOS EN EL CURSO 2018-20119

Objetivo: Obtener información sobre el nivel de preparación de los profesores para impartir la asignatura de Controles para Procesos en la carrera Ingeniería Química.

- Dominio de las condiciones para modelar procesos dinámicos de control automático
- Dominio de acciones y operaciones para modelar procesos dinámicos de Controles para Procesos.
- Dominio de las leyes que rigen el proceso químico de control de proceso.
- Dominio de la interpretación de las representaciones gráficas.
- Dominio de la aplicación de la modelación de procesos dinámicos de control automático en el software.
- Dominio de la utilización del PHG.
- Cómo tienen diseñado las actividades docentes, qué métodos participativos utilizan, formas de organización de la enseñanza y medios que les permite dar cumplimiento a los objetivos del programa.
- Dominio de los objetivos de la carrera, del perfil profesional, modos de actuación y funciones del profesional.

ANEXO 31

ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES AL INICIAR LA ASIGNATURA

Objetivo: Obtener información para valorar el nivel de partida de los estudiantes y el grupo antes de comenzar la aplicación de la estrategia.

La presente encuesta forma parte del diagnóstico inicial de la asignatura Controles para Procesos en la carrera Ingeniería Química, por lo que necesitamos que responda las preguntas con la mayor sinceridad.

1-¿Te gusta la carrera Ingeniería Química?

Si___ No___ No sé___

2- ¿Tienes algún conocimiento sobre los objetivos de la carrera Ingeniería Química?

Si___ No___ No sé___

3- ¿En qué áreas pudieras desempeñarte una vez graduado de Ingeniero Químico?

4- ¿Tienes conocimiento sobre el modo de actuación y funciones del Ingeniero Químico?

Si___ No___ No sé___

5- ¿Has recibido alguna vez la asignatura de Controles para Procesos?

Si___ No___

a) ¿Considera a la asignatura propia del perfil profesional del Ingeniero Químico?

Si___ No___

6- ¿Cuáles son los pasos que sigues para modelar procesos dinámicos de control automático?

7- ¿Has trabajado alguna vez con algún software que te permita modelar?

Si___ No___ No sé___

8- ¿Cuáles son tus expectativas con esta asignatura?

9-Valora la importancia que le atribuyes a la asignatura Controles para Procesos en tu formación profesional. Marca un valor de 1 al 10 según el nivel de importancia que le atribuyes.

__1__2__3__4__5__6__7__8__9__10

10-Valora la importancia que le atribuyes a la automatización de los procesos en la industria actual.

Marca un valor de 1 al 10 según el nivel de importancia que le atribuyes.

__1__2__3__4__5__6__7__8__9__10

ANEXO 32

ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES EN EL PRIMER CORTE DIAGNÓSTICO

Objetivo: Obtener información para valorar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático para la asignatura de Controles para Procesos en el primer corte diagnóstico de la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

1- Valora la importancia que le atribuyes a la asignatura Controles para Procesos en tu formación profesional. Marca un valor de 1 al 10 según el nivel de importancia que le atribuyes.

__1__2__3__4__5__6__7__8__9__10

2- ¿Diga cómo usted procesa la información para hallar la función transferencial en la modelación de procesos dinámicos de control automático?

3- Con las acciones que se relacionan a continuación, conforme el orden que Ud. sigue cuando modela procesos dinámicos de un sistema de control.

Determinar las variables de interés

Determinar los datos.

Plantear las Ecuaciones Diferenciales del sistema en la que se relacionan las señales de entrada y de salida $f(t)$.

Analizar el sistema real.

Interpretar los resultados obtenidos.

Aplicar la Transformada Inversa de Laplace a la señal de salida $Y(s)$ para obtener la función en el tiempo $f(t)$.

Organizar la Función Transferencial del sistema.

Aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.

Establecer una definición clara de los objetivos.

Linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario.

Representar gráficamente la función en el tiempo $f(t)$.

4- Mencione los aspectos que usted tienen en cuenta para la toma de decisión, a partir de la solución.

5- Con los conocimientos que posees de la asignatura de Controles para Procesos. ¿Puedes tomar decisiones con seguridad y confianza para aplicar la modelación de procesos dinámicos de control automático como futuro profesional? Escoge el nivel de confianza en un valor de 1 al 10 según el nivel de importancia que le atribuyes.

 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6- ¿Por qué estudias la carrera Ingeniería Química? ¿Cuáles son tus proyecciones una vez graduado?

7- Mencione las funciones que usted cree que puede tener un Ingeniero Químico en la entidad de producción donde trabaje.

8- ¿Cuáles son tus expectativas con esta asignatura?

ANEXO 33

ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES EN EL SEGUNDO CORTE DIAGNÓSTICO

Objetivo: Obtener información para valorar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático para la asignatura de Controles para Procesos en el segundo corte diagnóstico de la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

1- Valora la importancia que le atribuyes a la asignatura Controles para Procesos en tu formación profesional. Marca un valor de 1 al 10, según el nivel de importancia que le atribuyes.

__1__2__3__4__5__6__7__8__9__10

2- Diga si aplica software para modelar procesos dinámicos de control automático.

3- Con las acciones que se relacionan a continuación, conforme el orden que Ud. sigue cuando modela procesos dinámicos en un sistema de control.

Determinar las variables de interés

Determinar los datos.

Plantear las Ecuaciones Diferenciales del sistema en la que se relacionan las señales de entrada y de salida $f(t)$.

Analizar el sistema real.

Interpretar los resultados obtenidos.

Aplicar la Transformada Inversa de Laplace a la señal de salida $Y(s)$ para obtener la función en el tiempo $f(t)$.

Organizar la Función Transferencial del sistema.

Aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.

Establecer una definición clara de los objetivos.

Linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario.

Representar gráficamente la función en el tiempo $f(t)$.

4- Mencione los aspectos que usted tienen en cuenta para la toma de decisión, a partir de la solución.

5- Con los conocimientos que posees de Controles para Procesos ¿Puedes tomar decisiones con seguridad y confianza para aplicar la modelación de procesos dinámicos de control automático como futuro profesional? Escoge el nivel de confianza en un valor de 1 al 10.

 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6- ¿Por qué estudias la carrera Ingeniería Química? ¿Cuáles son tus proyecciones una vez graduado?

7- Mencione las funciones que usted cree que puede tener un Ingeniero Químico en la entidad de producción donde trabaje.

8- ¿Cuáles son tus expectativas con esta asignatura?

9- ¿Cuáles ventajas Ud. considera que posee la aplicación de software para modelar procesos dinámicos de control automático?

ANEXO 34

ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES EN EL TERCER Y CUARTO CORTES DIAGNÓSTICO

Objetivo: Obtener información para valorar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático para la asignatura de Controles para Procesos en el tercer y cuarto cortes diagnóstico de la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

1- Valora la importancia que le atribuyes a la asignatura Controles para Procesos en tu formación profesional. Marca un valor de 1 al 10, según el nivel de importancia que le atribuyes.

 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2- Con las acciones que se relacionan a continuación, conforme el orden que Ud. sigue cuando modela procesos dinámicos de un sistema de control.

Determinar las variables de interés

Determinar los datos.

Plantear las Ecuaciones Diferenciales del sistema en la que se relacionan las señales de entrada y de salida $f(t)$.

Analizar el sistema real.

Interpretar los resultados obtenidos.

Aplicar la Transformada Inversa de Laplace a la señal de salida $Y(s)$ para obtener la función en el tiempo $f(t)$.

Organizar la Función Transferencial del sistema.

Aplicar la transformada de Laplace a la Ecuación Diferencial.

Establecer una definición clara de los objetivos.

Linealizar las Ecuaciones Diferenciales si es necesario.

Representar gráficamente la función en el tiempo $f(t)$.

3- Mencione los controladores que Ud. conoce.

4- Menciones los diferentes métodos de controles avanzados que Ud. conoce.

5- Con los conocimientos que posees de Controles para Procesos. ¿Puedes tomar decisiones con seguridad y confianza para aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura modelación de procesos dinámicos de control automático como futuro profesional? Escoge el nivel de confianza en un valor de 1 al 10

 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6- ¿Cuáles son tus expectativas con esta asignatura?

6- ¿Ud. se ve ejerciendo su profesión aplicando los conocimientos de la asignatura Controles para Procesos?

9- ¿Se ve Ud. desde su profesión utilizando software para modelar procesos dinámicos de control automático?

ANEXO 35

GUÍA DE ENTREVISTA A PROFESORES PARA LOS CUATRO CORTES DIAGNÓSTICOS

Objetivo: Obtener información para valorar el desarrollo de la solución de problemas de

Controles para Procesos durante la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

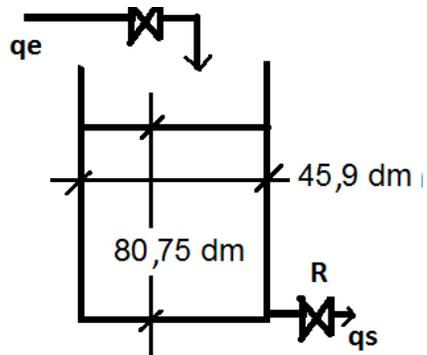
- Dominio de las condiciones para modelar procesos dinámicos de control automático
- Dominio de la aplicación de la modelación de procesos dinámicos de control automático en el software.
- Dominio de acciones y operaciones para modelar procesos dinámicos de Controles para Procesos
- Dominio de las señales de prueba.
- Dominio de las leyes que rigen el proceso químico de control de proceso.
- Dominio de la interpretación de las representaciones gráficas.
- Dominio de las leyes que describen los controladores.
- Dominio de los objetivos de la carrera, del perfil profesional, modos de actuación y funciones del profesional.

ANEXO 36

PRUEBA PEDAGÓGICA A LOS ESTUDIANTES EN EL PRIMER CORTE DIAGNÓSTICOS

Objetivo: Comprobar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático de Controles para Procesos durante la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

El sistema hidráulico dinámico con autorregulación parcial mostrado en la figura, posee un flujo turbulento con un caudal de entrada de 16,83 L/min. La válvula de salida mantiene una apertura constante mientras que a la válvula de entrada es estimulada, disminuyendo su caudal instantáneamente a 1,53 L/min. Grafique la altura final al transcurrir 402 s.

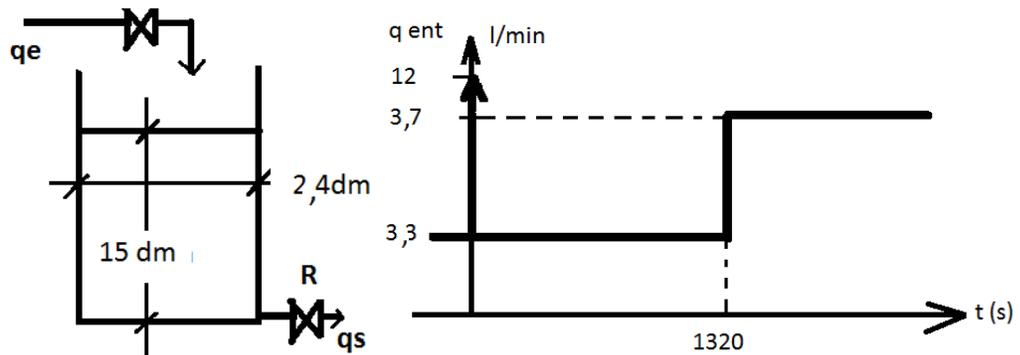


ANEXO 37

PRUEBA PEDAGÓGICA A LOS ESTUDIANTES EN EL SEGUNDO CORTE DIAGNÓSTICO

Objetivo: Comprobar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático de Controles para Procesos durante la aplicación práctica de la estrategia didáctica.

El sistema hidráulico dinámico mostrado posee autorregulación parcial, con un flujo turbulento. La válvula de salida mantiene una apertura constante. El caudal de entrada del sistema se refleja en el reporte del SCADA. Represente gráficamente el nivel del sistema hasta que trascorra 1323 s.



ANEXO 38

PRUEBA PEDAGÓGICA A LOS ESTUDIANTES EN EL TERCER CORTE DIAGNÓSTICO

Objetivo: Comprobar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control

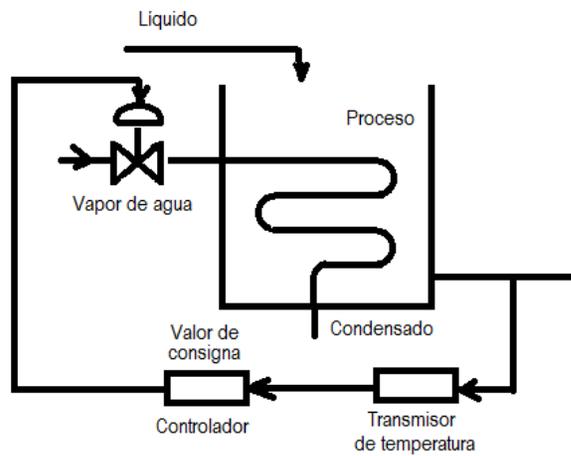
Determina el valor de la señal de salida de un controlador neumático con acción proporcional integral trascurrido 2 minutos de haber experimentado el error un aumento de $0,05 \text{ kgf/cm}^2$, en forma de paso de escalón. El valor de la presión es de $0,6 \text{ kgf/cm}^2$ y el de la presión de salida del controlador en estado nominal es de $0,4 \text{ kgf/cm}^2$. El controlador es de acción inversa con $BP= 50 \%$ y el tiempo de integración de 0,5 minutos.

ANEXO 39

PRUEBA PEDAGÓGICA A LOS ESTUDIANTES EN EL CUARTO CORTE DIAGNÓSTICO

Objetivo: Comprobar el desarrollo de la habilidad modelar procesos dinámicos de control automático de Controles para Procesos.

Determinar la respuesta transitoria de la salida del sistema térmico.



- Para un cambio del valor de consigna de la presión en forma de escalón con magnitud A.
- Para un cambio en la perturbación en forma de escalón con magnitud B.