

**DISEÑO INSTRUCCIONAL DE UN PROGRAMA DE FORMACION
POR COMPETENCIAS PARA LA ASIGNATURA SISTEMAS DE
CONTROL I**

Elaborado por:

EDGAR FABIANNY RAMIREZ MILLAN

Código: 1982237

FREDY OMAR AYALA RIBERO

Código: 1996613

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
BUCARAMANGA**

2007

**DISEÑO INSTRUCCIONAL DE UN PROGRAMA DE FORMACIÓN
POR COMPETENCIAS PARA LA ASIGNATURA SISTEMAS DE
CONTROL I**

Elaborado por:

EDGAR FABIANNY RAMÍREZ MILLÁN

Código: 1982237

FREDY OMAR AYALA RIBERO

Código: 1996613

**Este proyecto es presentado como requisito para optar
al título de Ingeniería Electrónica**

Director

DR. RODOLFO VILLAMIZAR

Codirector

MPE. WILSON GIRALDO PICÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado al Ser creador y director del universo, por permitirme llegar hasta esta instancia de mi vida.

A mis padres, Edgar Manuel y Carmen Rosa, por su amor y apoyo incondicional, por ser mis primeros maestros.

A mis hermanos, Luis Carlos, Elizabeth Liliana y Manuel Fernando, quienes me han ofrecido su cariño y respeto.

A mi tío Marco Antonio Ramírez Gutiérrez, mi hermano mayor.

A mis demás familiares, pues en ellos siempre he encontrado una voz de aliento, mucho respeto y preocupación por el bienestar de toda la familia.

A todos mis amigos y personas allegadas, pues han contribuido de muchas formas a la culminación de esta etapa en mi vida.

Edgar.

Señor en tus manos me cobijo.

Quiero dedicar este proyecto a mis padres Cecilia Ribero y José Benito Ayala, que me motivaron y me apoyaron desde el principio hasta el fin. Agradezco y dedico también este proyecto a mi esposa Andrea que me dio su apoyo sentimental para mi realización personal y profesional; y por supuesto agradezco a mi compañero de proyecto Edgar que gracias a su entusiasmo y dedicación se llevó a cabo satisfactoriamente este proyecto.

Fredy.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A **Rodolfo Villamizar Mejía**, Doctor en Tecnologías de la Información, director de este trabajo de grado, cuyos aportes, interés y calidad humana contribuyeron al desarrollo satisfactorio del mismo.

A **Wilson Giraldo Picón**, Magíster en Potencia Eléctrica, codirector de este proyecto, por su orientación oportuna, su apoyo constante, sus invaluable aportes y su buen sentido del humor.

A nuestros profesores de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, quienes siempre se esforzaron por brindarnos una educación integral.

A nuestros amigos de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Joel Floréz, Juan Carlos Niño, Gabriel Araque, Gerson Ramírez, Alonso Castellanos, Alexis Sanabría, Julian Cristiano y Yolanda Garcés ,por su sinceridad, su respeto y apoyo incondicional durante nuestro proceso de formación.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO INSTRUCCIONAL DE UN PROGRAMA DE FORMACIÓN POR COMPETENCIAS PARA LA ASIGNATURA SISTEMAS DE CONTROL I*

Autores: Edgar Fabianny Ramírez Millán – Fredy Omar Ayala Ribero **

Palabras Claves: Diseño Instruccional, Planeación Curricular, Contenidos Procedimentales, Análisis Funcional, TIC, Módulos de Formación, Diagrama Secuencial de Contenidos, Unidades de Aprendizaje.

DESCRIPCIÓN:

Actualmente la educación colombiana desarrolla nuevas estrategias bajo la visión de competencias con el fin de mejorar la calidad, cobertura y eficiencia del sector. Como ejemplos de dichas estrategias podemos citar la prueba ECAES y el sistema de formación para trabajo del SENA.

En la Universidad Industrial de Santander se han elaborado diseños curriculares basados en competencias, como ejemplo se tiene el proyecto de grado “Estrategias docentes que favorecen el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias profesionales de la asignatura de Finanzas concepto específico: presupuesto de efectivo” [1]. Con respecto al desarrollo de objetos de aprendizaje, se está trabajando en las asignaturas de Estadística I, Análisis Numérico e Inteligencia Artificial.

En la escuela de Ingenierías Eléctrica y Electrónica se ha elaborado una propuesta metodológica para diseños curriculares bajo la visión de competencias [4], y con base en ella se han desarrollado los diseños curriculares de asignaturas como Mediciones Eléctricas [5] y Tratamiento de Señales [6]. Además se están elaborando los objetos de aprendizaje de la asignatura Tratamiento de Señales.

El desarrollo del diseño Instruccional en este proyecto de grado se realiza con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje de los alumnos que cursan la asignatura sistemas de control I, mediante la aplicación de los estilos de enseñanza - aprendizaje de Felder – Silverman [7] y las TIC, orientando al docente en uso de las estrategias de enseñanza aprendizaje para los diversos módulos de formación expuestos en el contenido de la asignatura.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisícomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
Trabajo dirigido por el profesor Rodolfo Villamizar Mejía, Doctor en Tecnologías de la Información.

SUMMARY

TITLE: INSTRUCTIONAL DESIGN FOR TRAINING PROGRAM FROM A COMPETENCES POINT OF VIEW FOR CONTROL SYSTEMS I COURSE *

Authors: Edgar Fabianny Ramírez Millán – Fredy Omar Ayala Ribero **

Keywords: Instructional Design, Curriculum planning, Procedimental Contents, Conceptual Contents, Information and Communication Technologies ICT, Training Modules, Sequential Contents Chart, Learning Units.

SUMMARY:

Colombian educational system is developing new strategies according to the competences point of view to improve its quality, coverage and efficiency. Some examples are ECAES's test and SENA's laboral training system.

At Industrial University of Santander, curriculum designs have been developed based on laboral competences, one example is the final graduation word "Teaching strategies to improve significant learning and development of professional competences for the Finance course, specific concept: cash budget "[1]. With respect to the development of learning objects, the courses of Statistics I, Numerical Analysis and Artificial Intelligence can be cited as reference.

The Electrical and Electronic Engineering School has developed a methodological proposal for curriculum design under the competences point of view [4], and based on the above proposal, curriculum designs for courses as Electrical measurements [5] and Signal Processing [6] have been developed. On the other hand, Learning objects for the courses Treatment of signals and Means of transmission have been developed.

In this project, instructional design is developed in order to improve the learning process on the Control systems I course. Felder - Silverman learning and teaching styles [7] and ICT are used to guide teachers to use teaching and learning strategies for the training modules described in the content of the course.

* Final Graduation word

** Physical – mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronic and Telecommunications School.
Advisor: Rodolfo Villamizar Mejía, Doctor of Information Technologies.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO CONCEPTUAL	16
1.1 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑOS CURRICULARES BAJO LA VISIÓN DE COMPETENCIAS [4].....	16
1.1.1 EL ANÁLISIS FUNCIONAL	16
PRINCIPIOS DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FUNCIONAL.....	16
1.1.2 APLICACIÓN DE LA PROPUESTA AL DISEÑO CURRICULAR DE ASIGNATURAS	17
1.2 ESTILOS DE APRENDIZAJE y ENSEÑANZA EN INGENIERIA DE FELDER – SILVERMAN [7]	22
1.2.1 Aprendices sensitivos e intuitivos.....	25
1.2.2 Aprendices visuales y verbales.....	26
1.2.3 Aprendices activos y reflexivos	27
1.2.4 Aprendices secuenciales y globales.....	29
1.3 PROSPETIC [42]	32
1.4 OBJETOS DE APRENDIZAJE [37, 40].....	32
1.4.1 DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE [37].....	33
1.4.2 EL ESTÁNDAR SCORM [38-40].....	33
2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	35
2.1 ANÁLISIS DE CONTENIDOS TEMÁTICOS GENERALES.....	35
2.2 PLANTEAMIENTO DE LOS SABERES.....	37
2.3 ESTABLECIMIENTO DE LA RELACIÓN PROPÓSITOS – CONTENIDOS.....	38
2.4 ESTRUCTURACIÓN MODULAR.....	39
2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE	39
2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE.....	40
2.7 IDENTIFICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE FORMACIÓN	40
2.8 PLANEACIÓN CURRICULAR	42
3 OBJETO DE APRENDIZAJE.....	47
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1 CONCLUSIONES	54
4.2 RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases del proyecto Institucional ProspeTIC	32
Figura 2. Relaciones observables en el diagrama secuencial de contenidos.....	36
Figura 3. Relaciones observables en el diagrama secuencial de contenidos.....	36
Figura 4. Tabla de saberes.....	37
Figura 5. Establecimiento de la relación propósitos - contenidos.....	38
Figura 6. Actividades de enseñanza – aprendizaje.....	40
Figura 7. Unidades de aprendizaje	41
Figura 8. Módulos de formación.....	42
Figura 9. Planeación curricular de actividades	43
Figura 10. Estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje	44
Figura 11. Evidencias de aprendizaje.....	45
Figura 12. Técnicas e instrumentos de evaluación.....	46
Figura 13. Planeación curricular de unidades de aprendizaje	46
Figura 14. Estructura general plantilla CENTIC.....	48
Figura 15. Menú principal.....	48
Figura 16. Barra de herramientas	50
Figura 17. Presentación de la actividad “Diseño de sistemas de control” y sus enlaces	50
Figura 18. Presentación de los contenidos temáticos.....	51
Figura 19. Opciones para los ejemplos de diseño de compensadores	52
Figura 20. Entorno de simulación para los ejemplos de diseño	53

LISTA DE ANEXOS

<u>ANEXO A. DIAGRAMA SECUENCIAL DE CONTENIDOS</u>	63
<u>ANEXO B. TABLA DE SABERES</u>	66
<u>ANEXO C. RELACIÓN PROPÓSITOS CONTENIDOS</u>	78
<u>ANEXO D. ACTIVIDADES DE FORMACIÓN</u>	103
<u>ANEXO E. UNIDADES DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA</u>	130
<u>ANEXO F. MÓDULOS DE FORMACIÓN DE LA ASIGNATURA</u>	133
<u>ANEXO G. PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN</u>	137
<u>ANEXO H. PLANEACIÓN DE LAS UNIDADES DE FORMACIÓN</u>	180
<u>ANEXO I. MATERIAL BASE DEL OBJETO DE APRENDIZAJE</u>	186

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la educación, a cualquier nivel, es la formación integral del estudiante, con el fin de que pueda aportar su conocimiento y su calidad humana a la sociedad. El proceso de formación académica implica no solo la memorización de la información, sino también la comprensión, análisis y aplicación de esta.

Con el fin de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, en la educación actual se está implementando una adaptación del sistema de competencias utilizado en el medio laboral. Con un sistema educativo bajo la visión de competencias, lo que se busca es una integración entre los conocimientos, procedimientos y actitudes del estudiante.

Esta propuesta, está en concordancia con las pautas establecidas en el contexto general de la educación Colombiana, orientado a mejorar la calidad, cobertura y eficiencia del sector. Adicionalmente coincide plenamente con el proyecto educativo de la Universidad Industrial de Santander, que ha emprendido la transformación de su modelo Institucional con base en el Acuerdo No. 015 del 2000. Dicho acuerdo establece la reforma de los programas académicos de tal manera que los planes de las asignaturas constituyan un currículo de formación integral, y plantea el desarrollo de nuevas metodologías pedagógicas en pro de la formación integral y la vigencia social de los *saberes, actitudes y prácticas* construidas en el estudiantado.

A nivel de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, en favor de la mejora de los programas académicos, se han planteado propuestas metodológicas con ámbitos educativos y un diseño instruccional adecuado para cada asignatura. Entre estas propuestas se encuentra la tesis de grado “Propuesta Pedagógica para la asignatura de Control I (Sistemas de Control Analógico) basada en el estudio de competencias” [41], la cual tuvo como objetivo desarrollar una propuesta pedagógica para la asignatura Sistemas de Control I basada en un análisis por competencias en el campo laboral.

El proyecto ProspeTIC de la Universidad Industrial de Santander pretende, como se expone en “Uso de tecnologías de información y comunicación en los procesos educativos de la Universidad Industrial de Santander” [8]: “Integrar las Tecnologías de la Información y Comunicación en los procesos de aprendizaje centrados en el estudiante, mediante el desarrollo de modelos pedagógicos apropiados, con el fin de fortalecer la cultura del aprendizaje permanente, diversificar estrategias pedagógicas, implementar sistemas evaluativos eficaces e interactuar en la sociedad global de conocimiento”.

Las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) principalmente las tecnologías audiovisual, informática, telemática y multimedia, permiten reconsiderar y potenciar estos sistemas de enseñanza virtuales. Las instituciones que ofrecen formación presencial están comenzando a utilizar las nuevas tecnologías como recurso didáctico y como herramienta para flexibilizar los entornos de enseñanza/aprendizaje. El éxito del aprendizaje en línea radica en la forma como se hayan estructurado los objetos de aprendizaje teniendo en cuenta el perfil del estudiante en acción, así como la plataforma y los recursos informáticos puestos a disposición para el acceso al conocimiento. Se denomina objeto de aprendizaje a cualquier recurso que pueda apoyar el proceso de aprendizaje mediado por alguna tecnología que posibilite su reutilización, interoperabilidad, accesibilidad y duración en el tiempo.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE DISEÑOS CURRICULARES BAJO LA VISIÓN DE COMPETENCIAS [4]

1.1.1 EL ANÁLISIS FUNCIONAL

El referente metodológico utilizado es la adaptación del análisis funcional al contexto educativo.

PRINCIPIOS DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FUNCIONAL

- Aplicar de lo general a lo particular: Se parte de los contenidos temáticos (básicos, genéricos y específicos) seleccionados mediante el análisis de programas anteriores, literatura existente por parte del docente, expertos pedagogos y expertos en la metodología de la planeación del diseño curricular. Con esto se pretende delimitar el área de estudio de la asignatura y hacer la primera estructuración y selección de contenidos.
- Identificar acciones delimitadas manteniendo la separación de contextos específicos: Para los contenidos generales, se descomponen en contenidos desagregados ó saberes (saber, hacer y ser), los cuales definen unos propósitos y unos alcances precisos, con base en el contexto de la asignatura y el programa de formación general. Cada saber sigue la estructura VERBO+OBJETO+CONDICIÓN.
- Mantener la relación causa-consecuencia: La suma de los haceres da como resultado el propósito origen ó el propósito se sustenta en los saberes.

1.1.2 APLICACIÓN DE LA PROPUESTA AL DISEÑO CURRICULAR DE ASIGNATURAS

1.1.2.1 CONFORMACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo está compuesto por un experto metodológico, expertos docentes y desarrolladores. Los desarrolladores interactúan con el docente y el producto del trabajo es presentado al experto metodológico para su revisión.

1.1.2.2 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A. Análisis y selección de contenidos temáticos generales

Se toman todos los recursos bibliográficos relacionados con la asignatura, se seleccionan y estructuran de manera secuencial representándolos en un DIAGRAMA SECUENCIAL DE CONTENIDOS.

El propósito es definir el área y la estructura de los contenidos generales de la asignatura organizándolos secuencialmente.

El resultado de esta etapa es el diagrama secuencial de contenidos, el cual se caracteriza por representar gráficamente el entorno de la asignatura, identificar los contenidos seleccionados y las relaciones entre estos (secuencialidad, causa-consecuencia, desagregación, dependencia, transversalidad).

B. Planteamiento de los saberes

Con referencia en el diagrama secuencial de contenidos se obtienen los saberes (saber, hacer y ser) para los contenidos temáticos. Los saberes son las acciones puntuales de aprendizaje que se quieren desarrollar en el estudiante. El saber se relaciona con hechos, principios y teorías del conocimiento; el hacer esta relacionado con los procedimientos, técnicas, métodos, habilidades y destrezas necesarias; y el ser, son las actitudes del estudiante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La agrupación de los saberes conforma la TABLA DE LOS SABERES.

El propósito de esta etapa es la identificación de los saberes (competencias) para los contenidos temáticos, los cuales se caracterizan por ser realizables por un estudiante. El resultado de esta etapa es la TABLA DE SABERES.

C. Establecimiento de la relación propósitos-contenidos

Los saberes se agrupan con base en afinidades establecidas (temática, pedagógica, área del conocimiento, etc.) permitiendo enunciar propósitos que orientaran la actividad de formación. De esta manera, se obtiene una relación horizontal donde se enuncian los propósitos de la asignatura junto con los saberes asociados (relación causa-consecuencia entre saber y hacer). El principio básico en esta etapa es que los saberes asociados permitan el alcance del propósito definido.

El resultado de esta etapa son los propósitos de la asignatura, los cuales son el primer elemento del currículo y determinan el ¿para qué? del proceso de enseñanza-aprendizaje.

D. Estructuración modular

La estructura modular se logra agrupando los propósitos (con sus saberes asociados) según las afinidades definidas, dividiendo la asignatura en bloques para el proceso de enseñanza-aprendizaje, los cuales siguen un nivel jerárquico. En esta propuesta los niveles de estructuración son tres: actividades de enseñanza-aprendizaje, unidades de enseñanza-aprendizaje y módulos de formación.

Las actividades de enseñanza-aprendizaje son conjuntos de propósitos en torno a un contenido general que pueden ser realizados individualmente por el estudiante. Dichas actividades se pueden clasificar en básicas (actividades pedagógicas mínimas para la estructuración de conocimientos, habilidades, destrezas y valores), genéricas (representan el saber, hacer y ser para cumplir los requerimientos de formación) y específicas (actividades que complementan el referente de los contenidos).

Las unidades de aprendizaje son conjuntos de actividades de enseñanza-aprendizaje definidos por las afinidades establecidas. Pueden clasificarse en: unidades obligatorias (base de la asignatura), opcionales (actividades genéricas que forman el enfoque dado a la asignatura), y específicas (profundizan el enfoque de la asignatura).

Los módulos de formación son conjuntos de unidades de aprendizaje. Se caracterizan por ser independientes entre si al igual que las unidades que lo conforman. Son elementos que reúnen conceptos, procedimientos, capacidades y habilidades que deben desarrollarse alrededor de un tema. Pueden clasificarse en básicos, genéricos y específicos.

Los propósitos de esta etapa son:

- Enunciar e identificar las actividades de enseñanza-aprendizaje que desarrollara el estudiante individualmente.
 - Identificar las unidades de aprendizaje de la asignatura.
 - Identificar los módulos de formación de la asignatura.
 - Mantener la relación causa-consecuencia módulos-unidades-actividades-propósitos y saberes.
- Los resultados de esta etapa son: la identificación de actividades de enseñanza-aprendizaje, la identificación de unidades de aprendizaje, y la identificación de los módulos de formación.

E. Planeación curricular

La planeación permite observar la asignatura como un todo y sus partes, proporcionando los instrumentos para llevar a cabo los propósitos de la asignatura. Esta etapa incluye la metodología de enseñanza-aprendizaje, los medios y recursos educativos, y el proceso de evaluación. La planeación es el sustento para la toma de decisiones docentes con respecto al desarrollo de la asignatura y es guía para los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

La planeación desarrollada en esta propuesta es una guía para el diseño curricular y no un estándar para el desarrollo de actividades de enseñanza-aprendizaje, en las cuales se concentran la gran parte de la planeación; pues su intención no es proporcionar soluciones únicas sino tratar de abarcar estratégicamente todas las respuestas.

La planeación esta conformada por los siguientes elementos:

- Criterios. Corresponden a los objetivos y/o los propósitos de la actividad de enseñanza-aprendizaje, representando el alcance de la planeación que se desarrolle para cada actividad. Los criterios son el enfoque y orientación de los elementos de planeación. Estos se estructuran a partir de los propósitos trazados en la tercera etapa de la metodología.
- Contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Son las acciones individuales que corresponden a la actividad de enseñanza-aprendizaje y se especifican a partir de los criterios definidos. Los contenidos y los criterios deben mantener una relación causa-consecuencia y la secuenciación lógica entre si mismos. Dichos contenidos son equivalentes a saber, hacer y ser, respectivamente. Para el caso de los contenidos actitudinales (saber ser) se realiza una revisión

y ajuste, para complementar la lista con las actitudes propias dadas por la estructura modular identificada.

- Estrategias y técnicas de enseñanza-aprendizaje. El principal fundamento para la selección de las estrategias y técnicas de enseñanza-aprendizaje es la consecución de criterios y la facilidad para la interpretación de los contenidos. Por esto se plantean técnicas y estrategias a los contenidos asociados a cada criterio. Para su selección también se tienen en cuenta criterios pedagógicos, principios metodológicos y el acuerdo del equipo de trabajo.
En el momento de estudiar y analizar las estrategias y técnicas de enseñanza-aprendizaje más convenientes para los contenidos hay que retomar el diagrama secuencial para observar la secuencialidad, la relación causa-consecuencia, la estructura modular desarrollada para tener en cuenta el entorno cercano, las definiciones y formas de desarrollo de las estrategias y técnicas, y el tipo de contenido en análisis.

Las estrategias y técnicas seleccionadas deben relacionarse explícitamente para reconocer fácilmente su afinidad.

- Evidencias de aprendizaje. Son las acciones demostrables que debe realizar el estudiante para corroborar ante sí mismo y ante el proceso de enseñanza, el aprendizaje de los diferentes contenidos. Las evidencias en esta propuesta son de tres clases:
 - ✓ Evidencias de conocimiento. Son las concernientes al conocimiento y comprensión, necesarios para cumplir con el criterio y el aprendizaje del contenido. Hacen referencia a lo que se sabe con respecto a los contenidos.
 - ✓ Evidencias de desempeño. Hacen referencia a las técnicas y procedimientos desarrollados por el estudiante para la concreción de un aprendizaje respecto a los contenidos temáticos. Se relacionan con la observación o demostración, tangible e intangible, del proceso de ejecución de un aprendizaje. Denotan como se hace la demostración del aprendizaje de los contenidos.
 - ✓ Evidencias de producto. Son los resultados tangibles de un proceso y proveen la evidencia de que la acción solicitada se realizó. Este tipo de evidencia mezcla los requerimientos de conocimientos y comprensión con los de técnicas y procedimientos, sirviendo como apoyo a las dos anteriores.

Es recomendable que las evidencias sean complementarias y como mínimo usar dos con el fin de una demostración completa del aprendizaje. La generación de evidencias se realiza teniendo en cuenta el tipo de contenido, para los contenidos conceptuales son más apropiadas las evidencias de conocimiento mientras que para los contenidos procedimentales son más apropiadas las evidencias de desempeño y de producto.

- Técnicas e instrumentos de evaluación. Ya establecidas las evidencias que demostrarán los alcances de aprendizaje del estudiante, se deben recolectar dichas evidencias mediante técnicas e instrumentos de evaluación. Para cada técnica existen instrumentos mas afines a sus características. Para seleccionar las técnicas e instrumentos de evaluación mas adecuadas para los contenidos de cada criterio se debe tener en cuenta el tipo de contenido, al alcance del criterio, el entorno de la asignatura, la relación de criterios y contenidos, la estructura modular, el tipo de evidencia que se desea recolectar, y las definiciones y características de las técnicas e instrumentos.
- Duración. Los docentes son los que tienen más experiencia para determinar el tiempo de cada actividad, con base en las estrategias y técnicas utilizadas, técnicas e instrumentos de evaluación y la complejidad de la actividad.
- Recursos, medios y escenarios. Se describen e identifican para las unidades de aprendizaje. La identificación de estos se realiza mediante el análisis de las necesidades y/o requerimientos de cada las actividades que forman la unidad, teniendo en cuenta las técnicas de enseñanza aprendizaje, las técnicas e instrumentos de evaluación, la existencia y disponibilidad, y la experiencia del docente en el uso de estos elementos.
- Perfil docente. Bajo concertación del equipo de trabajo, las características que incluyen el perfil docente son sus actitudes, preparación, capacitación y la formación para el desarrollo de la asignatura.

1.2 ESTILOS DE APRENDIZAJE y ENSEÑANZA EN INGENIERIA DE FELDER – SILVERMAN [7]

Los estudiantes aprenden de muchas maneras: por visión y audición; reflexionando y actuando, razonando lógicamente e intuitivamente; memorizando y visualizando y dibujando analogías y desarrollando modelos matemáticos; regularmente y a tropezones.

Los métodos de enseñanza también varían. Algunos instructores dicen en una conferencia, otros demuestran o hablan; algunos se enfocan sobre los principios y otros sobre las aplicaciones; algunos enfatizan sobre la memoria y los otros sobre la comprensión. Cuánto aprende en una clase un estudiante en particular depende en parte de su habilidad natural y los preparativos previos de ese estudiante, pero también por la compatibilidad de su estilo de aprendizaje y el estilo de enseñanza del instructor.

Los emparejamientos equivocados existen entre estilos comunes de aprendizaje de estudiantes de ingeniería y estilos de enseñanza tradicionales de catedráticos de ingeniería. Como consecuencia de esto, los estudiantes pierden el interés en la asignatura, obtienen malas calificaciones en las pruebas, y en algunos casos cambian a otros planes de estudio ó dejan la universidad.

El aprendizaje desde un punto de vista estructurado puede ser concebido como un proceso de dos pasos, involucrando la recepción y el procesamiento de la información. En el paso de recepción, la información externa (observable a través de los sentidos) y la información interna (que surge introspectivamente) se tornan asequibles a los estudiantes, que seleccionan el material que procesarán y hacen caso omiso del resto. El paso de procesamiento podría involucrar la memorización simple ó el razonamiento inductivo ó deductivo, la reflexión ó la acción, y la introspección ó la interacción con otros. El resultado es que el material es "aprendido" en una forma u otra, ó no es aprendido.

Un modelo de estilos de aprendizaje clasifica a estudiantes de acuerdo con las maneras en que reciben y procesan la información. El modelo de Felder y Silverman, caracterizado por ser particularmente aplicable a la educación de ingeniería, contempla cuatro dimensiones, en las cuales se clasifica el estudiante, dependiendo de la forma como percibe, ingresa, procesa, y estructura la información para su aprendizaje. Adicionalmente, también hace una propuesta de la dimensión de los estilos de enseñanza más apropiada para cada dimensión de los estilos de aprendizaje, como se observa en la Tabla 1. La dimensión del estilo de enseñanza Activo/Pasivo no coincide exactamente con la dimensión de estilo de aprendizaje Activo/Reflexivo, debido a que lo contrario de activo es pasivo, y no reflexivo, pero este planteamiento se hace con base en la participación del estudiante.

Las dimensiones de estilo de aprendizaje propuestas no son ni originales ni comprensivas. Por ejemplo, la dimensión - sensación/ intuición - es una de cuatro dimensiones de un modelo conocido sobre la base de la teoría de los tipos psicológicos de Jung [9,10], y la dimensión - activo / reflexivo - es un componente de un modelo de estilo de aprendizaje desarrollado por Kolb [11]. Entonces, según las dimensiones de los estilos de aprendizaje planteadas por Felder – Silverman, existen $16(2^4)$ estilos de aprendizaje, (uno, por ejemplo, es el estilo sensorial / verbal / activo / secuencial). Esto podría constituirse en una tarea ardua para el docente a la hora de tratar de complacer 16 estilos diversos en una clase en particular, por fortuna no es así. Los métodos acostumbrados de la educación de ingeniería abordan cuatro categorías (intuitivo, verbal, reflexivo, y secuencial), y las técnicas de enseñanza eficaces coinciden en parte con las categorías restantes considerablemente. La adición de un número relativamente pequeño de técnicas de enseñanza para el repertorio de un instructor debe ser suficiente para abarcar los estilos de aprendizaje de sus estudiantes.

Tabla 1. Dimensiones de los estilos de aprendizaje y estilos de enseñanza de Felder – Silverman

ESTILO DE APRENDIZAJE PREFERIDO		ESTILO DE ENSEÑANZA CORRESPONDIENTE	
SENSITIVO } INTUITIVO }	PERCEPCION	CONCRETO } ABSTRACTO }	CONTENIDO
VISUAL } VERBAL }	ENTRADA	VISUAL } VERBAL }	PRESENTACION
ACTIVO } REFLEXIVO }	PROCESAMIENTO	ACTIVO } PASIVO }	PARTICIPACION DEL ESTUDIANTE
SECUENCIAL } GLOBAL }	ENTENDIMIENTO	SECUENCIAL } GLOBAL }	PERSPECTIVA

El estilo de aprendizaje de un estudiante puede ser definido en gran medida por las respuestas a cuatro preguntas:

- ✓ Que tipo de información percibe preferencialmente el estudiante: sensorial (externo) - las visiones, sonidos las sensaciones físicas; ó el intuitivo (interno) - las posibilidades, las perspicacias, las corazonadas (presentimientos)?
- ✓ A través de cual canal sensorial se percibe más efectivamente la información externa: visual - fotografías, diagramas, gráficos, las demostraciones; ó verbal - palabras, sonidos? (Otros canales sensoriales - el tacto, el gusto, y el olfato - son relativamente sin importancia en la mayoría de los ambientes educativos y no serán considerados aquí.)
- ✓ Cómo prefiere el estudiante procesar la información: activamente - a través de la confrontación, en la actividad física o la discusión; ó pensativamente - a través de la introspección?
- ✓ Cómo progresa el estudiante hacia el conocimiento: secuencialmente - en pasos constantes, o globalmente - en saltos grandes?

El estilo de enseñanza también puede ser definido en relación con las respuestas a cuatro preguntas:

- ✓ ¿Qué tipo de la información es enfatizado por el instructor: concreto – práctico; ó abstracto - conceptual, teórico?
- ✓ En que modo de la presentación hizo hincapié: visual - fotografías, diagramas, películas, las demostraciones; o verbal -las interpretaciones, las discusiones?
- ✓ Qué modo de participación del estudiante se facilita por la presentación: activa – los estudiantes hablan, se mueven, reflexionan; ó pasiva – los estudiantes miran y escuchan?
- ✓ Qué tipo de perspectiva es proporcionada sobre la información presentada: secuencial – progreso paso a paso, ó global- el contexto y la relevancia?

Ahora se abordan cada una de las dimensiones de los estilos de aprendizaje y se proponen estrategias de enseñanza, con base en las dimensiones de los estilos de enseñanza correspondientes.

1.2.1 Aprendices sensitivos e intuitivos

En su teoría de tipos psicológicos, contenida en [12], Carl Jung presentó la sensación y la intuición como las dos maneras en las que las personas tienden a percibir el mundo. La sensación implica la observación, recogiendo los datos a través de los sentidos; la intuición involucra la percepción indirecta por vía del inconsciente, mediante la especulación, la imaginación, las corazonadas. Todas las personas usan ambas facultades, pero la mayoría prefieren una más que la otra.

Las características de los tipos sensitivo e intuitivo [13] y las maneras diferentes en las que los sensitivos e intuitivos se acercan al aprendizaje [9,10] han sido estudiadas. A los sensitivos les gustan los hechos, los datos, y la experimentación; los intuitivos prefieren los principios y las teorías. A los sensitivos les gusta solucionar los problemas por los métodos usuales y mecánicos; a los intuitivos les gusta la innovación. Los sensitivos son pacientes con el detalle pero no les gusta las complicaciones; los intuitivos se aburren por el detalle y les gusta enfrentar tareas con un buen nivel de dificultad. Los sensitivos son buenos para memorizar los hechos; los intuitivos son buenos en los nuevos conceptos ambiciosos. Los sensitivos son cuidadosos pero tienden a ser lentos; los intuitivos son rápidos pero pueden ser descuidados. Estas características son las tendencias de los dos tipos, no son patrones de comportamiento invariables: cualquier persona, incluso un sensitivo o intuitivo fuerte, podría manifestar señales de cualquier tipo en cualquier ocasión en particular.

Una diferencia importante es que los intuitivos están más cómodos con los símbolos que los sensitivos. Debido a que las palabras son símbolos, convertirlos en lo que representan es natural para los intuitivos y es difícil para los sensitivos. La mayoría de los cursos de ingeniería, diferentes de los laboratorios enfatizan en los conceptos en vez de los hechos y usan principalmente las conferencias y las interpretaciones (las palabras, los símbolos) para transmitir la información, favoreciendo a aprendices intuitivos. Varios estudios muestran que la mayoría de los catedráticos son intuitivos. Por otro lado, la mayoría de los estudiantes de ingeniería son sensitivos [14-16], indicando un emparejamiento seriamente equivocado entre el estilo de aprendizaje y el estilo de enseñanza en la mayoría de los cursos de ingeniería.

Mientras los sensitivos no pueden funcionar tan bien como los intuitivos en la escuela, ambos tipos son capaces de hacer buenos ingenieros y son esenciales para la práctica de la ingeniería. Muchas tareas de ingeniería requieren el conocimiento de entorno, la atención para los detalles, la minuciosidad experimental, y prácticamente esos son los distintivos de sensitivos; muchas otras tareas requieren la creatividad, la habilidad teórica, y el talento en conjeturas inspiradas que caracterizan a los intuitivos.

Cómo enseñar a aprendices tanto sensitivos como intuitivos

Para ser eficaz, la educación de ingeniería debe llegar a ambos tipos, en lugar de dirigirse principalmente a los intuitivos. El material presentado debe ser una mezcla de información concreta (los hechos, los datos los fenómenos observables) y conceptos abstractos (los principios, las teorías, los modelos matemáticos). Por esto, los dos estilos de enseñanza que corresponden a los estilos de aprendizaje sensitivo e intuitivo son concreto y abstracto [13].

Los métodos de enseñanza específicos que abordan eficazmente las necesidades educativas de los sensitivos e intuitivos se presentan más adelante.

1.2.2 Aprendices visuales y verbales

Las maneras en que las personas reciben la información pueden ser divididas en tres categorías, a veces referidas como modalidades: visual, asociada a las fotografías, los diagramas, los símbolos; verbal, referente a los sonidos, palabras; kinestésica, asociada al gusto, el tacto, y el olfato. Un cuerpo extensivo de investigación ha determinado que la mayoría de las personas aprenden más eficazmente con una de las tres modalidades y tienden a olvidar o hacer caso omiso de la información presentada en cualquiera de las otras dos [17-21]. Por lo tanto hay aprendices visuales, verbales, y kinestésicos.

Tanto el aprendizaje visual y verbal tienen que ver con el componente del proceso de aprendizaje en el que la información es percibida, mientras que el aprendizaje kinestésico involucra ambos la percepción de información (tocando, saboreando, oliendo) y el procesamiento de la información (movimiento, narrando, haciendo algo activo mientras aprende). Como se señaló previamente, los aspectos relatados de la percepción del aprendizaje kinestésico no son relevantes para la educación de ingeniería; por lo tanto, solamente se abordarán las modalidades visual y verbal. Los componentes de procesamiento de la modalidad kinestésica son incluidos en la categoría de estilo de aprendizaje activo / reflexivo.

Los aprendices visuales recuerdan mejor lo que ven: fotografías, diagramas, diagramas de flujo, los objetos, las películas, las demostraciones. Si algo sólo se les dice lo olvidarán probablemente. Los aprendices verbales recuerdan gran parte de lo que escuchan, y la mayor cantidad de lo que escuchan y luego dicen. Ellos consiguen mucho fuera de la discusión, prefieren la explicación verbal a la demostración visual, y aprenden eficazmente explicando las cosas a otros.

La mayoría de las personas de nivel universitario y niveles superiores son visuales [17, 22], mientras la mayoría de la enseñanza de la universidad es verbal, la información presentada es predominantemente verbal (dictada en una conferencia) o una representación visual de información auditiva (palabras y símbolos matemáticos escritos en textos y notas, sobre transparencias, o sobre

un tablero). Encontramos un segundo emparejamiento equivocado entre el estilo de aprendizaje y el estilo de enseñanza, entre la modalidad de entrada preferida de la mayoría de los estudiantes y la forma de presentación favorita de la mayoría de los docentes. Sin tener en cuenta la magnitud del desacoplamiento, las presentaciones que usan, tanto las modalidades, visual como verbal, refuerzan el aprendizaje para todos los estudiantes [23, 18, 24, 25]. Un estudio hecho por la compañía petrolera Socony-Vacuum, concluye que los estudiantes retienen el 10 por ciento de lo que leen, 26 por ciento de lo que escuchan, 30 por ciento de lo que ven, 50 por ciento de lo que ven y escuchan, 70 por ciento de lo que dicen y 90 por ciento de lo que ellos dicen y hacen [26].

Cómo enseñar a aprendices tanto visuales como verbales

Pocos instructores de ingeniería tendrían que modificar lo que generalmente hacen mientras presentan la información auditivamente: las conferencias logran esta tarea. Lo que debe ser añadido en general para acomodar a todos estudiantes es ampliar el material visual, con fotografías, diagramas, bosquejos. Diagramas de flujo de proceso, diagramas de red, y diagramas de flujo de información o de lógica, deberían ser usados para ilustrar procesos complejos o algoritmos; las funciones matemáticas deberían ser ilustradas por gráficos; y los videos o las demostraciones en vivo de procesos activos deben ser presentados siempre que sea posible.

1.2.3 Aprendices activos y reflexivos

Los procesos mentales complicados por los que la información percibida es convertida en conocimiento, pueden ser agrupados convenientemente en dos categorías: experimentación activa y observación reflexiva [11]. La experimentación activa supone hacer algo con la información en el mundo externo, hablarlo, explicarlo o probarlo de alguna manera; y la observación reflexiva supone revisar y manipular la información introspectivamente. Un "Aprendiz activo" es alguien que se siente más cómodo con, o es mejor en la experimentación activa que la observación reflexiva, y a la inversa para un aprendiz reflexivo. El aprendiz activo y el aprendiz reflexivo están atentamente relacionados con el extrovertido y el introvertido, respectivamente, del modelo de Jung - Myers - Briggs [10]. El aprendiz activo también tiene mucho en común con el aprendiz de kinestésico de la modalidad y la literatura de la programación neurolingüística [18, 19].

Hay señales de que los ingenieros tienden a ser más activos que reflexivos [25]. Los aprendices activos no aprenden mucho en las situaciones que exigen que ellos sean pasivos (como la mayoría de las conferencias), y los aprendices reflexivos no aprenden mucho en las situaciones que no dan oportunidad de pensar en la información presentada (como la mayoría de las conferencias). Los aprendices activos trabajan en grupos bien; los aprendices reflexivos trabajan mejor solos o con otra

persona más. Los aprendices activos tienden a ser empíricos; los aprendices reflexivos tienden a ser teóricos.

A primera vista parece existir una coincidencia considerable entre aprendices activos y sensitivos, ambos están involucrados en el mundo externo de los fenómenos; y entre aprendices reflexivos e intuitivos, ambos se favorecen del mundo interno de carácter abstracto. Las categorías son independientes, sin embargo. El sensitivo preferencialmente selecciona la información disponible en el mundo externo pero puede procesarlo activamente o reflexivamente, en el último caso postulando las explicaciones o las interpretaciones, haciendo analogías, o formulando modelos. De forma semejante, el intuitivo selecciona la información generada interiormente pero puede procesarlo reflexivamente o activamente, en el último caso poniendo un experimento para probar la idea o probarlo sobre un colega.

"Activo" significa que los estudiantes hacen algo en la clase más allá de sólo escuchar y ver, por ejemplo, discutir, preguntar, argumentar, hacer una tormenta de ideas, o reflexionar. La participación del estudiante activo abarca los procesos de aprendizaje de la experimentación activa y la observación reflexiva. Una clase en la que los estudiantes son siempre pasivos es una clase en la que ni el experimentador activo ni el observador reflexivo pueden aprender eficazmente. Desafortunadamente, la mayoría de las clases de ingeniería se encuentran en esta categoría.

De manera similar a lo que ocurre con las otras dimensiones del estilo de aprendizaje, los aprendices tanto activos como reflexivos se necesitan como ingenieros. Los observadores reflexivos son los teóricos, los modeladores matemáticos, los que puede definir los problemas y proponer las soluciones posibles. Los experimentadores activos son los que valoran las ideas, diseñan y llevan a cabo los experimentos, y encuentra las soluciones que necesitan, son los organizadores, las personas responsables de tomar decisiones.

Cómo enseñar a aprendices tanto activos como reflexivos

Principalmente, el instructor debe alternar las conferencias con las pausas ocasionales para pensar (reflexivo) y una discusión breve o las actividades de solución de problemas (activo), y debe presentar el material que enfatiza tanto en la solución de problemas prácticos (activo) como en el conocimiento fundamental (reflexivo). Una técnica excepcionalmente eficaz para llegar a aprendices activos es permitir que los estudiantes se organicen en grupos de tres o cuatro, y presenten las respuestas colectivas para las preguntas planteadas por el instructor periódicamente. A los grupos se les pueden dar de 30 segundos a cinco minutos, después del cuál las respuestas son expuestas y discutidas durante el tiempo que el instructor desee gastar en el ejercicio. Además de reforzar la idea del curso, tales ejercicios de lluvia de ideas pueden descubrir el material que los estudiantes no

comprenden; proporcionar un ambiente de aula más agradable en relación al conseguido con una conferencia formal; e involucrar incluso a los estudiantes más introvertidos, que nunca podrían participar en una discusión de clase completa. Tal ejercicio constante, nada más que cinco minutos en medio de un período de conferencia puede hacer del período entero una experiencia educativa estimulante y gratificante [35].

1.2.4 Aprendices secuenciales y globales

La mayoría de educación formal involucra la presentación del material en una evolución de manera lógica y ordenada. Cuando el material del curso ha sido cubierto, los estudiantes son evaluados sobre su dominio y luego se trasladan a la próxima etapa. Algunos estudiantes están cómodos con este sistema; aprenden secuencialmente, dominando el material más o menos como es presentado. Otros, sin embargo, no pueden aprender en esta manera. Aprenden a tropezones: pueden atrasarse días o semanas, incapaces de solucionar incluso los problemas más simples o mostrar el conocimiento más rudimentario, hasta que repentinamente lo logran. Pueden comprender el material suficientemente bien y lo aplican a los problemas que dejan a la mayoría de los aprendices secuenciales desconcertados. Éstos son los aprendices globales [34].

Los aprendices secuenciales siguen procesos de razonamiento lineales cuando solucionan los problemas; los aprendices globales hacen los saltos intuitivos y pueden ser incapaces de explicar cómo obtuvieron las soluciones. Los aprendices secuenciales pueden funcionar en el material cuando lo comprenden parcialmente o superficialmente, mientras que los aprendices globales podrían tener gran dificultad haciéndolo así. Los aprendices secuenciales podrían ser diestros en el pensamiento convergente y el análisis; los aprendices globales podrían ser mejores en el pensamiento divergente y la síntesis. Los aprendices secuenciales aprenden mejor cuando es presentado el material en una evolución firme de la complejidad y la dificultad; los aprendices globales hacen más a veces saltando precipitadamente al material más complicado y difícil directamente.

La escuela es a menudo una experiencia difícil para aprendices globales. Debido a que no aprenden en una manera regular o predecible, ellos tienden a sentirse afuera del paso con sus compañeros e incapaces de satisfacer las expectativas de sus profesores. Pueden sentirse estúpidos cuando están luchando por dominar el material con el que la mayoría de sus contemporáneos parecen tener poco problema. Algunos finalmente se desaniman con la educación y abandonan. Sin embargo los aprendices globales son los últimos estudiantes que deberían estar desprovistos de la educación superior y la sociedad. Son los sintetizadores, los investigadores multidisciplinarios, los diseñadores de sistemas, los que ven las conexiones que nadie más ve. Pueden ser realmente ingenieros destacados - si sobreviven al proceso educativo.

Cómo enseñar a aprendices globales

Todo lo requerido para cubrir las necesidades de los aprendices secuenciales se ha hecho desde el primer grado y a través de la escuela de postgrado: los planes de estudios son secuenciales, los programas de estudios de curso son secuenciales, los libros de texto son secuenciales, y la mayoría de los profesores enseñan secuencialmente. Para contactar a los aprendices globales en una clase, el instructor debe proveer el concepto general o el objetivo de una lección antes de presentar los pasos, haciendo tanto como sea posible el establecimiento del contexto y la relevancia del tema, y relacionarlo con la experiencia de los estudiantes. Las aplicaciones, si las hay, deberían proporcionarse generosamente. A los estudiantes se les debería dar la libertad para crear sus propios métodos de solucionar los problemas en lugar de ser forzados a asumir la estrategia del catedrático, y deberían ser expuestos periódicamente a los conceptos avanzados antes de los conceptos que serían presentados normalmente.

Una manera particularmente valiosa para instructores de servir a los aprendices globales en sus clases, tanto como los aprendices secuenciales, es asignar ejercicios de creatividad, con problemas que suponen generar las soluciones alternativas, y traer el material de otros cursos o disciplinas apoyando a los estudiantes que muestran interés en solucionarlos [35, 36]. Otra manera de respaldar a aprendices globales es explicarles sus procesos de aprendizaje. Aunque los estudiantes globales son conscientes de las desventajas de su estilo de aprendizaje, hay que revelarles que también disfrutan de ventajas - que su creatividad y amplitud de la visión pueden ser excepcionalmente valiosas a los futuros empleadores y a la sociedad. Si pueden ser ayudados a comprender cómo trabajan sus procesos de aprendizaje, pueden ponerse más cómodos con él, menos críticos de si mismos por tenerlo, y una actitud más positiva con respecto a la educación en general. Si a ellos se les da la oportunidad de exhibir sus habilidades únicas y sus esfuerzos son apoyados en la escuela, las oportunidades de desarrollar y aplicar esas habilidades más adelante en su vida serán incrementadas considerablemente.

Técnicas de enseñanza para abordar todos estilos de aprendizaje

- ✓ Motivar el aprendizaje. Tanto como sea posible, relacione el material presentado con el que ha presentado antes, con el que se verá, el de otros cursos, y particularmente con la experiencia personal de los estudiantes (global).
- ✓ Suministre un balance de información concreta (los hechos, los datos, los experimentos verdaderos ó hipotéticos y sus resultados) (sensitivos) y los conceptos abstractos (los principios, las teorías, los modelos matemáticos) (intuitivo).
- ✓ Material balanceado que enfatice los métodos de solución de problemas prácticos (sensitivo / activo) con el material que enfatiza el conocimiento fundamental (intuitivo / reflexivo).

- ✓ Provea los ejemplos explícitos de patrones intuitivos (la inferencia lógica, el reconocimiento de patrones, la generalización) y los patrones sensitivos (la observación de entorno, la experimentación empírica, la atención para detallar), y anime a todos los estudiantes a ejercitar ambos patrones (sensitivo / intuitivo). No espere que ningún grupo pueda ejercitar los procesos de otro grupo inmediatamente.
- ✓ Siga al método científico en la presentación del material teórico. Provea ejemplos concretos de los fenómenos que la teoría describe o predice (sensitivo); luego desarrolle la teoría (intuitivo / secuencial); mostrar cómo es validada la teoría y deducir sus consecuencias (secuencial); y presentar las aplicaciones (sensitivo / secuencial).
- ✓ Use fotografías, esquemas, gráficos, y bosquejos simples antes, durante, y después de la presentación del material verbal (sensitivo / visual). Exhiba videos (sensitivo / visual). Provea demostraciones (sensitivo / visual), manualmente, si es posible (activo).
- ✓ Use instrucción asistida por computadora - los sensitivos responden muy bien a esto (sensitivo / activo).
- ✓ No llene cada minuto del tiempo de clase dictando una conferencia y escribiendo sobre el tablero. Suministre los intervalos breves para que los estudiantes piensen en lo que se ha dicho (reflexivo).
- ✓ Suministre las oportunidades para que los estudiantes hagan algo activo, además de tomar nota. Las actividades lluvia de ideas de grupos pequeños que no toman nada más que cinco minutos son sumamente eficaces para este propósito (activo).
- ✓ Asigne algunos ejercicios de entrenamiento para practicar los métodos básicos enseñados (intuitivo / activo / secuencial) pero no los exagere (intuitivo/ reflexivo / global). También provea los problemas terminados y los ejercicios que inviten al análisis y la síntesis (intuitivo / reflexivo / global).
- ✓ Dé la alternativa de cooperar entre estudiantes en los trabajos asignados en cuanto sea posible (activa). Los aprendices activos generalmente aprenden mejor cuando interactúan con otros; si se les niega la oportunidad de hacerlo se les priva de su herramienta de aprendizaje más efectiva.
- ✓ Incentive las soluciones creativas aunque sean incorrectas (intuitivo / global).
- ✓ El docente debe hablar con los estudiantes sobre los estilos de aprendizaje, tanto en asesoría como en clases. De esta manera, ellos seguramente descubrirán, que sus apuros académicos no siempre son atribuibles a sus defectos personales y plantearán mejores estrategias para aprender según su estilo de aprendizaje.

1.3 PROSPETIC [42]

Para crear el soporte a la enseñanza/aprendizaje de la asignatura identificada, esta propuesta se ha estructurado tomando como base la metodología para desarrollo de proyectos educativos en línea propuesta en el proyecto ProspeTIC que contempla las fases que se muestran en la figura 1.

Figura 1. Fases del proyecto Institucional ProspeTIC



Cabe aclarar que para el presente proyecto sólo se llevaron a cabo las 2 primeras fases en su totalidad, y se dará inicio a la tercera fase con el diseño y producción de un objeto de aprendizaje; esta etapa y las subsiguientes tendrán continuidad mediante el desarrollo de futuros proyectos que finalizarán el proceso que se inicia y que en un futuro brindará apoyo al docente y a los estudiantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje de la asignatura Sistemas de Control I.

1.4 OBJETOS DE APRENDIZAJE [37, 40]

Las tendencias de desarrollo de la Web semántica se centran en tres áreas aplicadas a la educación: la informática, el diseño instruccional y los sistemas de bibliotecas. Las iniciativas resultantes de la combinación entre estas áreas han dado origen a nuevas áreas de interés como el desarrollo de almacenes de meta-datos, *Topic maps* y recientemente investigaciones sobre los aspectos pedagógicos de los meta-datos. Actuando como pegamento entre estas tres áreas se encuentran los objetos de aprendizaje. El desarrollo de objetos de aprendizaje es una de las tendencias más importantes en el diseño educativo con uso de tecnologías de información y comunicación (TIC). Dado que el concepto de *Objeto de Aprendizaje*, se ha utilizado en diversos

campos disciplinarios, su desarrollo supone visiones y equipos multidisciplinarios, y por tanto la metodología para su diseño y construcción depende de cada visión. Una de las decisiones más importantes para que un proyecto sea llevado a feliz término, es la elección adecuada de la metodología de trabajo que se va a utilizar, ya que es este elemento el que define las actividades a realizar, quién o quienes son los encargados de desarrollarlas y cuánto tiempo es necesario para llevarlas a cabo, todo dentro del contexto del proceso de desarrollo de software.

1.4.1 DISEÑO Y PRODUCCIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE [37]

El diseño e implementación de los objetos de aprendizaje se pueden realizar bajo el modelo que propone el equipo de profesionales pertenecientes al Proyecto FONDEF “Aprendiendo con Repositorios de Objetos de Aprendizaje”, APROA. Esta es una iniciativa en el ámbito de la Educación que propicia la adopción de tecnologías de Objetos de Aprendizaje, con el fin de crear una comunidad de desarrolladores y usuarios de objetos que por la vía de la colaboración y el intercambio de experiencias en el diseño de objetos, puedan sentar las bases de un programa de formación continua. El encapsulamiento del Objeto de Aprendizaje se hace bajo el estándar SCORM, lo que permitirá que el objeto de aprendizaje sea interoperable y reutilizable entre plataformas de *e-learning*.

1.4.2 EL ESTÁNDAR SCORM [38-40]

En noviembre de 1997, el gobierno de Estados Unidos lanzó una iniciativa para proveer educación y capacitación a todas aquellas personas que así lo requirieran, sin importar el lugar o la hora; de dicha iniciativa surgió ADL (Advanced Distributed Learning) y tres años después, SCORM (Sharable Content Object Reference Model), como producto de esta organización; en éste se reunieron una serie de requisitos y lineamientos que definen un modelo para agregar contenidos de aprendizaje en sistemas basados en Internet, y transportarlos a distintas plataformas.

El Modelo Referenciado de Objetos de Contenido Compartible (SCORM, por sus siglas en inglés) representa el conjunto de especificaciones que permiten desarrollar, empaquetar y entregar materiales educativos de alta calidad en el lugar y momento necesarios.

Los materiales se elaboran asegurándose del cumplimiento de cuatro principios:

- Reutilización.
- Accesibilidad.
- Interoperabilidad.
- Duración.

Las especificaciones de SCORM, distribuidas por ADL, detallan cómo deben de publicarse los contenidos y usarse los metadatos; también, incluyen las especificaciones para representar la estructura de los cursos por medio de XML y el uso de API (Application Programming Interface).

Se puede decir que SCORM consta de tres componentes:

1. Empaquetamiento de contenidos. Se refiere a la manera en que se guardan los contenidos de un curso, el modo en que están ligados entre sí y la forma en la que se entregará la información al usuario. Todos estos datos se concentran en un archivo llamado `manifest.xml`
2. Ejecución de comunicaciones. Detalla el ambiente para ejecutar la información y consta de dos partes: los comandos de ejecución y los metadatos del estudiante.
3. Metadatos del curso. Son de dos tipos: los que incluyen la información del curso en sí, y los que contienen el material del estudiante.

2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta el procedimiento y los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología de diseño curricular [4], a la asignatura Sistemas de Control I, perteneciente al programa de pregrado de la Escuela de Ingenierías, Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.

Para esto, se tomó como referencia la propuesta de diseño curricular presentada en [41], resaltando que dicha propuesta se desarrolló bajo la visión de las competencias laborales en el área de los Sistemas de Control.

2.1 ANÁLISIS DE CONTENIDOS TEMÁTICOS GENERALES

La primera etapa en el desarrollo de la metodología para el diseño curricular [4], comprende la selección de los contenidos temáticos de la asignatura y su estructuración en el diagrama secuencial de contenidos. Esta etapa sirve como referente a las etapas subsecuentes.

Para desarrollar el diagrama secuencial de contenidos de la asignatura Sistemas de Control I se tomó como base el diagrama secuencial de contenidos realizado en [41], el cual fue modificado siguiendo la metodología [4], con el fin de realizar una estructuración más pedagógica de los contenidos de la asignatura. Para obtener el producto final se realizaron cinco versiones, las cuales fueron supervisadas por el experto metodológico y el experto docente. En ellas observamos relaciones entre contenidos de causa – consecuencia, desagregación, paralelismo, secuencialidad, pre – conceptos y conocimientos previos, como se observa en las figuras 2 y 3.

El diagrama secuencial resultante consta de cinco módulos: historia de los sistemas de control, conceptos básicos de los sistemas de control, modelado de sistemas físicos, análisis de los sistemas de control y diseño de sistemas de control. Entre módulos existe una relación causa – consecuencia y cada módulo mantiene una relación de secuencialidad con sus contenidos asociados.

El diagrama secuencial de contenidos completo se presenta en el anexo A.

Figura 2. Relaciones observables en el diagrama secuencial de contenidos

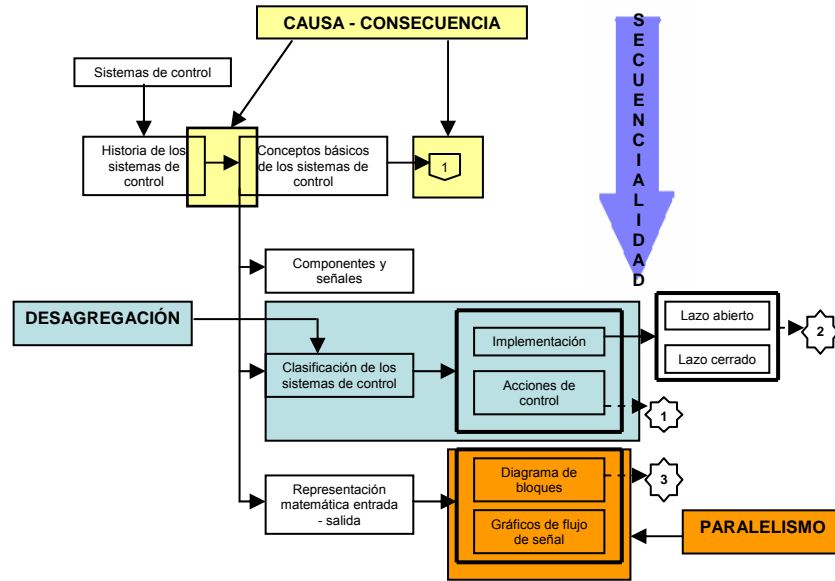
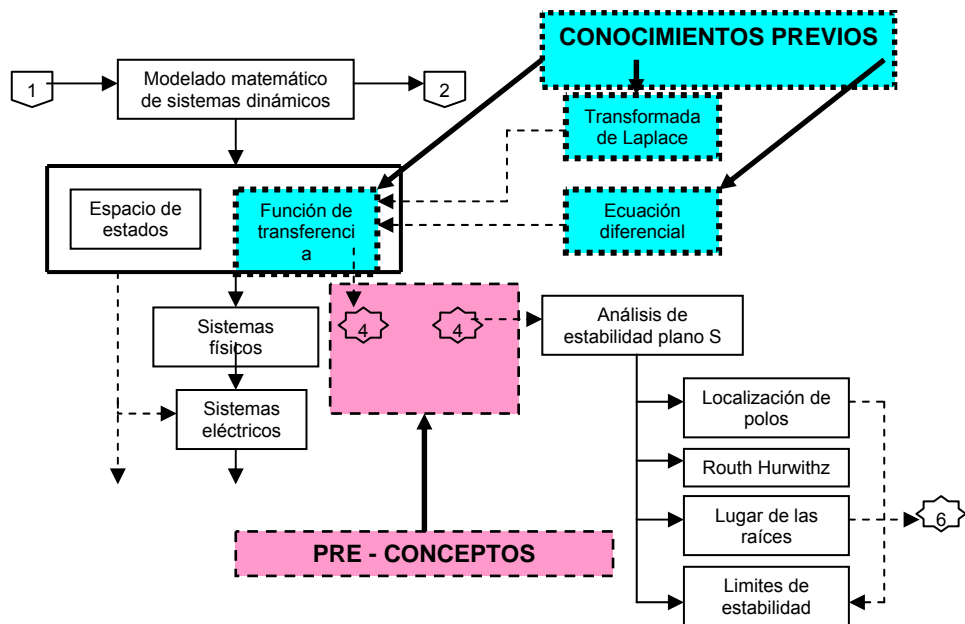


Figura 3. Relaciones observables en el diagrama secuencial de contenidos



2.2 PLANTEAMIENTO DE LOS SABERES

El siguiente paso en la aplicación de la metodología elegida [4], es la descomposición de cada uno de los contenidos contemplados en el diagrama secuencial en sus respectivos saberes: “saber” y “saber hacer”, de los cuales se obtienen los contenidos conceptuales y los contenidos procedimentales, respectivamente.

Con el fin de obtener una tabla de saberes de la asignatura, se tomó como base la tabla de saberes realizada en [41], la cual fue modificada de acuerdo al diagrama secuencial de contenidos, y al criterio del experto docente y del experto metodológico. Se realizaron siete versiones para obtener el producto final, el cual consta de 131 saberes y 106 haceres. Los saberes se enuncian utilizando la estructura gramatical uniforme: “Verbo + Objeto + Condición” y se referencian utilizando números, y los haceres se referencian utilizando letras. Cada hacer tiene asociado uno o más saberes, los cuales se citan con los números entre paréntesis al final de su formulación. Una parte de la tabla de saberes desarrollada se muestra en la figura 4.

La totalidad de saberes obtenidos se observa en la anexo B.

Figura 4. Tabla de saberes

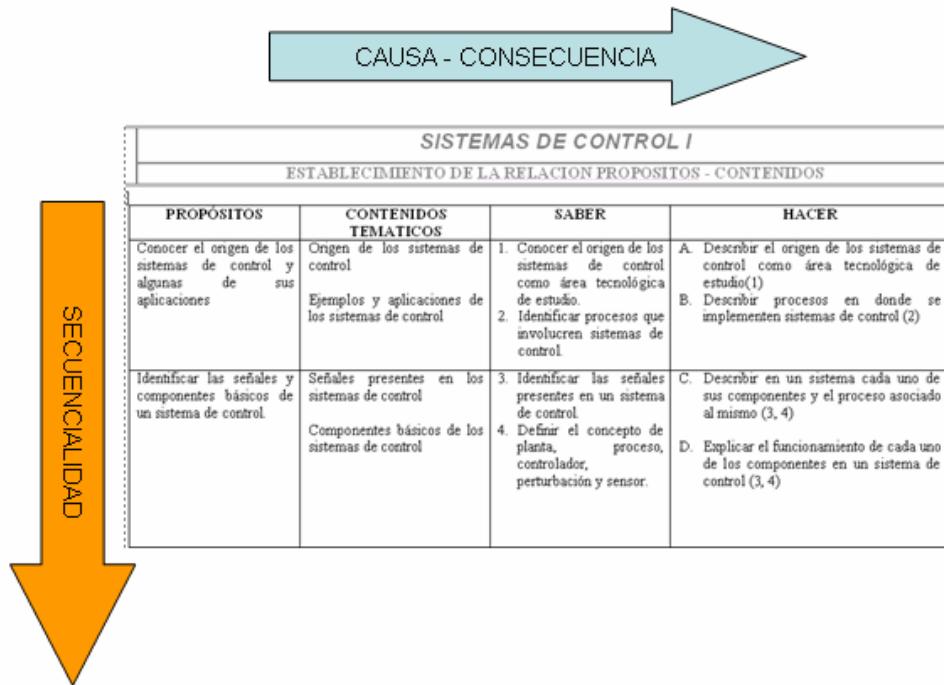
SISTEMAS DE CONTROL I	
IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	
TABLA DE SABERES	
SABER	HACER
1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio.	A. Describir el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1)
2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.	B. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)
3. Identificar las señales presentes en un sistema de control.	C. Describir en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (3, 4)
4. Definir el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor.	D. Explicar el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (3, 4)

2.3 ESTABLECIMIENTO DE LA RELACIÓN PROPÓSITOS – CONTENIDOS

El establecimiento de la relación propósitos – contenidos se hace con fin de mostrar para qué se aprenden los contenidos generales, relacionados en el diagrama secuencial de contenidos, y los contenidos específicos, obtenidos de la asociación de los saberes. La enunciación de los propósitos mantiene la estructura gramatical uniforme utilizada para el planteamiento de los saberes. Para esto, se hicieron varias propuestas por parte del grupo desarrollador sobre los propósitos de la asignatura, los saberes y los contenidos específicos que sustentaban dichos propósitos, y se sometieron a la evaluación del experto docente y del experto metodológico.

Parte del resultado final, obtenido tras la realización de nueve versiones, se muestra en la figura 5. En ella se observa la relación de secuencialidad entre propósitos y saberes; y la relación causa – consecuencia, existente entre propósitos y contenidos específicos, entre contenidos específicos y saberes, y entre saber y saber hacer. Es importante resaltar que cada uno de los propósitos puede ser replanteado mediante la reagrupación de los saberes presentes en la tabla de saberes. El producto final de esta fase consta de 47 propósitos y se observa en el anexo C.

Figura 5. Establecimiento de la relación propósitos - contenidos



2.4 ESTRUCTURACIÓN MODULAR

La estructuración modular permite un diseño curricular que puede ser acondicionado según las necesidades del proceso de enseñanza – aprendizaje y las competencias laborales vigentes, siguiendo los lineamientos de formación de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, y el criterio del experto docente que tenga a su cargo el desarrollo de la asignatura.

De modo que la estructuración modular planteada es una propuesta, y puede ser modificada, desde su nivel más bajo, con la reagrupación de saberes en nuevos propósitos, hasta su nivel más alto, con el establecimiento de nuevos módulos de formación.

Como resultado de esta etapa se identificaron 19 actividades de formación, 11 unidades de aprendizaje y 5 módulos de formación.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

La identificación de actividades de formación tiene como fundamento las tres etapas anteriores. Cada actividad se enuncia siguiendo la estructura gramatical uniforme Verbo + Objeto + Condición, e indica lo que el estudiante esta en capacidad de hacer si cumple con todos sus propósitos asociados. La agrupación de los propósitos asociados a cada actividad de formación se hizo mediante su afinidad temática y la experiencia en la asignatura del experto docente. Al igual que en las etapas anteriores, se mantiene la relación causa – consecuencia entre cada actividad y sus propósitos, y la relación de secuencialidad entre actividades.

El planteamiento de las actividades fue realizado, en primera instancia por el grupo desarrollador, y luego fue avalado por el experto docente y el experto metodológico. El producto final de esta etapa se obtuvo después de 4 versiones y consta de 19 actividades de formación. Cada actividad puede ser replanteada mediante una nueva agrupación de propósitos, lo que permite apreciar la flexibilidad de la metodología aplicada. Un fragmento del producto obtenido se observa en la figura 6, en la que se muestra la actividad “Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles”, que tiene asociado el propósito “Representar la dinámica de un sistema en el espacio de estados” y sus respectivos saberes.

Las actividades de aprendizaje identificadas en su totalidad se observan el anexo D.

Figura 6. Actividades de enseñanza – aprendizaje

PROPOSITO	CONTENIDOS TEMATICOS	SABERES	HACERES	ACTIVIDADES
Representar la dinámica de un sistema en el espacio de estados	Definición de estado y espacio de estados Definición de vectores de estados, entrada y salida, de matrices de estados, entrada y salida Representación en el espacio de estados Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema	1. Definir el concepto de espacio de estados. 2. Describir los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. 3. Describir las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados	A. Establecer las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (27, 28) B. Representar un sistema en espacio de estados (28) C. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (29) D. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (29) E. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (29)	Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE

La identificación de las unidades de formación se obtiene de la agrupación de las actividades de enseñanza – aprendizaje por afinidad conceptual y según el criterio docente. Cada una de las unidades identificadas puede contener una o más actividades dependiendo de su complejidad, y puede ser re-estructurada mediante la re-agrupación de las actividades de enseñanza – aprendizaje. En esta etapa se mantienen las relaciones de causa – consecuencia y secuencialidad, entre unidades y actividades asociadas, y entre actividades, respectivamente. El producto final fue obtenido después de tres versiones y consta de 11 unidades de aprendizaje. Un fragmento de dicho producto se puede observar en la figura 7. La totalidad de la unidades identificadas se observa en el anexo E.

2.7 IDENTIFICACIÓN DE LOS MÓDULOS DE FORMACIÓN

Los módulos de formación identificados corresponden a los contenidos temáticos de primer nivel, contemplados en el diagrama secuencial de contenidos. A cada uno de ellos se asignaron las unidades de aprendizaje identificadas en la etapa anterior, tomando como criterio de agrupación la afinidad temática y la experiencia del experto docente en el manejo de la asignatura. En esta etapa



se presenta la relación causa – consecuencia entre módulos y unidades pertenecientes, y la relación de secuencialidad entre módulos.

Como resultado, se tienen cinco módulos, los cuales pueden ser re- estructurados mediante la reagrupación de las unidades de aprendizaje. A modo de ilustración, se muestran dos módulos y sus unidades respectivas en la figura 8. El producto final de esta etapa se observa en el anexo F.

Figura 7. Unidades de aprendizaje

SISTEMAS DE CONTROL I	
UNIDADES DE APRENDIZAJE	
ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UNIDAD DE APRENDIZAJE
Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.	Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado
Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.	Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos
Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial.	Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema
Construir el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica.	Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal
Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.	Representar un sistema en el espacio de estados
Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.	Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados
Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.	
Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.	
Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.	

Figura 8. Módulos de formación

 SISTEMAS DE CONTROL I 		
MODULOS DE FORMACION		
ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UNIDAD DE APRENDIZAJE	MODULO DE FORMACION
Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.	Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado	Historia de los sistemas de control
Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.	Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos	Conceptos básicos de los sistemas de control
Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial.	Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema	
Construir el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica.	Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal	

2.8 PLANEACIÓN CURRICULAR

La planeación curricular tiene como objetivo plantear las estrategias de enseñanza - aprendizaje, las técnicas de enseñanza – aprendizaje, los instrumentos de evaluación y las técnicas de evaluación para llevar a cabo cada uno de los criterios de las actividades identificadas; y los medios y escenarios disponibles para ejecutar cada una de las unidades de aprendizaje.

El planteamiento de las estrategias y técnicas de enseñanza aprendizaje, los instrumentos y técnicas de evaluación se realizó buscando abarcar la totalidad de los estilos de aprendizaje, contemplados por Felder y Silverman en [7]. La elección, tanto de las estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje, como de las técnicas e instrumentos de evaluación, queda a cargo del docente encargado de dirigirla. En el resultado final, avalado por el experto docente y el experto metodológico, se presenta una propuesta para la planeación curricular de las 19 actividades de formación y las 11 unidades de aprendizaje, identificadas anteriormente.

Para la planeación curricular de las actividades se utilizaron los siguientes elementos: los criterios, que corresponden a los propósitos establecidos en la tercera fase de la metodología; los contenidos conceptuales y procedimentales, que hacen alusión al “saber” y el “saber hacer”, respectivamente; las estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje, aplicadas a los contenidos conceptuales y procedimentales; las evidencias de aprendizaje, que sirven para confrontar el aprendizaje de los contenidos de la asignatura por parte del estudiante, y las técnicas e instrumentos de evaluación necesarias para la obtención de dichas evidencias; y su duración. En lo respectivo a la planeación curricular de las unidades de aprendizaje se planteó los medios y recursos disponibles.

Los resultados de la planeación de las actividades de enseñanza – aprendizaje se recopilan en un formato, en el cual se identifican claramente cada uno de sus elementos. En la figura 9, se aprecia la asignatura, el módulo, la unidad a la que pertenece la actividad, y su duración. Debido a la importancia de los elementos de la planeación, se procede a describir cada uno de ellos, y se relaciona con las etapas anteriores de la metodología.

- Criterios. Corresponden a los propósitos planteados en la tercera etapa de la planeación. En la figura 9, la planeación de la actividad de aprendizaje solo tiene un criterio, pero pueden existir actividades con varios criterios asociados.
- Contenidos conceptuales y procedimentales. Se relacionan directamente con el “saber” y el “saber hacer”, recopilados en la tabla de saberes. En la figura 9 se puede apreciar que los contenidos conceptuales están referenciados con números, mientras que los contenidos procedimentales están relacionados con letras mayúsculas. Adicionalmente, cada contenido procedimental cita al final sus contenidos conceptuales soporte. De igual manera, cada evidencia se asocia a su contenido origen.

Figura 9. Planeación curricular de actividades

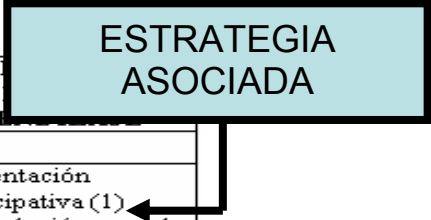
SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN		VERSION I
MODULO DE FORMACION: Historia y conceptos básicos de los sistemas de control			
UNIDAD DE APRENDIAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado			
ACTIVIDAD DE FORMACION: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.			Horas:
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIAJE	TECNICAS DE ENSEÑANZA-APRENDIAJE
Conocer el origen de los sistemas de control y algunas de sus aplicaciones	CONCEPTUALES		
	1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio.	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Formulación de preguntas (1, 3) c. Consulta (2) d. Análisis e interpretación de lectura (2) e. Resumen (2, 3)
	2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.		
	PROCEDIMENTALES		
	A. Describir el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1)	1. Aprendizaje individual 2. Aprendizaje significativo	a. Elaboración de ensayo (1) b. Ilustraciones (2) c. Mapas conceptuales (2)
	B. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)	1. Aprendizaje individual 2. Aprendizaje colaborativo 3. Aprendizaje por descubrimiento 4. Aprendizaje significativo	a. Elaboración de ensayo (1) b. Averiguación (2, 3) c. Ilustraciones (4)

- Estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje. Se establece como propuesta, un grupo de estrategias de enseñanza – aprendizaje y sus técnicas asociadas, para el grupo de contenidos conceptuales y para el grupo de contenidos procedimentales, teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de Felder – Silverman [7]. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 10, con la estrategia aprendizaje interactivo, esta asociada la técnica presentación participativa, con la cual se puede abarcar gran parte de los estilos de aprendizaje, todo depende de la forma en que se presente y se organice la información, y la manera en que esta sea asimilada por el estudiante. También se contemplan los estilos de enseñanza, dejando al criterio del docente encargado de la asignatura, la elección de las estrategias y técnicas de enseñanza, que posibiliten la asimilación de los contenidos por parte de los estudiantes.

Figura 10. Estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	TECNICAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE
1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Formulación de preguntas (1, 3) c. Consulta (2) d. Análisis e interpretación de lectura (2) e. Resumen (2, 3) f. Ilustraciones (3)

ESTRATEGIA ASOCIADA



- Evidencias de aprendizaje. La asimilación de los contenidos conceptuales y procedimentales de cada actividad, se evalúa con base en las evidencias de conocimiento, desempeño y producto establecidas. Para la evaluación satisfactoria de los contenidos, se identifican al menos dos evidencias de diferente clase. Al final de cada evidencia, se referencia a que contenido corresponde, como se observa en la figura 11.
- Técnicas e instrumentos de evaluación. Acorde a las estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje, se seleccionan las técnicas y los instrumentos de evaluación. Por ejemplo, si como técnicas de enseñanza - aprendizaje se seleccionan análisis y discusión de problemas y, resolución y análisis de ejercicios, la técnica de evaluación más apropiada es prueba o

examen, que a su vez tiene asociados los instrumentos test, ejercicios y taller de problemas, tal como se observa en la figura 12. Se deja a consideración del docente elegir los instrumentos de evaluación que crea más convenientes para la recolección de las evidencias.

Figura 11. Evidencias de aprendizaje

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Historia y conceptos básicos de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado		
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.		Horas:
EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	TECNICAS DE EVALUACION	INSTRUMENTOS DE EVALUACION
CONOCIMIENTO		
i. Reseña el origen de los sistemas de control (1).	1. Exposición 2. Ensayo	a. Preguntas informales (1) b. Ensayo (2)
ii. Identifica procesos que involucran sistemas de control (2).		
DESEMPEÑO		
iii. Describe el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio (A)	1. Exposición 2. Ensayo	a. Preguntas informales (1) b. Ensayo (2)
iv. Describe procesos en donde se implementen sistemas de control (B)		

CONTENIDO ASOCIADO

La planeación curricular de las unidades de aprendizaje se realizó teniendo en cuenta los medios didácticos y los recursos educativos disponibles en la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. La selección de los medios y recursos para cada unidad de aprendizaje se hace con base en las técnicas de enseñanza aplicadas en la planeación curricular de sus actividades de enseñanza – aprendizaje componentes. En la figura 13 se observa la planeación curricular de la unidad “Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos”.

La planeación curricular de la asignatura se encuentra en el anexo G.

Figura 12. Técnicas e instrumentos de evaluación

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TECNICAS DE ENSEÑANZA	TECNICAS DE EVALUACION	INSTRUMENTOS DE EVALUACION
1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Instrucciones (5) j. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test(3) d. Taller de problemas (1, 3)

Figura 13. Planeación curricular de unidades de aprendizaje

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Conceptos básicos de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios

3 OBJETO DE APRENDIZAJE

La aplicación de las TIC en este proyecto se lleva a cabo con la implementación del objeto de aprendizaje, el cual sirve como apoyo a la educación presencial, y contempla los estilos de aprendizaje planteados por Felder y Silverman [7].

El objeto de aprendizaje obtenido es reutilizable, accesible y durable. Sus contenidos, texto, graficas y material multimedia es totalmente interoperable, pero al implementarlo en la plantilla proporcionada por el CENTIC, esta característica se ve limitada, pues no funciona adecuadamente con navegadores diferentes a Internet Explorer, como Mozilla, por ejemplo. En general, el objeto diseñado cumple con los requisitos exigidos por el estándar SCORM.

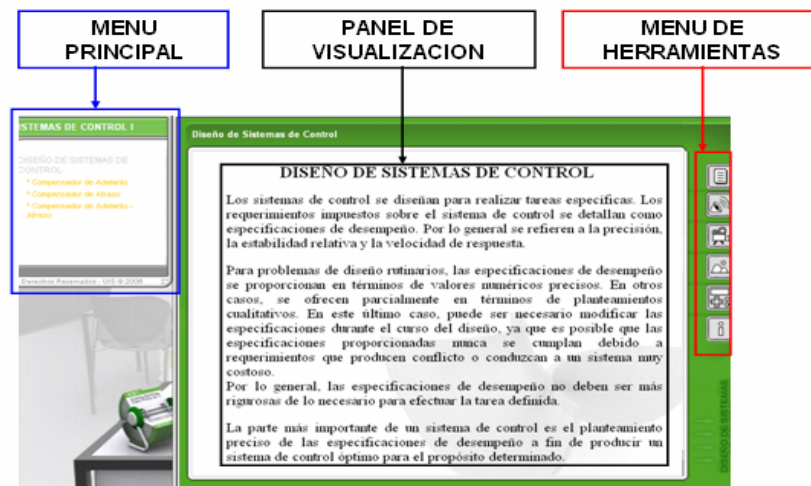
El objeto de aprendizaje se desarrollo con base en la planeación curricular de la actividad de enseñanza - aprendizaje "Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia", la cual pertenece a la unidad "Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas", y al módulo "Diseño de sistemas de control".

Cada uno de los contenidos temáticos asociados a la actividad consta de una corta introducción, información soporte, gráficos animados, y dos ejemplos de diseño de sistemas de control [43], uno utilizando el lugar geométrico de las raíces y el otro la respuesta en frecuencia. Cada ejemplo de diseño esta dividido en etapas, en las que se explica con material multimedia, utilizando texto animado en Flash 8.0 y simulaciones hechas con Matlab 7.1. El recurso multimedia tiene sus respectivos controles para su manipulación Adicionalmente, cada ejemplo tiene su respectiva introducción, en la que se explica su contenido. De esta forma el estudiante puede elegir según su necesidad y su estilo de aprendizaje, como abordar la información presentada en el objeto de aprendizaje y que etapa del diseño quiere abordar, y puede manipularla utilizando los controles respectivos de video y audio.

Para grabar el audio y el video se utilizaron las herramientas Adobe Audition 1.0 y Camtasia Studio 4.0, respectivamente. Para realizar las simulaciones incluidas en los videos, se utilizó Matlab 7.1 debido a que es una herramienta muy robusta, pues tiene módulos especializados para el área de diseño de los sistemas de control, y es muy utilizada a nivel de ingeniería.

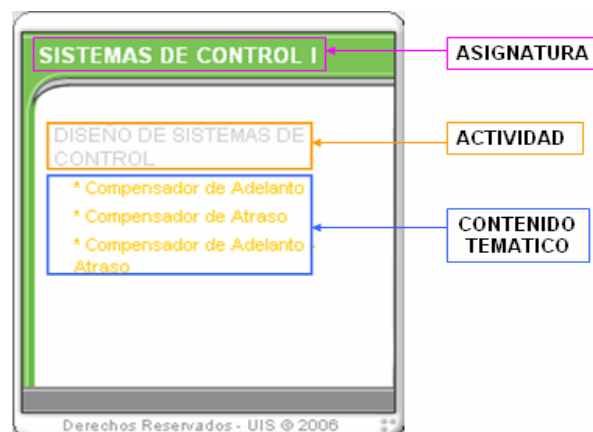
El objeto se implemento utilizando la plantilla suministrada por el CENTIC [42], que en su estructura general consta de un menú principal, un menú de herramientas y un panel de visualización, como se observa en la figura 14.

Figura 14. Estructura general plantilla CENTIC



En el menú principal se presenta el nombre de la asignatura, la actividad y los contenidos temáticos asociados a esta, como se visualiza en la figura 15. Al seleccionar la actividad, o cualquiera de sus contenidos temáticos, se puede acceder a su información asociada mediante la barra de herramientas.

Figura 15. Menú principal



La barra de herramientas consta de iconos que permiten acceder a la información, como se presenta en la figura 16. A continuación se describe cada uno de los iconos.

- ✓ Información soporte. Permite acceder a la información teórica de la actividad, o de cada uno de sus contenidos asociados, en formato PDF.
- ✓ Archivos de audio. En este enlace se presenta información de la actividad o cada uno de sus contenidos en forma verbal.
- ✓ Video. En este enlace se pueden incluir videos correspondientes a la actividad.
- ✓ Gráficos. Este enlace corresponde a imágenes o gráficos pertinentes a la actividad o a cada uno de sus contenidos asociados.
- ✓ Simuladores. En este enlace se presentan simulaciones y/o animaciones sobre la actividad o sus temas asociados.
- ✓ Información complementaria. En este enlace se sugieren como fuente de información adicional textos o páginas web.

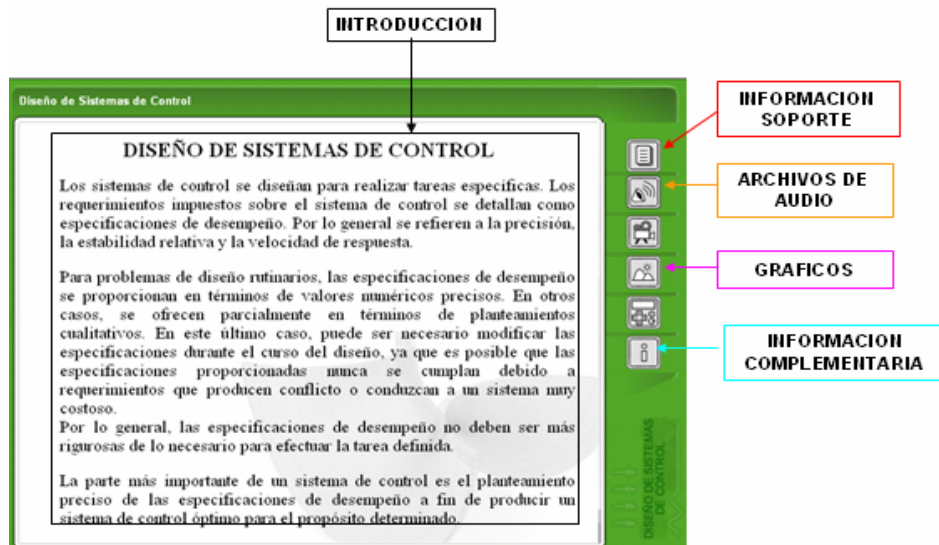
Culminada la presentación de la estructura general de la plantilla, ahora se procede a hacer una descripción sobre la forma de utilizar el objeto diseñado.

Al seleccionar la actividad "Diseño de sistemas de control", cuyo enlace esta ubicado en el menú principal, en primera instancia se presenta en el panel de visualización una breve introducción y se dispone de algunos enlaces de la barra de herramientas para acceder a la información respectiva. En el enlace "Información de soporte" se presentan los fundamentos teóricos respectivos al diseño de sistemas de control. En el enlace Archivos de audio se hace una breve introducción y una explicación verbal de los fundamentos teóricos de los sistemas de control. En el enlace "Gráficos" se muestran gráficas animadas sobre los esquemas de compensación, y los efectos de la adición de polos y ceros en el lugar geométrico de las raíces de un sistema. En el enlace "Información complementaria" se sugieren páginas web relacionadas con el diseño de sistemas de control y el manejo de Matlab; y el documento que contiene todos los ejemplos de diseño de compensadores expuestos en este objeto. La presentación inicial, junto con los enlaces utilizados para la actividad "Diseño de sistemas de control" se presenta en la figura 17.

Figura 16. Barra de herramientas

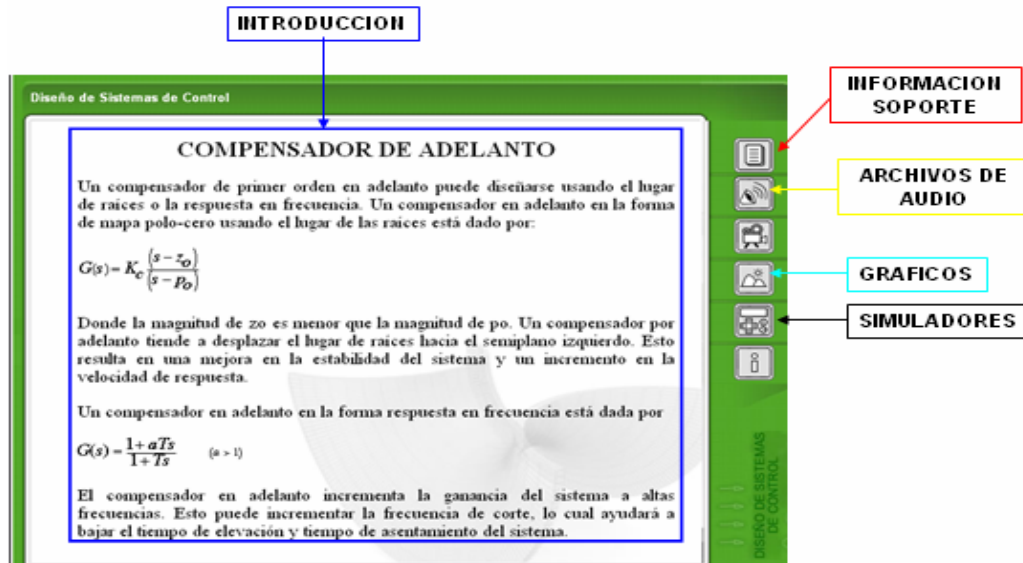


Figura 17. Presentación de la actividad “Diseño de sistemas de control” y sus enlaces



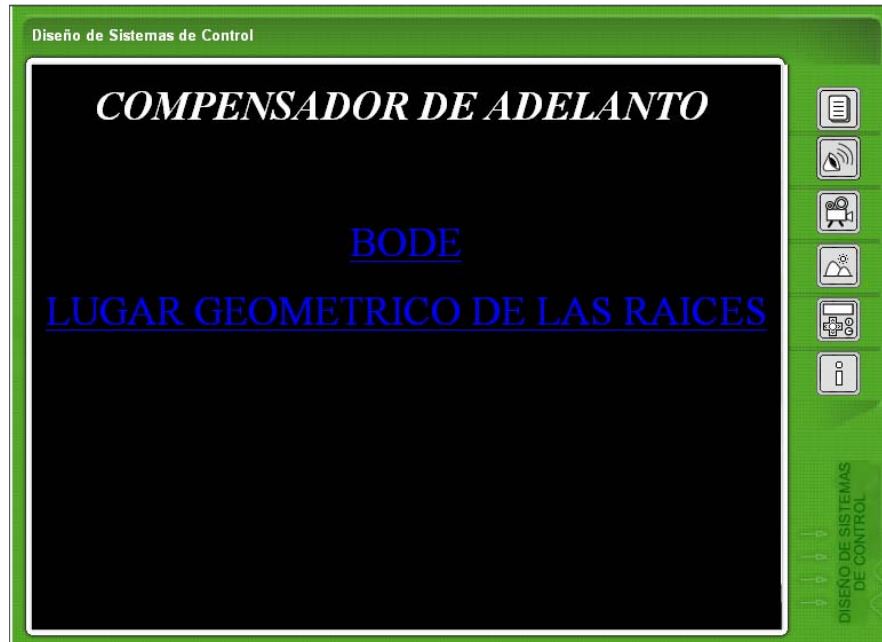
Cuando se selecciona en el menú principal cualquiera de los contenidos temáticos, como lo son “Compensación de adelanto”, “Compensación de atraso” y “Compensación de adelanto – atraso”, en el panel de visualización se presenta una breve introducción y se dispone de algunos de los enlaces de la barra de herramientas para acceder a la información respectiva, como se aprecia en la figura 18. En el enlace “Información soporte” se presentan los fundamentos teóricos para cada tipo de compensación. En el enlace “Archivos de audio” se hace una breve introducción y una explicación verbal de los fundamentos teóricos para cada tipo de compensación. En el enlace “Gráficos” se pueden visualizar gráficos animados, relacionados con la implementación física y el lugar geométrico de las raíces para cada tipo de compensación.

Figura 18. Presentación de los contenidos temáticos



La aplicación de los fundamentos teóricos, expuestos en los enlaces mencionados anteriormente, se realiza en los ejemplos de diseño de compensadores, los cuales se pueden visualizar en el enlace “Simuladores”. Para cada tipo de compensación se hace un ejemplo de diseño utilizando el lugar geométrico de las raíces, y otro utilizando las trazas de Bode, así como se observa en la figura 19.

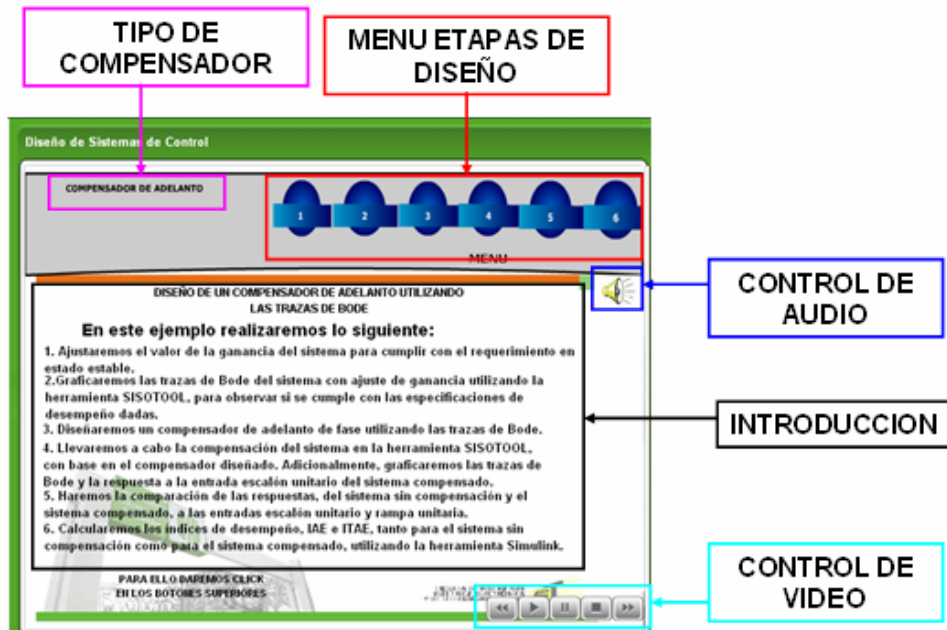
Figura 19. Opciones para los ejemplos de diseño de compensadores



Al elegir cualquiera de las dos técnicas anteriormente seleccionadas, en primer lugar aparece una breve introducción animada, en la que se expone en forma numerada las etapas del procedimiento para el diseño del compensador, tal como aparece en la figura 20. En la parte superior del entorno de simulación se cuenta con un menú, correspondiente a las etapas del diseño del compensador, de modo que el estudiante puede ingresar a cada una de ellas según su necesidad. Adicionalmente, existen controles para el audio y el video, que le permiten al estudiante captar la información según su agrado y manipularla fácilmente; y se muestra un título en la parte superior izquierda que le hacen recordar que tipo de compensador esta visualizando. El procedimiento para el diseño consta de cálculos numéricos, los cuales son presentados en texto animado, y videos de simulaciones hechas con Matlab.

El material recopilado en el objeto de aprendizaje se observa en el anexo H. El objeto resultante se entrega en medio magnético.

Figura 20. Entorno de simulación para los ejemplos de diseño



4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Como producto de la ejecución de la primera y la segunda etapa del proyecto PROSPETIC [42], se presenta una propuesta metodológica para la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura Sistemas de control I, tomando como referente el trabajo realizado en [41], consistente en una propuesta pedagógica para el desarrollo de la misma asignatura, bajo previo estudio de las competencias laborales en el área de sistemas de control. El diseño instruccional resultante se caracteriza por la flexibilidad de su estructura, de manera que puede ser modificada de acuerdo a las necesidades del proceso enseñanza – aprendizaje, por lo que también se integra en su desarrollo los estilos de aprendizaje expuestos en [7]. Adicionalmente, se desarrolla un objeto de aprendizaje utilizando TIC, como un nuevo recurso para apoyar el proceso de enseñanza – aprendizaje en la asignatura.

Cada una de las etapas de la aplicación de la metodología, fue presentada en primera instancia por los desarrolladores, y luego de una etapa de depuración, en la que intervinieron el experto docente y el experto temático, se obtuvieron los productos finales.

Como conclusiones del diseño instruccional del programa de formación basado en competencias para la asignatura Sistemas de control I, se tienen las siguientes:

- El diagrama secuencial de contenidos, obtenido de las modificaciones al diagrama secuencial de contenidos presentado en [41], según el criterio del grupo de trabajo, permite una visión general de la asignatura, y al mismo tiempo, delimita el área de estudio. Para su desarrollo se aplicaron algunos principios del análisis funcional, con el fin de evitar la repetición de contenidos, y conservar las relaciones de causa – consecuencia y secuencialidad entre estos.
- Partiendo del diagrama secuencial de contenidos, se plantea una tabla general de saberes, con base en la experiencia del docente en la asignatura, y la asesoría del experto metodológico. Los saberes, obtenidos de la desagregación de los contenidos generales del diagrama, son de dos clases: el “saber”, que corresponde al contenido conceptual, y el “saber hacer”, que corresponde al contenido procedimental. Cada saber se enuncia utilizando la estructura gramatical uniforme: Verbo + Objeto + Condición”, lo que posibilita una definición clara de los fundamentos teóricos y procedimentales, necesarios para favorecer la adquisición de las habilidades y destrezas, durante y al final del desarrollo del curso.

- Con base en el diagrama secuencial de contenidos y la tabla de saberes desarrollados, es posible identificar la relación entre los propósitos de la asignatura y los contenidos conceptuales y procedimentales. Observando el formato utilizado para la presentación de la relación propósitos contenidos se evidencian, en sentido horizontal la relación de causa – consecuencia entre propósitos y contenidos asociados, y en sentido vertical la relación de secuencialidad entre propósitos y saberes.
- La identificación de las actividades de enseñanza – aprendizaje se realizó mediante la agrupación de los propósitos de la asignatura, por afinidad pedagógica y sin perder de vista el diagrama secuencial de contenidos. Cada actividad define lo que puede hacer el estudiante si cumple con sus propósitos pertinentes.
- Las unidades de enseñanza se identificaron mediante la agrupación de actividades de enseñanza – aprendizaje por afinidad pedagógica.
- Los módulos de formación se identificaron a partir del diagrama secuencial de contenidos. A cada uno de los módulos se asocia una unidad, o un grupo de unidades, por afinidad pedagógica. Cada modulo tiene sentido por si mismo, por lo que puede modificarse de acuerdo a las necesidades del proceso de enseñanza – aprendizaje, y ser transferido a otros contextos.
- Con la determinación de las actividades de enseñanza – aprendizaje, las unidades de aprendizaje y los módulos de formación se da cumplimiento a la estructuración modular de la asignatura.
- La planeación curricular establece la forma en que se van a llevar a cabo cada una de las actividades de enseñanza – aprendizaje y las unidades de enseñanza – aprendizaje identificadas.
- En la planeación curricular de las actividades de enseñanza – aprendizaje se plantean las estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje, necesarias para dar cumplimiento a sus contenidos conceptuales y procedimentales, y por ende, a cada uno de sus criterios. El planteamiento de las estrategias se realiza buscando abarcar el mayor número posible de los estilos de aprendizaje de Felder y Silverman [7].
- Con el fin de evaluar la asimilación de los contenidos conceptuales y procedimentales por parte del estudiante, se plantean las evidencias de aprendizaje, y las técnicas e instrumentos de evaluación requeridos para tomar dichas evidencias. Las técnicas e instrumentos de evaluación se establecen, de manera que sean coherentes, con las estrategias y técnicas de enseñanza – aprendizaje aplicadas.
- El objeto de aprendizaje, desarrollado con base en la planeación de la actividad seleccionada, ilustra como se pueden implementar las TIC como soporte a la educación

presencial de la asignatura. Dicho objeto cumple con las características exigidas por el estándar SCORM [39,40] y abarca la totalidad de los estilos de aprendizaje propuestos en [7], y en consecuencia es un recurso facilitador del proceso de enseñanza – aprendizaje.

- La realización de este proyecto aumentó nuestros conocimientos sobre la asignatura, la docencia, la pedagogía y el desarrollo de objetos de aprendizaje. Además, es muy grato poder contribuir al proceso de formación integral de generaciones futuras en nuestra escuela, en primera instancia con los estudiantes de la asignatura Sistemas de Control I.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para la implementación de los objetos, correspondientes a la siguiente etapa de proyecto PROSPETIC [42], es recomendable el uso de una plantilla que no sea tan rígida, de manera que el área de la pantalla, destinada a la presentación de la información, pueda ser ajustada según la necesidad de la persona que la utilice. Además, los niveles temáticos de la plantilla se deben ajustar a las necesidades del diseñador del objeto.
- Para la implementación de futuros objetos de aprendizaje es de gran importancia el desarrollo de una plantilla que permita que estos cumplan con el requisito de interoperabilidad.
- Es importante resaltar, que para el diseño de los futuros objetos de la asignatura, se tenga en cuenta la planeación establecida para las respectivas actividades, pues en ella se plantean las estrategias y técnicas de enseñanza para llevarlas a cabo.
- Con el fin de establecer los contenidos actitudinales necesarios para la asignatura Sistemas de Control I, se sugiere, para la siguiente etapa, la ampliación del grupo de trabajo, incluyendo profesionales en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Tulia Maria Angulo Ochoa, "Estrategias docentes que favorecen el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias profesionales de la asignatura de Finanzas concepto específico: presupuesto de efectivo", Proyecto de grado dirigido por la profesora Olga P. Chacón A., Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [4] Dania Rubiela Verjel Arenas, Dorys Consuelo Ramírez Prada y Lilia Yarley Estrada Díaz. "Propuesta metodológica para el desarrollo e implementación de diseños curriculares bajo la visión de competencias para asignaturas de programas de formación profesional". Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [5] Lilia Yarley Estrada Díaz. Elaboración y documentación de una propuesta de diseño curricular bajo la visión de competencias para la asignatura de Mediciones Eléctricas y estudio de su implementación en una plataforma E-learning. Proyecto de grado dirigido por el profesor Gabriel Ordóñez P. Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [6] Dorys Consuelo Ramírez Prada y Dania Rubiela Verjel Arenas. Diseño y elaboración de la estructura curricular para la asignatura Tratamiento de Señales bajo una visión de competencias y estudio de adaptación a una plataforma E-learning. Proyecto de grado dirigido por el profesor Cesar A. Duarte G. Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [7] Felder, R.M. y L.K. Silverman. "*Learning and Teaching Styles in Engineering Education*", *Engineering Education*, 78(7), 674-681 (1988).
- [8] Dra. Clara Ines Peña de Carrillo, "Uso de tecnologías de información y comunicación en los procesos educativos de la Universidad Industrial de Santander", Información de la división de servicios de información UIS, Universidad Industrial de Santander, 2005.
- [9] Lawrence, G. "A synthesis of Learning Style Research Involving the MBTI". *J. Psychological type* 8, 2-15, 1984.
- [10] Lawrence, G. "People types and tiger stripes: A practical guide to learning styles". Center for Applications of Psychological type, Gainesville, Florida, 1982.
- [11] Kolb, D.A. "Experiential Learning: Experience as the source of learning and development". Prentice hall, Englewood Cliffs, N.J, 1984.
- [12] Jung, C.G. "Psychological types". Princeton, N.J, 1971 (originalmente publicado en 1921).

- [13] Myers, IB y Myers PB. "Gifts differing". Psychologists Press. Palo Alto, California, 1980.
- [14] McCaulley, M.H. "Psychological types of Engineering students – Implications for Teaching". *Engineering Education*, vol 66, no. 7, Apr. 1976, pp. 729-736.
- [15] McCaulley, M.H., E.S. Godleski, C.F. Yokomoto, L. Harrisberger, and E.D. Sloan, "Applications of Psychological Type in Engineering Education," *Engineering Education*, vol.73, no. 5, Feb. 1983, pp. 394-400.
- [16] Yokomoto, C.E and J.R. Ware, "Improving Problem Solving Performance Using the MBTI". *Proceedings, ASEE Annual Conference*, College Station, Tex., 1982, pp. 163-167.
- [17] Barbe, WB. and M.N. Milone, "What We Know About Modality Strengths," *Educational Leadership*, Feb. 1981, pp. 378-380.
- [18] Barbe, WB., R.H. Swassing and M.N. Milone, "*Teaching Through Modality Strengths: Concepts and Practices*", Zaner-Bloser, Columbus, Oh.,1979.
- [19] Bandler, R. and J. Grinder, "*Frogs into Princes*", Real People Press, Moab, Ut., 1979.
- [20] Dunn, R. and K. Dunn, "Teaching Students Through Their Individual *Learning Styles: A Practical Approach*", Reston Publishing Division of Prentice-Hall Publishers, Reston, Va., 1978.
- [21] Waldheim, G.P, "Understanding How Students Understand," *Engineering Education*, vol. 77, no. 5, Feb. 1987, pp. 306-308.
- [22] Richardson, J., "*Working With People*", Associate Management Inst.,San Francisco, Calif., 1984.
- [23] Dunn, R., T. DeBello, P Brennan, J. Krimsky, and P. Murrain, "*Learning Style Researchers Define Differences Differently*," *Educational Leadership*, Feb. 1981, pp. 372-375.
- [24] Barbe, W.B. and M.N. Milone, "Modality Strengths: A Reply to Dunnand Carbo," *Educational Leadership*, Mar. 1981, p. 489.
- [25] Dunn, R. and M. Carbo, "Modalities: An Open Letter to Walter Barbe, Michael Milone, and Raymond Swassing," *Educational Leadership*, Feb. 1981, pp. 381-382.
- [26] Stice, J.E., "Using Kolb's Learning Cycle to Improve Student Learning," *Engineering Education*, vol. 77, no. 5, Feb. 1987, pp. 291-296. 22.Taba, H., *Teaching Strategies and Cognitive Functioning in Elementary School Children*, U.S.O.E. Cooperative Research Project No. 2404, San Francisco State College, San Francisco, Calif., 1966.

- [27] Taba, H., *Teaching Strategies and Cognitive Functioning in Elementary School Children*, U.S.O.E. Cooperative Research Project No. 2404, San Francisco State College, San Francisco, Calif., 1966.
- [28] McConnell, T.R., "Discovery Versus Authoritative Identification in the Learning of Children," *Studies in Education*, 2(5), 13-60 (1934).
- [29] Swenson, E.J., *et al.*, "Organization and Generalization as Factors in Learning, Transfer, and Retroactive Inhibition," *Learning Theory in School Situations*, University of Minnesota Press, Minneapolis, Minn., 1949.
- [30] Lahti, A.M., "The Inductive-Deductive Method and the Physical Science Laboratory," *Journal of Experimental Education*, vol. 24, 1956, pp.149-163. Cited in McKeachie, W. J., *Teaching Tips* (7th ed.), Heath, Lexington, Mass., 1978, p. 33.
- [31] Kagan, J., "Impulsive and Reflective Children: The Significance of Conceptual Tempo," in J. Krumboltz, Ed., *Learning and the Educational Process*, Rand McNally, Chicago, Ill. 1965.
- [32] Chomsky, N., *Language and Mind*, Harcourt, Brace and World, New York, 1968.
- [33] Piaget, J., *Science of Education and the Psychology of the Child*, Orion Press, New York, 1970.
- [34] Silverman, L.K., "Global Learners: Our Forgotten Gifted Children," Paper presented at the 7th World Conference on Gifted and Talented Children, Salt Lake City, Ut., Aug. 1987.
- [35] Felder, R.M., "Creativity in Engineering Education," *Chemical Engineering Education*, 1988, in press.
- [36] Felder, R.M., "On Creating Creative Engineers," *Engineering Education*, vol. 77, no. 4, Jan. 1987, pp. 222- 227.
- [37] <http://www.aproa.cl/1116/article-68370.html>. Manual de buenas prácticas para el desarrollo de un objeto de aprendizaje. Chile , Agosto de 2005.
- [38] <http://www.adlnet.gov/downloads/DownloadPage.aspx?ID=237>. Shareable content Object Reference model (SCORM) 2004 3rd Edition Documentation suite.
- [39] <http://www.aproa.cl/1116/article-68376.html>. SCORM: Una visión introductoria. Diciembre de 2005.
- [40] <http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/Enero/Educa.htm>. Educación compartida. El nuevo reto. Enríquez Vásquez Larisa. Enero de 2004.

[41] Villamizar Morales, Marlon Augusto, "Propuesta Pedagógica para la asignatura de Control I (Sistemas de Control Analógico) basada en el estudio de competencias", Proyecto de grado dirigido por el profesor Daniel A. Sierra B., Universidad Industrial de Santander, 2005.

[42][http://gavilan.uis.edu.co/~spetic/0definicion/inicio/DocumentacionBase/BancoProyectosUIS/DocumentosyMemorias/Memoria proyecto Prospetic.pdf](http://gavilan.uis.edu.co/~spetic/0definicion/inicio/DocumentacionBase/BancoProyectosUIS/DocumentosyMemorias/Memoria%20proyecto%20Prospetic.pdf). Peña de Carrillo, Clara Inés y Otros. Proyecto "Soporte al proceso educativo UIS, mediante las tecnologías de información y comunicación – Prospetic – Resumen ejecutivo. Universidad Industrial de Santander, abril de 2006.

[43] Ogata, Katsuhiko. "Ingeniería de control moderna". Editorial Prentice Hall. Tercera Edición, 1998.

[44] Kuo, Benjamín. "Sistemas de control automático". Editorial Prentice Hall, 1995.

[45] WOODS, P. S. Programación de MACROMEDIA FLASH TM MX. Madrid: McGraw-Hill, 2003.



ANEXOS

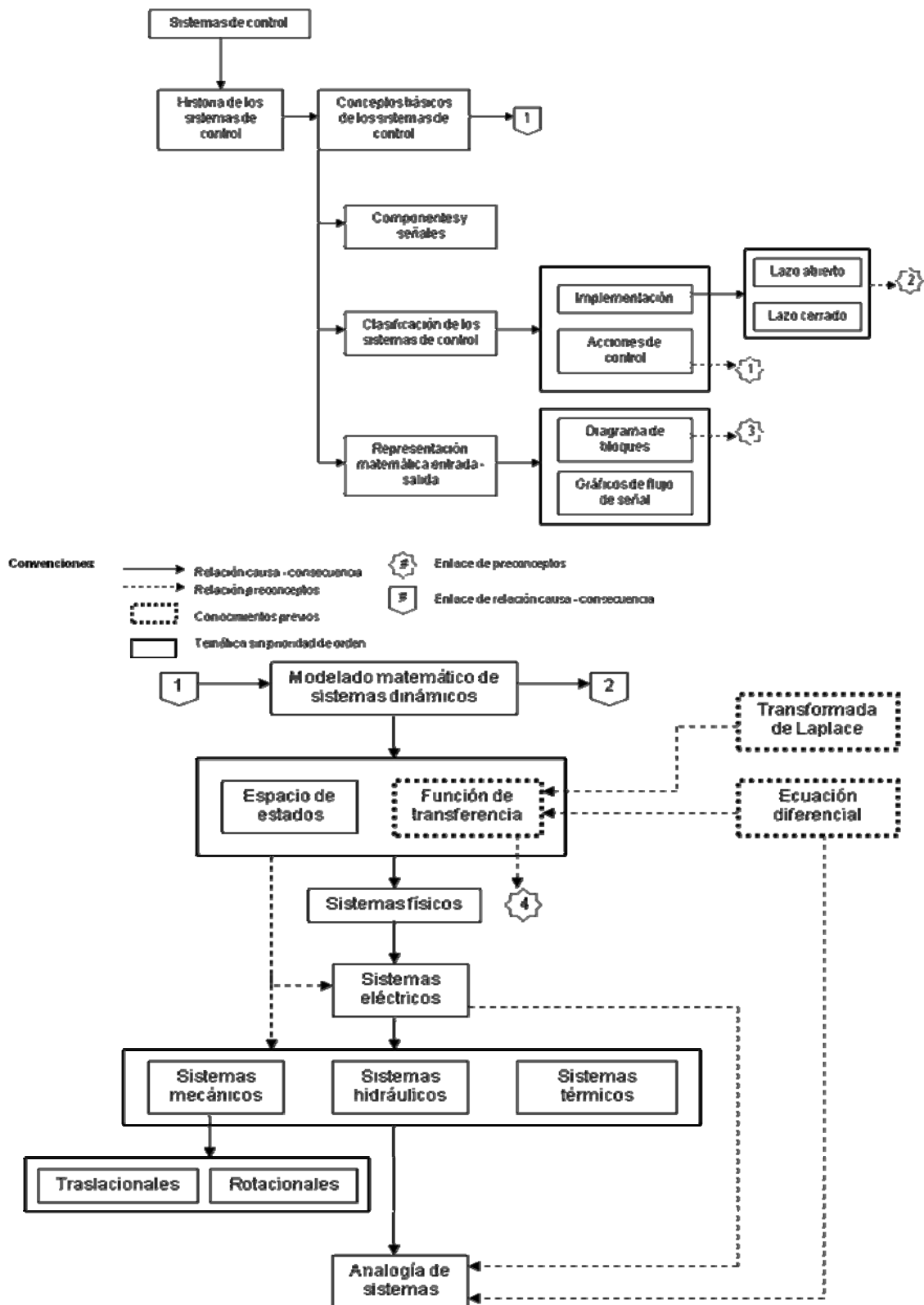
<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



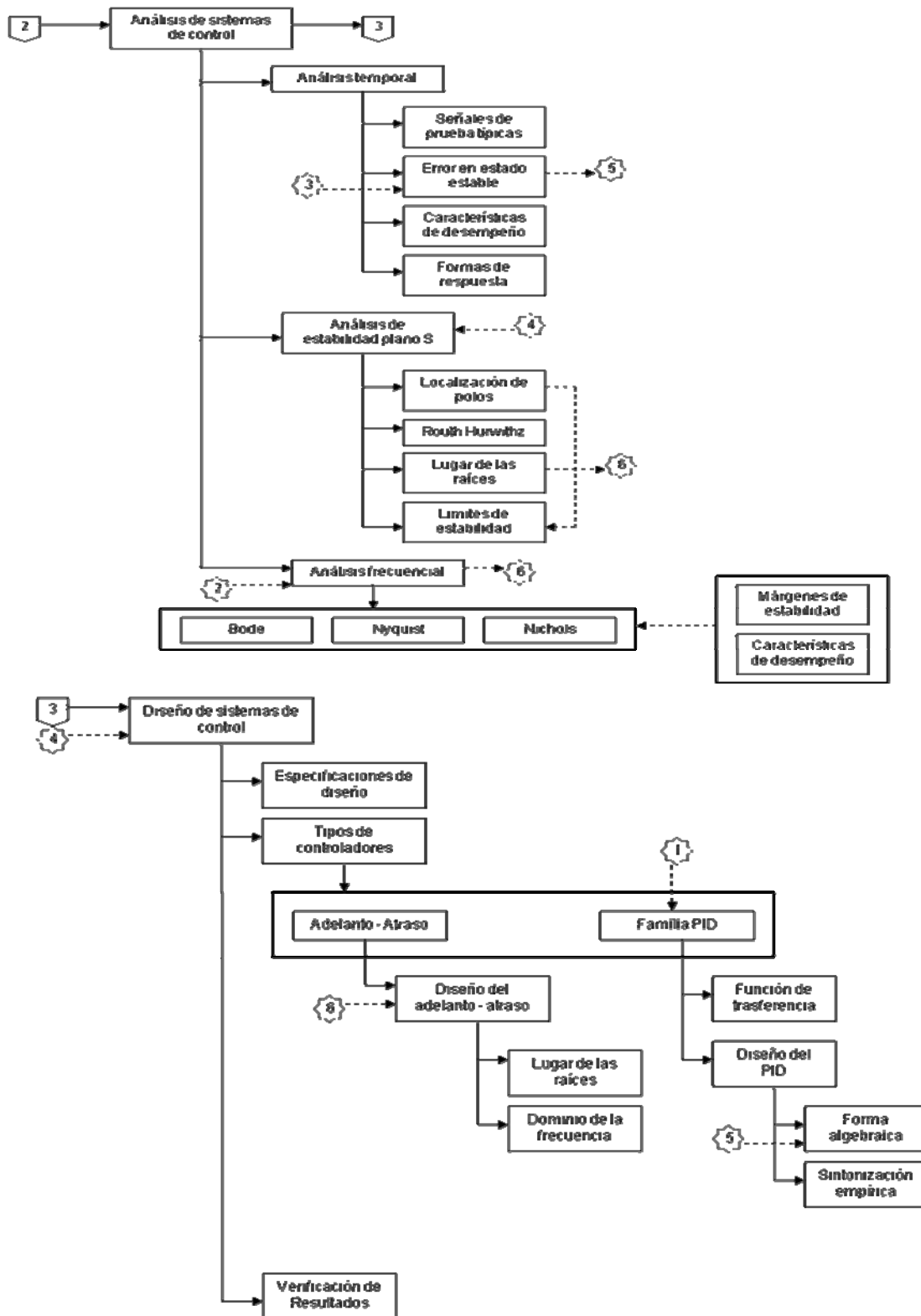
ANEXO A

DIAGRAMA SECUENCIAL DE CONTENIDOS

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---



<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---



ANEXO B
TABLA DE SABERES

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio. 2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.	A. Describir el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1) B. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)
3. Identificar las señales presentes en un sistema de control. 4. Definir el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor.	C. Describir en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (3, 4) D. Explicar el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (3, 4)
5. Definir el concepto de sistema en lazo abierto. 6. Describir las características de un esquema de control en lazo abierto. 7. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo abierto.	E. Identificar un sistema de control en lazo abierto (5, 6, 7)
8. Definir el concepto de sistema en lazo cerrado. 9. Describir las características de un esquema de control en lazo cerrado. 10. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo cerrado. 11. Reconocer el efecto de la realimentación sobre las variables de un sistema (ganancia global, estabilidad, sensibilidad y perturbaciones).	F. Identificar un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10) G. Comparar las características entre un sistema de control en lazo abierto y un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10, 11)
12. Definir las acciones básicas de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativa, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativa y Proporcional-Integral-Derivativa). 13. Describir las características y parámetros de cada una de las acciones de control.	H. Clasificar un sistema de control de acuerdo a su acción de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativo, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo) (12) I. Explicar la operación de cada una de las acciones de control (12, 13)
14. Definir el concepto de función de transferencia (Relación entrada/salida, Transformada de Laplace). 15. Definir el concepto de función de transferencia propia e impropia. 16. Reconocer los conceptos de polos y ceros de un sistema. 17. Identificar los polos de un sistema a partir de la función de transferencia.	J. Convertir una ecuación diferencial a una ecuación en el dominio S (14) K. Obtener la función de transferencia de un sistema real (14, 15) L. Extraer la ecuación característica, los polos y ceros de una función de transferencia (16, 17)
18. Definir el concepto de diagrama de bloques. 19. Describir las características de los diagramas de bloques.	M. Construir el diagrama de bloques de un sistema (18, 19, 20)

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
20. Describir las características del diagrama de bloques de un sistema de control realimentado (Función de transferencia en lazo abierto, trayectoria directa y lazo cerrado).	
21. Reconocer las reglas del álgebra de bloques. 22. Identificar la ecuación característica de un sistema de control realimentado.	N. Reducir diagramas de bloques (21) O. Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22) P. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22)
23. Definir el GFS. 24. Describir los elementos básicos de un GFS. 25. Describir las reglas de construcción de un GFS.	Q. Construir el GFS de un sistema (23, 24, 25)
26. Describir y aplicar la fórmula de ganancia (Masón) en el GFS.	R. Extraer la función de transferencia de un sistema a partir de su GFS (26) S. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su GFS (26)
27. Definir el concepto de espacio de estados. 28. Describir los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. 29. Describir las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados	T. Establecer las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (27, 28) U. Representar un sistema en espacio de estados (28) V. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (29) W. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (29) X. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (29)
30. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas eléctricos. 31. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema. 32. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas eléctricos.	Y. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32) Z. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32)

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
	<p>AA. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema eléctrico (27, 28)</p> <p>BB. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados(28)</p> <p>CC. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)</p>
<p>33. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación de estados.</p> <p>34. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su(s) función(es) de transferencia.</p>	<p>DD. Calcular la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados (33)</p> <p>EE. Representar un sistema eléctrico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (34)</p>
<p>35. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas mecánicos traslacionales y rotacionales.</p> <p>36. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema.</p> <p>37. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-desplazamiento y torque-ángulo).</p> <p>38. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas mecánicos.</p>	<p>FF. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38)</p> <p>GG. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38)</p>
	<p>HH. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema mecánico(27, 28)</p> <p>II. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema mecánico (28)</p> <p>JJ. Representar la dinámica de un sistema mecánico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
<p>39. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación de estados.</p> <p>40. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados.</p>	<p>KK. Elaborar la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados (39, 40)</p> <p>LL. Elaborar la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en espacio de estados (40)</p> <p>MM. Representar un sistema mecánico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (40)</p>
<p>41. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidráulicos.</p> <p>42. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema hidráulico.</p> <p>43. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas hidráulicos.</p>	<p>NN. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44)</p> <p>OO. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44)</p>
	<p>PP. Reconocer las variables de estado involucradas en un sistema hidráulico (27, 28)</p> <p>QQ. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema hidráulico (28)</p> <p>RR. Representar la dinámica de un sistema hidráulico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)</p>
<p>44. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación de estados.</p> <p>45. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados.</p>	<p>SS. Elaborar la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados (44, 45)</p> <p>TT. Elaborar la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en espacio de estados (45)</p> <p>UU. Representar un sistema hidráulico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (45)</p>
<p>46. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas térmicos.</p> <p>47. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema térmico.</p> <p>48. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas térmicos.</p>	<p>VV. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48)</p> <p>WW. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48)</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
	XX. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema térmico (27, 28) YY. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema térmico (28) ZZ. Representar la dinámica de un sistema térmico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)
49. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación de estados. 50. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados.	AAA. Elaborar la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados (49, 50) BBB. Elaborar la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en espacio de estados (50) CCC. Representar un sistema térmico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (50)
51. Definir el concepto de analogía entre componentes de sistemas físicos diferentes. 52. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema mecánico traslacional o rotacional. 53. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema hidráulico. 54. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema térmico.	DDD. Construir el equivalente eléctrico para un sistema mecánico traslacional o rotacional(51, 52) EEE. Construir el equivalente eléctrico para un sistema hidráulico (51, 53) FFF. Construir el equivalente eléctrico para un sistema térmico (51, 54)
55. Identificar la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola). 56. Identificar la característica física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola).	GGG. Relacionar la gráfica de la señal de salida de un sistema ante señales de entrada de prueba típicas con el comportamiento físico del mismo (55, 56)
57. Definir el concepto de error en estado estable. 58. Relacionar el valor del error en estado estable con la cantidad de polos en el origen de la función de transferencia de un sistema. (17, 18) 59. Identificar el error en estado estable como medida de precisión de un sistema.	HHH. Calcular analíticamente el valor del error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 58, 59) III. Calcular gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 59)

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
<p>60. Reconocer la respuesta al escalón de un sistema como medio de caracterización de la respuesta transitoria del mismo.</p> <p>61. Definir las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (sobrepaso máximo, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento y tiempo de asentamiento).</p> <p>62. Describir las ecuaciones en tiempo y función de transferencia de la respuesta transitoria de un sistema prototipo de primer y segundo orden.</p> <p>63. Identificar la influencia de parámetros como el factor de amortiguamiento relativo, la frecuencia natural no amortiguada y la frecuencia natural amortiguada en la forma de respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>JJJ. Calcular gráficamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (60, 61)</p> <p>KKK. Calcular analíticamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos a partir de su función de transferencia (60, 61, 62, 63)</p> <p>LLL. Asociar la forma de la señal de salida de un sistema ante la entrada escalón con sistemas prototipo de orden uno y dos (62, 63)</p> <p>MMM. Identificar formas de respuesta para un sistema de control consideradas como características de desempeño favorables (61, 63).</p>
<p>64. Identificar el efecto sobre las medidas de desempeño de la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos, al añadir polos y ceros en su función de transferencia de lazo abierto y de lazo cerrado.</p> <p>65. Identificar el concepto de polos dominantes de un sistema de lazo cerrado.</p> <p>66. Identificar el efecto de la localización de polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado.</p>	<p>NNN. Asociar la localización de un par de polos dominantes en lazo cerrado de un sistema con el valor de la frecuencia natural no amortiguada y el factor de amortiguamiento relativo del sistema (64)</p> <p>OOO. Asociar las formas de respuesta en el tiempo para una determinada ubicación de polos de lazo cerrado (64, 65, 66)</p>
<p>67. Definir la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23, 24, 25, 26)</p> <p>68. Definir la inestabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23, 24, 25, 26)</p> <p>69. Definir la estabilidad marginal de un sistema en función de la localización de sus polos. (23, 24, 25, 26)</p>	<p>PPP. Clasificar la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado (67, 68, 69)</p>
<p>70. Identificar las características de la tabla de Routh.</p> <p>71. Identificar los casos especiales en donde la tabulación de Routh termina prematuramente.</p> <p>72. Definir el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.</p>	<p>QQQ. Construir la tabla de Routh a partir de la ecuación característica del sistema en lazo cerrado (70, 71)</p> <p>RRR. Calcular la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano "s" mediante el criterio de Routh Hurwitz (70, 71, 72)</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
<p>73. Interpretar la condición de Magnitud y Angulo para sistemas con realimentación negativa.</p> <p>74. Interpretar el concepto de lugar de las raíces.</p> <p>75. Identificar las reglas generales para la construcción del lugar de las raíces de un sistema.</p>	<p>SSS. Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado (73, 74, 75)</p> <p>TTT. Demostrar que un punto en el plano "s" pertenece al lugar de las raíces de un sistema en análisis (73, 74)</p>
<p>76. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía la ganancia de lazo directo "k".</p> <p>77. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía un parámetro que no aparece como factor multiplicativo de la ganancia de lazo directo.</p>	<p>UUU. Calcular el valor de la ganancia de trayectoria directa "k" que permite la localización de los polos en una posición determinada del lugar de las raíces (76)</p> <p>VVV. Calcular el valor de un parámetro variable en un sistema de control realimentado que permita llevar los polos de un sistema a una posición determinada en el lugar de las raíces (77)</p>
	<p>WWW. Calcular el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado con los cuales se llegue al límite de estabilidad del mismo (70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77)</p>
<p>78. Definir el concepto de traza de Bode.</p> <p>79. Identificar las características de las trazas de Bode.</p> <p>80. Reconocer grafica y analíticamente los aportes en las trazas de Bode de cada uno de los factores implicados en el modelo de un sistema (ganancia, factor integral y derivada, factor de primer orden y factor cuadrático).</p> <p>81. Identificar el procedimiento general para graficar las trazas de Bode.</p> <p>82. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Bode en el análisis del comportamiento de un sistema.</p>	<p>XXX. Construir trazas de Bode para un sistema por medio de aproximaciones asintóticas del modelo del sistema (78, 79, 80, 81)</p> <p>YYY. Interpretar la lectura de la traza de Bode de un sistema (78, 79)</p> <p>ZZZ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Bode (80, 81)</p>
<p>83. Definir el concepto de margen de fase y margen de ganancia de un sistema.</p> <p>84. Identificar de forma grafica el margen de fase y el margen de ganancia en las trazas de Bode.</p> <p>85. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.</p> <p>86. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo en un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>AAAA. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode (83, 84)</p> <p>BBBB. Determinar la estabilidad de un sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (85)</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
<p>87. Definir los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda).</p> <p>88. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema por medio de su traza de Bode.</p> <p>89. Identificar en forma general las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema.</p> <p>90. Identificar las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema de orden dos.</p>	<p>CCCC. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza de Bode (87, 88)</p> <p>DDDD. Calcular el valor de los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a partir de la función de transferencia de un sistema prototipo de orden dos (87, 89, 90)</p>
<p>91. Definir el concepto de traza polar (traza de Nyquist).</p> <p>92. Definir los conceptos de contorno cerrado, punto encerrado y rodeo.</p> <p>93. Definir el teorema del mapeo (principio del argumento).</p> <p>94. Identificar las características y formas generales de las trazas polares para diferentes sistemas.</p> <p>95. Definir el concepto y características de la trayectoria de Nyquist.</p> <p>96. Reconocer el uso del teorema del mapeo en sistemas de lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)</p> <p>97. Reconocer el uso del criterio de Nyquist para el análisis de la estabilidad de sistemas en lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)</p> <p>98. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Nyquist en el análisis del comportamiento de un sistema.</p>	<p>EEEE. Construir la traza polar de un sistema (91, 92)</p> <p>FFFF. Interpretar la lectura de la traza de Nyquist de un sistema (91, 92, 93)</p> <p>GGGG. Hallar la cantidad de polos inestables en lazo cerrado del sistema (93, 95, 96, 97)</p> <p>HHHH. Determinar la estabilidad de un sistema en lazo cerrado utilizando el criterio de Nyquist (93, 94, 95, 96, 97)</p> <p>IIII. Realizar un bosquejo rápido de la traza de Nyquist de un sistema a partir de la función de transferencia del mismo (91, 92)</p> <p>JJJJ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Nyquist e información de su estabilidad (92, 93, 94, 95)</p>
<p>99. Identificar de forma gráfica el margen de fase y margen de ganancia mediante la traza polar.</p> <p>100. Identificar la influencia del margen de fase y margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.</p> <p>101. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>KKKK. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema por medio de su traza polar (99)</p> <p>LLLL. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (99, 100)</p>
<p>102. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda)</p>	<p>MMMM. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
por medio de su traza polar.	de la traza polar (102)
103. Reconocer las propiedades de las trazas de magnitud-fase (Carta de Nichols). 104. Identificar los lugares geométricos de magnitud constante en las trazas de magnitud-fase (círculos M). 105. Identificar los lugares geométricos de ángulo de fase constante en las trazas de magnitud-fase (círculos N). 106. Interpretar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de la respuesta en frecuencia en lazo abierto por medio de la carta de Nichols. (5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11) 107. Identificar las ventajas y desventajas del uso de la carta de Nichols en el análisis del comportamiento de un sistema.	NNNN. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo abierto en la carta de Nichols (103) OOOO. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado por medio de la carta de Nichols (103, 104, 105, 106)
108. Identificar de forma grafica el margen de fase y margen de ganancia por medio de la carta de Nichols. 109. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.	PPPP. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (108) QQQQ. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (109)
110. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la carta de Nichols.	RRRR. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) en lazo abierto y lazo cerrado, por medio de la carta de Nichols (108)
111. Identificar la función de transferencia y los parámetros de los controladores P, PI, PD y PID 112. Identificar la función de transferencia y las variables características de los controladores de adelanto, atraso y adelanto-atraso	SSSS. Representar la función de transferencia de los compensadores P, PI, PD y PID (111) TTTT. Representar la función de transferencia de los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso (112)
113. Identificar el propósito de utilizar los compensadores P, PI, PD y PID en un sistema realimentado. 114. Describir la sintonización para el diseño de controladores PI, PD y PID usando la forma algebraica	UUUU. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de los controladores P, PI, PD y PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante la forma algebraica (113, 114)

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
<p>115. Identificar el propósito de utilizar los compensadores PID en un sistema realimentado.</p> <p>116. Reconocer las reglas de Ziegler-Nichols para la sintonización empírica de controladores PID.</p> <p>117. Identificar los parámetros característicos del primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo).</p> <p>118. Identificar los parámetros característicos del segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (ganancia crítica y periodo crítico).</p>	<p>VVVV. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i, T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118)</p> <p>WWWW. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i, T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118)</p>
<p>119. Identificar el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado. (76, 77, 78, 79, 80)</p> <p>120. A partir de las especificaciones de diseño proporcionadas, determinar la ubicación deseada para los polos dominantes en lazo cerrado. (76, 77, 78, 79, 80)</p> <p>121. Identificar la influencia de los parámetros del compensador sobre el lugar de las raíces de un sistema. (76, 77, 78, 79, 80)</p> <p>122. Identificar el procedimiento de diseño del compensador mediante la técnica del lugar de las raíces. (76, 77, 78, 79, 80)</p> <p>123. Identificar la influencia del compensador sobre el comportamiento del sistema en el tiempo.</p> <p>124. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.</p>	<p>XXXX. Calcular la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado a partir de las especificaciones de desempeño requeridas en el dominio del tiempo (119, 120)</p> <p>YYYY. Calcular los valores de la ganancia, y la posición de los polos y ceros del compensador que permitan cumplir con las especificaciones de diseño (119, 120, 121, 122, 123, 124)</p> <p>ZZZZ. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador no alcance a cumplir con las especificaciones de diseño dadas (124)</p>
<p>125. Identificar el propósito de utilizar los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso en un sistema realimentado.</p> <p>126. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador. (90)</p> <p>127. Interpretar la forma de la traza de Bode del compensador, y la incidencia de sus parámetros en la forma de la misma. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p> <p>128. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador que permiten su uso en la compensación de sistemas realimentados. (90)</p> <p>129. Identificar el procedimiento de diseño del compensador en la frecuencia. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p>	<p>AAAAA. Calcular el valor de los parámetros que determinan la función de transferencia del compensador mediante el diseño en frecuencia que permitan el cumplimiento de las especificaciones de diseño (125, 126, 127, 128, 129, 130, 131)</p> <p>BBBBB. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador diseñado en la frecuencia no alcance para cumplir con las características de desempeño requeridas (130, 131)</p>

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<i>SABER</i>	<i>HACER</i>
130. Reconocer la influencia del compensador en la respuesta del sistema realimentado en la frecuencia y en el tiempo. (90, 92, 93) 131. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.	

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ANEXO C
RELACIÓN PROPÓSITOS CONTENIDOS

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Conocer el origen de los sistemas de control y algunas de sus aplicaciones	Origen de los sistemas de control Ejemplos y aplicaciones de los sistemas de control	1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio. 2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.	A. Describir el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1) B. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)
Identificar las señales y componentes básicos de un sistema de control.	Señales presentes en los sistemas de control Componentes básicos de los sistemas de control	3. Identificar las señales presentes en un sistema de control. 4. Definir el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor.	C. Describir en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (3, 4) D. Explicar el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (3, 4)
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo abierto	Definición de sistema de control en lazo abierto Características y elementos de un sistema de control en lazo abierto	5. Definir el concepto de sistema en lazo abierto. 6. Describir las características de un esquema de control en lazo abierto. 7. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo abierto.	E. Identificar un sistema de control en lazo abierto (5, 6, 7)
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo cerrado	Definición de sistema de control en lazo cerrado Características y elementos de un sistema de control en lazo cerrado	8. Definir el concepto de sistema en lazo cerrado. 9. Describir las características de un esquema de control en lazo cerrado. 10. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo cerrado. 11. Reconocer el efecto de la realimentación sobre las variables de	F. Identificar un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10) G. Comparar las características entre un sistema de control en lazo abierto y un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10, 11)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
		un sistema (ganancia global, estabilidad, sensibilidad y perturbaciones).	
Describir las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos	Definición de acción de control Acción On-Off Acción proporcional Acción integral Acción proporcional-integral Acción proporcional-derivativa Acción proporcional-integral-derivativa Efectos de las acciones de control integral y derivativo sobre el desempeño de un sistema	12. Definir las acciones básicas de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativa, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativa y Proporcional-Integral-Derivativa). 13. Describir las características y parámetros de cada una de las acciones de control.	H. Clasificar un sistema de control de acuerdo a su acción de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativo, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo) (12) I. Explicar la operación de cada una de las acciones de control (12, 13)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Representar la dinámica de un sistema en el dominio S mediante función(es) de transferencia	Transformada de Laplace de una ecuación diferencial Obtención de la función de transferencia a partir de la ecuación en el dominio S Funciones de transferencia propias e impropias, polos y ceros	14. Definir el concepto de función de transferencia (Relación entrada/salida, Transformada de Laplace). 15. Definir el concepto de función de transferencia propia e impropia. 16. Reconocer los conceptos de polos y ceros de un sistema. 17. Identificar los polos de un sistema a partir de la función de transferencia.	J. Convertir una ecuación diferencial a una ecuación en el dominio S (14) K. Obtener la función de transferencia de un sistema real (14, 15) L. Extraer la ecuación característica, los polos y ceros de una función de transferencia (16, 17)
Construir el diagrama de bloques de un sistema	Definición de diagrama de bloques Punto suma Punto de ramificación Función de transferencia en lazo abierto Función de transferencia de trayectoria directa Función de transferencia en lazo cerrado	18. Definir el concepto de diagrama de bloques. 19. Describir las características de los diagramas de bloques. 20. Describir las características del diagrama de bloques de un sistema de control realimentado (Función de transferencia en lazo abierto, trayectoria directa y lazo cerrado).	M. Construir el diagrama de bloques de un sistema (18, 19, 20)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su diagrama de bloques	Reglas del álgebra de bloques	21. Reconocer las reglas del álgebra de bloques. 22. Identificar la ecuación característica de un sistema de control realimentado.	N. Reducir diagramas de bloques (21) O. Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22) P. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22)
Construir el gráfico de flujo de señal de un sistema	Definición de GFS Elementos básicos de un GFS Reglas para la construcción de un GFS.	23. Definir el GFS. 24. Describir los elementos básicos de un GFS. 25. Describir las reglas de construcción de un GFS.	Q. Construir el GFS de un sistema (23, 24, 25)
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su GFS	Formulación de ganancia (Masón) para GFS	26. Describir y aplicar la fórmula de ganancia (Masón) en el GFS.	R. Extraer la función de transferencia de un sistema a partir de su GFS (26) S. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su GFS (26)

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Representar la dinámica de un sistema en el espacio de estados	Definición de estado y espacio de estados Definición de vectores de estados, entrada y salida, de matrices de estados, entrada y salida Representación en el espacio de estados Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema	27. Definir el concepto de espacio de estados. 28. Describir los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. 29. Describir las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados	T. Establecer las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (27, 28) U. Representar un sistema en espacio de estados (28) V. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (29) W. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (29) X. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (29)
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema eléctrico	Leyes físicas de los sistemas eléctricos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema eléctrico Configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos	30. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas eléctricos. 31. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema. 32. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas eléctricos.	Y. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32) Z. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Representar un sistema eléctrico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico		AA. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema eléctrico (27, 28) BB. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados(28) CC. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema eléctrico	Deducción de las funciones de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la representación de un sistema eléctrico en el espacio de estados a partir de su(s) función(es) de transferencia	33. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación de estados. 34. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su(s) función(es) de transferencia.	DD. Calcular la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados (33) EE. Representar un sistema eléctrico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (34)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema mecánico	Leyes físicas de los sistemas mecánicos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema mecánico Configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos	35. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas mecánicos traslacionales y rotacionales. 36. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema. 37. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-desplazamiento y torque-ángulo). 38. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas mecánicos.	FF. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38) GG. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38)
Representar un sistema mecánico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema mecánico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema mecánico		HH. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema mecánico(27, 28) II. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema mecánico (28) JJ. Representar la dinámica de un sistema mecánico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema mecánico	Deducción de la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados	39. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación de estados. 40. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados.	KK. Elaborar la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados (39, 40) LL. Elaborar la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en espacio de estados (40) MM. Representar un sistema mecánico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (40)
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema hidráulico	Leyes físicas de los sistemas hidráulicos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema hidráulico Configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos	41. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidráulicos. 42. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema hidráulico. 43. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas hidráulicos.	NN. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44) OO. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44)
Representar un sistema hidráulico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico		PP. Reconocer las variables de estado involucradas en un sistema hidráulico (27, 28) QQ. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema hidráulico (28) RR. Representar la dinámica de un sistema

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
			hidráulico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema hidráulico	Deducción de la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados	44. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación de estados. 45. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados.	SS. Elaborar la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados (44, 45) TT. Elaborar la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en espacio de estados (45) UU. Representar un sistema hidráulico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (45)
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema térmico	Leyes físicas de los sistemas térmico Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema térmico Configuraciones más comunes de los sistemas térmicos	46. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas térmicos. 47. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema térmico. 48. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas térmicos.	VV. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48) WW. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Representar un sistema térmico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema térmico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema térmico		XX. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema térmico (27, 28) YY. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema térmico (28) ZZ. Representar la dinámica de un sistema térmico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema térmico	Deducción de la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados	49. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación de estados. 50. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados.	AAA. Elaborar la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados (49, 50) BBB. Elaborar la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en espacio de estados (50) CCC. Representar un sistema térmico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (50)
Establecer la analogía eléctrica de los sistemas mecánicos, hidráulicos y térmicos	Definición de analogía Tipos de elementos de un sistema físico (inductivos, capacitivos y disipativos) Analogía eléctrica para componentes de un sistema mecánico traslacional o rotacional	51. Definir el concepto de analogía entre componentes de sistemas físicos diferentes. 52. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema mecánico traslacional o rotacional. 53. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un	DDD. Construir el equivalente eléctrico para un sistema mecánico traslacional o rotacional(51, 52) EEE. Construir el equivalente eléctrico para un sistema hidráulico (51, 53) FFF. Construir el equivalente eléctrico para un sistema térmico (51, 54)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
	Analogía eléctrica para componentes de un sistema hidráulico Analogía eléctrica para componentes de un sistema térmico	sistema hidráulico. 54. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema térmico.	
Identificar señales de prueba típicas para sistemas de control y su respectiva respuesta	Señales de prueba típicas Respuesta de los sistemas de control de primer y segundo orden a las señales de prueba típicas Respuesta de sistemas de orden tres o mayor	55. Identificar la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola). 56. Identificar la característica física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola).	GGG. Relacionar la gráfica de la señal de salida de un sistema ante señales de entrada de prueba típicas con el comportamiento físico del mismo (55, 56)
Evaluar el error de seguimiento de un sistema de control ante las señales de prueba típicas	Error en estado estable Error en estado estable de los sistemas de control de primer y segundo orden ante señales de prueba típicas	57. Definir el concepto de error en estado estable. 58. Relacionar el valor del error en estado estable con la cantidad de polos en el origen de la función de transferencia de un sistema. (17, 18) 59. Identificar el error en estado estable como medida de precisión de un sistema.	HHH. Calcular analíticamente el valor del error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 58, 59) III. Calcular gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 59)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
------------	----------------------	-------	-------

Caracterizar el desempeño de un sistema de control en el dominio del tiempo	<p>Respuesta escalón de sistemas de segundo orden</p> <p>Sistema subamortiguado</p> <p>Sistema críticamente amortiguado</p> <p>Sistema sobreamortiguado</p> <p>Definiciones de las especificaciones de la respuesta transitoria</p> <p>Sistemas de segundo orden y especificaciones de la respuesta transitoria</p> <p>Sistemas de tercer orden o mayor</p>	<p>60. Reconocer la respuesta al escalón de un sistema como medio de caracterización de la respuesta transitoria del mismo.</p> <p>61. Definir las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (sobrepaso máximo, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento y tiempo de asentamiento).</p> <p>62. Describir las ecuaciones en tiempo y función de transferencia de la respuesta transitoria de un sistema prototipo de primer y segundo orden.</p> <p>63. Identificar la influencia de parámetros como el factor de amortiguamiento relativo, la frecuencia natural no amortiguada y la frecuencia natural amortiguada en la forma de respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>JJJ. Calcular gráficamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (60, 61)</p> <p>KKK. Calcular analíticamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos a partir de su función de transferencia (60, 61, 62, 63)</p> <p>LLL. Asociar la forma de la señal de salida de un sistema ante la entrada escalón con sistemas prototipo de orden uno y dos (62, 63)</p> <p>MMM. Identificar formas de respuesta para un sistema de control consideradas como características de desempeño favorables (61, 63)</p>
---	---	---	--

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado con base en la ubicación de sus polos de lazo cerrado	Efectos de la adición de polos y ceros sobre la respuesta transitoria de un sistema en lazo abierto y en lazo cerrado Definición de polos dominantes en lazo cerrado Efecto de la localización de los polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado	64. Identificar el efecto sobre las medidas de desempeño de la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos, al añadir polos y ceros en su función de transferencia de lazo abierto y de lazo cerrado. 65. Identificar el concepto de polos dominantes de un sistema de lazo cerrado. 66. Identificar el efecto de la localización de polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado.	NNN. Asociar la localización de un par de polos dominantes en lazo cerrado de un sistema con el valor de la frecuencia natural no amortiguada y el factor de amortiguamiento relativo del sistema (64) OOO. Asociar las formas de respuesta en el tiempo para una determinada ubicación de polos de lazo cerrado (64, 65, 66)
Clasificar la estabilidad de un sistema en función de sus polos de lazo cerrado	Estabilidad absoluta, marginal e inestabilidad de un sistema en función de la localización de sus polos	67. Definir la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23 , 24 , 25 , 26) 68. Definir la inestabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23 , 24 , 25 , 26) 69. Definir la estabilidad marginal de un sistema en función de la localización de sus polos. (23 , 24 , 25 , 26)	PPP. Clasificar la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado (67, 68, 69)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Determinar la estabilidad de un sistema utilizando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz	Criterio de estabilidad de Routh Casos especiales de Análisis de estabilidad relativa Aplicación del criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz al análisis de un sistema de control	70. Identificar las características de la tabla de Routh. 71. Identificar los casos especiales en donde la tabulación de Routh termina prematuramente. 72. Definir el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.	QQQ. Construir la tabla de Routh a partir de la ecuación característica del sistema en lazo cerrado (70, 71) RRR. Calcular la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano "s" mediante el criterio de Routh Hurwitz (70, 71, 72)
Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado	Condiciones de ángulo y magnitud Reglas generales para la construcción del lugar geométrico de las raíces de un sistema	73. Interpretar la condición de Magnitud y Angulo para sistemas con realimentación negativa. 74. Interpretar el concepto de lugar de las raíces. 75. Identificar las reglas generales para la construcción del lugar de las raíces de un sistema.	SSS. Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado (73, 74, 75) TTT. Demostrar que un punto en el plano "s" pertenece al lugar de las raíces de un sistema en análisis (73, 74)
Calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de lazo cerrado del sistema en un punto definido de su lugar de las raíces	Determinación de la ganancia de lazo directo "k" a partir de la condición de magnitud Comentarios a cerca de las graficas del lugar geométrico de las raíces Configuraciones comunes de polos y ceros y los correspondientes lugares geométricos de las raíces	76. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía la ganancia de lazo directo "k". 77. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía un parámetro que no aparece como factor	UUU. Calcular el valor de la ganancia de trayectoria directa "k" que permite la localización de los polos en una posición determinada del lugar de las raíces (76) VVV. Calcular el valor de un parámetro variable en un sistema de control realimentado que permita llevar los polos de un sistema a una posición determinada en el lugar de las raíces (77)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
		multiplicativo de la ganancia de lazo directo.	
Obtener los valores críticos que llevan a un sistema a su límite de estabilidad	Determinación de los valores críticos de ganancia de lazo abierto y otros parámetros para alcanzar el límite de estabilidad de un sistema		WWW. Calcular el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado con los cuales se llegue al límite de estabilidad del mismo (70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77)
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode	Definición de trazas de Bode Factores básicos de una función de transferencia Procedimiento general para graficar trazas de Bode Determinación de las funciones de transferencia de sistemas de fase mínima y fase no mínima a partir de sus trazas de Bode	78. Definir el concepto de traza de Bode. 79. Identificar las características de las trazas de Bode. 80. Reconocer gráfica y analíticamente los aportes en las trazas de Bode de cada uno de los factores implicados en el modelo de un sistema (ganancia, factor integral y derivada, factor de primer orden y factor cuadrático). 81. Identificar el procedimiento general para graficar las trazas de Bode. 82. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Bode en el análisis del comportamiento de	XXX. Construir trazas de Bode para un sistema por medio de aproximaciones asintóticas del modelo del sistema (78, 79, 80, 81) YYY. Interpretar la lectura de la traza de Bode de un sistema (78, 79) ZZZ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Bode (80, 81)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
		un sistema.	
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su diagrama de Bode	Definición de margen de ganancia y margen de fase Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode	83. Definir el concepto de margen de fase y margen de ganancia de un sistema. 84. Identificar de forma grafica el margen de fase y el margen de ganancia en las trazas de Bode. 85. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema. 86. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo en un sistema prototipo de orden dos.	AAAA. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode (83, 84) BBBB. Determinar la estabilidad de un sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (85)
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su diagrama de Bode	Criterios de desempeño de un sistema en el dominio de la frecuencia Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza de Bode Correlación entre la respuesta transitoria al	87. Definir los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda). 88. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la	CCCC. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza de Bode (87, 88) DDDD. Calcular el valor de los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
	escalón y la respuesta en frecuencia en el sistema estándar de segundo orden Correlación entre la respuesta transitoria al escalón y la respuesta en frecuencia en sistemas generales	<p>respuesta en frecuencia de un sistema por medio de su traza de Bode.</p> <p>89. Identificar en forma general las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema.</p> <p>90. Identificar las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema de orden dos.</p>	pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a partir de la función de transferencia de un sistema prototipo de orden dos (87, 89, 90)
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar	Definición de traza polar Factores básicos de una función de transferencia Formas generales de las trazas polares Procedimiento general para graficar trazas polares Criterio de estabilidad de Nyquist Teorema del mapeo Aplicación del teorema del mapeo al análisis de estabilidad de los sistemas en	<p>91. Definir el concepto de traza polar (traza de Nyquist).</p> <p>92. Definir los conceptos de contorno cerrado, punto encerrado y rodeo.</p> <p>93. Definir el teorema del mapeo (principio del argumento).</p> <p>94. Identificar las características y formas generales de las trazas polares para diferentes sistemas.</p> <p>95. Definir el concepto y características de la trayectoria de Nyquist.</p> <p>96. Reconocer el uso del teorema del mapeo</p>	<p>EEEE. Construir la traza polar de un sistema (91, 92)</p> <p>FFFF. Interpretar la lectura de la traza de Nyquist de un sistema (91, 92, 93)</p> <p>GGGG. Hallar la cantidad de polos inestables en lazo cerrado del sistema (93, 95, 96, 97)</p> <p>HHHH. Determinar la estabilidad de un sistema en lazo cerrado utilizando el criterio de Nyquist (93, 94, 95, 96, 97)</p> <p>IIII. Realizar un bosquejo rápido de la traza de Nyquist de un sistema a partir de la función de transferencia del mismo</p>

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
	lazo cerrado	<p>en sistemas de lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)</p> <p>97. Reconocer el uso del criterio de Nyquist para el análisis de la estabilidad de sistemas en lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)</p> <p>98. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Nyquist en el análisis del comportamiento de un sistema.</p>	<p>(91, 92)</p> <p>JJJJ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Nyquist e información de su estabilidad (92, 93, 94, 95)</p>
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nyquist	Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Nyquist	<p>99. Identificar de forma gráfica el margen de fase y margen de ganancia mediante la traza polar.</p> <p>100. Identificar la influencia del margen de fase y margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.</p> <p>101. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>KKKK. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema por medio de su traza polar (99)</p> <p>LLLL. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (99, 100)</p>
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza polar	Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza polar	<p>102. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio</p>	<p>MMMM. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza polar (102)</p>

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
		de su traza polar.	
<p>Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza de Nichols</p>	<p>Definición de traza de Nichols</p> <p>Lugares geométricos de magnitud constante (círculos M)</p> <p>Lugares geométricos de ángulo de fase constante (círculos N) Carta de Nichols</p>	<p>103. Reconocer las propiedades de las trazas de magnitud-fase (Carta de Nichols).</p> <p>104. Identificar los lugares geométricos de magnitud constante en las trazas de magnitud-fase (círculos M).</p> <p>105. Identificar los lugares geométricos de ángulo de fase constante en las trazas de magnitud-fase (círculos N).</p> <p>106. Interpretar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de la respuesta en frecuencia en lazo abierto por medio de la carta de Nichols. (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)</p> <p>107. Identificar las ventajas y desventajas del uso de la carta de Nichols en el análisis del comportamiento de un sistema.</p>	<p>NNNN. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo abierto en la carta de Nichols (103)</p> <p>OOOO. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado por medio de la carta de Nichols (103, 104, 105, 106)</p>

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nichols	Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Nichols	108. Identificar de forma grafica el margen de fase y margen de ganancia por medio de la carta de Nichols. 109. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.	PPPP. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (108) QQQQ. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (109)
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza de Nichols	Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza Nichols	110. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la carta de Nichols.	RRRR. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) en lazo abierto y lazo cerrado, por medio de la carta de Nichols (108)
Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros de diseño y función de transferencia equivalente	Controladores P, PD, PI y PID Controladores de adelanto-atraso	111. Identificar la función de transferencia y los parámetros de los controladores P, PI, PD y PID 112. Identificar la función de transferencia y las variables características de los controladores de adelanto, atraso y adelanto-atraso	SSSS. Representar la función de transferencia de los compensadores P, PI, PD y PID (111) TTTT. Representar la función de transferencia de los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso (112)
Diseñar controladores PD, PI y PID analíticamente	Diseño analítico de controladores PI, PD y PID	113. Identificar el propósito de utilizar los compensadores P, PI, PD y PID en un sistema realimentado. 114. Describir la	UUUU. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de los controladores P, PI, PD y

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
		sintonización para el diseño de controladores PI, PD y PID usando la forma algebraica	PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante la forma algebraica (113, 114)
Sintonizar empíricamente controladores de la familia PID.	Reglas de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID	115. Identificar el propósito de utilizar los compensadores PID en un sistema realimentado. 116. Reconocer las reglas de Ziegler-Nichols para la sintonización empírica de controladores PID. 117. Identificar los parámetros característicos del primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo). 118. Identificar los parámetros característicos del segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (ganancia crítica y periodo crítico).	VVVV. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118) WWWW. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118)
Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la técnica del lugar geométrico de las raíces	Técnicas de compensación de adelanto basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces Comparación de las respuestas escalón de los sistemas compensados con adelanto y no compensados Implementación	119. Identificar el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado. (76, 77, 78, 79, 80) 120. A partir de las especificaciones de diseño proporcionadas, determinar la ubicación deseada para los polos dominantes en lazo	XXXX. Calcular la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado a partir de las especificaciones de desempeño requeridas en el dominio del tiempo (119, 120) YYYY. Calcular los valores de la ganancia, y la posición de los polos y ceros del compensador que permitan cumplir con las especificaciones de

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
	física de un controlador de adelanto Técnicas de compensación de atraso basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con atraso y no compensados Implementación física de un compensador de atraso Técnicas de compensación de adelanto-atraso basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con adelanto-atraso y no compensados Implementación física de un compensador de adelanto-atraso	cerrado. (76, 77, 78, 79, 80) 121. Identificar la influencia de los parámetros del compensador sobre el lugar de las raíces de un sistema. (76, 77, 78, 79, 80) 122. Identificar el procedimiento de diseño del compensador mediante la técnica del lugar de las raíces. (76, 77, 78, 79, 80) 123. Identificar la influencia del compensador sobre el comportamiento del sistema en el tiempo. 124. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.	diseño (119, 120, 121, 122, 123, 124) ZZZZ. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador no alcance a cumplir con las especificaciones de diseño dadas (124)
Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la	Técnicas de compensación de adelanto basadas en el enfoque de la respuesta en	125. Identificar el propósito de utilizar los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso en un	AAAAA. Calcular el valor de los parámetros que determinan la función de transferencia del compensador

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
respuesta en frecuencia	<p>frecuencia</p> <p>Comparación de las respuestas escalón de los sistemas compensados con adelanto y no compensados</p> <p>Implementación física de un controlador de adelanto</p> <p>Técnicas de compensación de atraso basadas en el enfoque de la respuesta en frecuencia</p> <p>Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con atraso y no compensados</p> <p>Implementación física de un compensador de atraso</p> <p>Técnicas de compensación de adelanto-atraso basadas en el enfoque de la respuesta en frecuencia</p> <p>Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con adelanto-atraso y no compensados</p>	<p>sistema realimentado.</p> <p>126. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador. (90)</p> <p>127. Interpretar la forma de la traza de Bode del compensador, y la incidencia de sus parámetros en la forma de la misma. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p> <p>128. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador que permiten su uso en la compensación de sistemas realimentados. (90)</p> <p>129. Identificar el procedimiento de diseño del compensador en la frecuencia. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p> <p>130. Reconocer la influencia del compensador en la respuesta del sistema realimentado en la frecuencia y en el tiempo. (90, 92, 93)</p> <p>131. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.</p>	<p>mediante el diseño en frecuencia que permitan el cumplimiento de las especificaciones de diseño (125, 126, 127, 128, 129, 130, 131)</p> <p>BBBBB. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador diseñado en la frecuencia no alcance para cumplir con las características de desempeño requeridas (130, 131)</p>

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER
	Implementación física de un compensador de adelanto-atraso		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ANEXO D
ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Conocer el origen de los sistemas de control y algunas de sus aplicaciones	Origen de los sistemas de control Ejemplos y aplicaciones de los sistemas de control	1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio. 2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.	A. Describir el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1) B. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)	Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.
Identificar las señales y componentes básicos de un sistema de control.	Señales presentes en los sistemas de control Componentes básicos de los sistemas de control	3. Identificar las señales presentes en un sistema de control. 4. Definir el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor.	C. Describir en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (3, 4) D. Explicar el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (3, 4)	
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo abierto	Definición de sistema de control en lazo abierto Características y elementos de un sistema de control en lazo abierto	5. Definir el concepto de sistema en lazo abierto. 6. Describir las características de un esquema de control en lazo abierto. 7. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo abierto.	E. Identificar un sistema de control en lazo abierto (5, 6, 7)	

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo cerrado	Definición de sistema de control en lazo cerrado Características y elementos de un sistema de control en lazo cerrado	8. Definir el concepto de sistema en lazo cerrado. 9. Describir las características de un esquema de control en lazo cerrado. 10. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo cerrado. 11. Reconocer el efecto de la realimentación sobre las variables de un sistema (ganancia global, estabilidad, sensibilidad y perturbaciones).	F. Identificar un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10) G. Comparar las características entre un sistema de control en lazo abierto y un sistema de control en lazo cerrado (8, 9, 10, 11)	
Describir las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos	Definición de acción de control Acción On-Off Acción proporcional Acción integral Acción proporcional-integral Acción proporcional-derivativa Acción proporcional-integral-derivativa Efectos de las acciones de control integral y derivativo sobre el desempeño de	12. Definir las acciones básicas de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativa, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativa y Proporcional-Integral-Derivativa). 13. Describir las características y parámetros de cada una de las acciones de control.	H. Clasificar un sistema de control de acuerdo a su acción de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativo, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo) (12) I. Explicar la operación de cada una de las acciones de control (12, 13)	Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	un sistema			
Representar la dinámica de un sistema en el dominio S mediante función(es) de transferencia	Transformada de Laplace de una ecuación diferencial Obtención de la función de transferencia a partir de la ecuación en el dominio S Funciones de transferencia propias e impropias, polos y ceros	14. Definir el concepto de función de transferencia (Relación entrada/salida, Transformada de Laplace). 15. Definir el concepto de función de transferencia propia e impropia. 16. Reconocer los conceptos de polos y ceros de un sistema. 17. Identificar los polos de un sistema a partir de la función de transferencia.	J. Convertir una ecuación diferencial a una ecuación en el dominio S (14) K. Obtener la función de transferencia de un sistema real (14, 15) L. Extraer la ecuación característica, los polos y ceros de una función de transferencia (16, 17)	Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial.
Construir el diagrama de bloques de un sistema	Definición de diagrama de bloques Punto suma Punto de ramificación Función de transferencia en lazo abierto Función de transferencia de trayectoria directa Función de transferencia en lazo cerrado	18. Definir el concepto de diagrama de bloques. 19. Describir las características de los diagramas de bloques. 20. Describir las características del diagrama de bloques de un sistema de control realimentado (Función de transferencia en lazo abierto,	M. Construir el diagrama de bloques de un sistema (18, 19, 20)	Construir el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		trayectoria directa y lazo cerrado).		
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su diagrama de bloques	Reglas del álgebra de bloques	21. Reconocer las reglas del álgebra de bloques. 22. Identificar la ecuación característica de un sistema de control realimentado.	N. Reducir diagramas de bloques (21) O. Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22) P. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su diagrama de bloques (21, 22)	
Construir el gráfico de flujo de señal de un sistema	Definición de GFS Elementos básicos de un GFS Reglas para la construcción de un GFS.	23. Definir el GFS. 24. Describir los elementos básicos de un GFS. 25. Describir las reglas de construcción de un GFS.	Q. Construir el GFS de un sistema (23, 24, 25)	
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su GFS	Formulación de ganancia (Masón) para GFS	26. Describir y aplicar la fórmula de ganancia (Masón) en el GFS.	R. Extraer la función de transferencia de un sistema a partir de su GFS (26) S. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su GFS (26)	
Representar la dinámica de un sistema en el espacio de estados	Definición de estado y espacio de estados Definición de vectores de estados, entrada y salida, de matrices de estados, entrada y salida Representación en el espacio de estados Formas	27. Definir el concepto de espacio de estados. 28. Describir los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. 29. Describir las formas canónicas de representación	T. Establecer las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (27, 28) U. Representar un sistema en espacio de estados (28) V. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (29) W. Representar un	Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema	de un sistema en el espacio de estados	sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (29) X. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (29)	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema eléctrico	Leyes físicas de los sistemas eléctricos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema eléctrico Configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos	30. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas eléctricos. 31. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema. 32. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas eléctricos.	Y. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32) Z. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (30, 31, 32)	Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.
Representar un sistema eléctrico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico		AA. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema eléctrico (27, 28) BB. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados(28) CC. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema eléctrico	Deducción de las funciones de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la representación de un sistema eléctrico en el espacio de estados a partir de su(s) función(es) de transferencia	33. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación de estados. 34. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su(s) función(es) de transferencia.	DD. Calcular la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados (33) EE. Representar un sistema eléctrico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (34)	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema mecánico	Leyes físicas de los sistemas mecánicos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema mecánico Configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos	35. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas mecánicos traslacionales y rotacionales. 36. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema. 37. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-	FF. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38) GG. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (35, 36, 37, 38)	Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
------------	----------------------	-------	-------	-------------

		desplazamiento y torque-ángulo). 38. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas mecánicos.		
Representar un sistema mecánico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema mecánico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema mecánico		HH. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema mecánico(27, 28) II. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema mecánico (28) JJ. Representar la dinámica de un sistema mecánico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema mecánico	Deducción de la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados	39. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación de estados. 40. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados.	KK. Elaborar la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados (39, 40) LL. Elaborar la ecuación característica de un sistema mecánico a partir de su representación en espacio de estados (40) MM. Representar un sistema mecánico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (40)	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema hidráulico	Leyes físicas de los sistemas hidráulicos Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema hidráulico Configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos	41. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidráulicos. 42. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema hidráulico. 43. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas hidráulicos.	NN. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44) OO. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (42, 43, 44)	Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Representar un sistema hidráulico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico		PP. Reconocer las variables de estado involucradas en un sistema hidráulico (27, 28) QQ. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema hidráulico (28) RR. Representar la dinámica de un sistema hidráulico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)	
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema hidráulico	Deducción de la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados	44. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación de estados. 45. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados.	SS. Elaborar la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados (44, 45) TT. Elaborar la ecuación característica de un sistema hidráulico a partir de su representación en espacio de estados (45) UU. Representar un sistema hidráulico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (45)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema térmico	Leyes físicas de los sistemas térmico Componentes físicos y ecuaciones dinámicas de un sistema térmico Configuraciones más comunes de los sistemas térmicos	46. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas térmicos. 47. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema térmico. 48. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas térmicos.	VV. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48) WW. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (46, 47, 48)	Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.
Representar un sistema térmico en el espacio de estados	Representación en el espacio de estados de un sistema térmico Formas canónicas para la representación en el espacio de estados de un sistema térmico		XX. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema térmico (27, 28) YY. Representar en forma matricial las ecuaciones de estado de un sistema térmico (28) ZZ. Representar la dinámica de un sistema térmico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (29)	
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema térmico	Deducción de la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados Procedimiento	49. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación de estados.	AAA. Elaborar la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados (49, 50) BBB. Elaborar la	

FECHA DE EMISIÓN:
30/10/2007

AUTOR
Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala

REVISIÓN:
Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	para obtener la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados	50. Identificar el procedimiento para obtener la ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados.	ecuación característica de un sistema térmico a partir de su representación en espacio de estados (50) CCC. Representar un sistema térmico en espacio de estados a partir de su función de transferencia (50)	
Establecer la analogía eléctrica de los sistemas mecánicos, hidráulicos y térmicos	Definición de analogía Tipos de elementos de un sistema físico (inductivos, capacitivos y disipativos) Analogía eléctrica para componentes de un sistema mecánico traslacional o rotacional Analogía eléctrica para componentes de un sistema hidráulico Analogía eléctrica para componentes de un sistema térmico	51. Definir el concepto de analogía entre componentes de sistemas físicos diferentes. 52. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema mecánico traslacional o rotacional. 53. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema hidráulico. 54. Identificar analogías eléctricas de los elementos de un sistema térmico.	DDD. Construir el equivalente eléctrico para un sistema mecánico traslacional o rotacional(51, 52) EEE. Construir el equivalente eléctrico para un sistema hidráulico (51, 53) FFF. Construir el equivalente eléctrico para un sistema térmico (51, 54)	Obtener un sistema eléctrico análogo para sistemas mecánicos, hidráulicos y térmicos.
Identificar señales de prueba típicas para sistemas de control y su respectiva respuesta	Señales de prueba típicas Respuesta de los sistemas de control de primer y segundo orden a las señales de prueba típicas Respuesta de sistemas de	55. Identificar la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola). 56. Identificar la característica	GGG. Relacionar la gráfica de la señal de salida de un sistema ante señales de entrada de prueba típicas con el comportamiento físico del mismo (55, 56)	Evaluar el comportamiento temporal de un sistema de control, tanto en estado estable como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	orden tres o mayor	física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola).		desempeño en el dominio del tiempo
Evaluar el error de seguimiento de un sistema de control ante las señales de prueba típicas	Error en estado estable Error en estado estable de los sistemas de control de primer y segundo orden ante señales de prueba típicas	57. Definir el concepto de error en estado estable. 58. Relacionar el valor del error en estado estable con la cantidad de polos en el origen de la función de transferencia de un sistema. (17, 18) 59. Identificar el error en estado estable como medida de precisión de un sistema.	HHH. Calcular analíticamente el valor del error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 58, 59) III. Calcular gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas (57, 59)	
Caracterizar el desempeño de un sistema de control en el dominio del tiempo	Respuesta escalón de sistemas de segundo orden Sistema subamortiguado Sistema críticamente amortiguado Sistema sobreamortiguado Definiciones de las especificaciones de la respuesta transitoria Sistemas de	60. Reconocer la respuesta al escalón de un sistema como medio de caracterización de la respuesta transitoria del mismo. 61. Definir las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (sobrepaso máximo, tiempo	JJJ. Calcular gráficamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (60, 61) KKK. Calcular analíticamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos a partir de su función de	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
------------	----------------------	-------	-------	-------------

	segundo orden y especificaciones de la respuesta transitoria de Sistemas de tercer orden o mayor	de retardo, tiempo de levantamiento y tiempo de asentamiento). 62. Describir las ecuaciones en tiempo y función de transferencia de la respuesta transitoria de un sistema prototipo de primer y segundo orden. 63. Identificar la influencia de parámetros como el factor de amortiguamiento o relativo, la frecuencia natural no amortiguada y la frecuencia natural amortiguada en la forma de respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos.	transferencia (60, 61, 62, 63) LLL. Asociar la forma de la señal de salida de un sistema ante la entrada escalón con sistemas prototipo de orden uno y dos (62, 63) MMM. Identificar formas de respuesta para un sistema de control consideradas como características de desempeño favorables (61, 63)	
--	--	---	--	--

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado con base en la ubicación de sus polos de lazo cerrado	Efectos de la adición de polos y ceros sobre la respuesta transitoria de un sistema en lazo abierto y en lazo cerrado Definición de polos dominantes en lazo cerrado Efecto de la localización de los polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado	64. Identificar el efecto sobre las medidas de desempeño de la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos, al añadir polos y ceros en su función de transferencia de lazo abierto y de lazo cerrado. 65. Identificar el concepto de polos dominantes de un sistema de lazo cerrado. 66. Identificar el efecto de la localización de polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado.	NNN. Asociar la localización de un par de polos dominantes en lazo cerrado de un sistema con el valor de la frecuencia natural no amortiguada y el factor de amortiguamiento relativo del sistema (64) OOO. Asociar las formas de respuesta en el tiempo para una determinada ubicación de polos de lazo cerrado (64, 65, 66)	Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.
Clasificar la estabilidad de un sistema en función de sus polos de lazo cerrado	Estabilidad absoluta, marginal e inestabilidad de un sistema en función de la localización de sus polos	67. Definir la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23 , 24 , 25 , 26) 68. Definir la inestabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (23 , 24 , 25 , 26)	PPP. Clasificar la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado (67, 68, 69)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		69. Definir la estabilidad marginal de un sistema en función de la localización de sus polos. (23, 24, 25, 26)		
Determinar la estabilidad de un sistema utilizando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz	Criterio de estabilidad de Routh Casos especiales Análisis de estabilidad relativa Aplicación del criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz al análisis de un sistema de control	70. Identificar las características de la tabla de Routh. 71. Identificar los casos especiales en donde la tabulación de Routh termina prematuramente. 72. Definir el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.	QQQ. Construir la tabla de Routh a partir de la ecuación característica del sistema en lazo cerrado (70, 71) RRR. Calcular la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano "s" mediante el criterio de Routh Hurwitz (70, 71, 72)	
Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado	Condiciones de ángulo y magnitud Reglas generales para la construcción del lugar geométrico de las raíces de un sistema	73. Interpretar la condición de Magnitud y Angulo para sistemas con realimentación negativa. 74. Interpretar el concepto de lugar de las raíces. 75. Identificar las reglas generales para la construcción del lugar de las raíces de un sistema.	SSS. Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado (73, 74, 75) TTT. Demostrar que un punto en el plano "s" pertenece al lugar de las raíces de un sistema en análisis (73, 74)	Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Calcular el valor de la ganancia “k” u otro parámetro que permita localizar los polos de lazo cerrado del sistema en un punto definido de su lugar de las raíces	Determinación de la ganancia de lazo directo “k” a partir de la condición de magnitud de Comentarlos a cerca de las graficas del lugar geométrico de las raíces Configuraciones comunes de polos y ceros y los correspondientes lugares geométricos de las raíces	76. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano “s” de un sistema de control realimentado conforme varía la ganancia de lazo directo “k”. 77. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano “s” de un sistema de control realimentado conforme varía un parámetro que no aparece como factor multiplicativo de la ganancia de lazo directo.	UUU. Calcular el valor de la ganancia de trayectoria directa “k” que permite la localización de los polos en una posición determinada del lugar de las raíces (76) VVV. Calcular el valor de un parámetro variable en un sistema de control realimentado que permita llevar los polos de un sistema a una posición determinada en el lugar de las raíces (77)	
Obtener los valores críticos que llevan a un sistema a su límite de estabilidad	Determinación de los valores críticos de ganancia de lazo abierto y otros parámetros para alcanzar el límite de estabilidad de un sistema		WWW. Calcular el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado con los cuales se llegue al límite de estabilidad del mismo (70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode	Definición de trazas de Bode Factores básicos de una función de transferencia Procedimiento general para graficar trazas de Bode Determinación de las funciones de transferencia de sistemas de fase mínima y fase no mínima a partir de sus trazas de Bode	78. Definir el concepto de traza de Bode. 79. Identificar las características de las trazas de Bode. 80. Reconocer grafica y analíticamente los aportes en las trazas de Bode de cada uno de los factores implicados en el modelo de un sistema (ganancia, factor integral y derivada, factor de primer orden y factor cuadrático). 81. Identificar el procedimiento general para graficar las trazas de Bode. 82. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Bode en el análisis del comportamiento de un sistema.	XXX. Construir trazas de Bode para un sistema por medio de aproximaciones asintóticas del modelo del sistema (78, 79, 80, 81) YYY. Interpretar la lectura de la traza de Bode de un sistema (78, 79) ZZZ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Bode (80, 81)	Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su diagrama de Bode	Definición de margen de ganancia y margen de fase Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un	83. Definir el concepto de margen de fase y margen de ganancia de un sistema. 84. Identificar de forma grafica el margen de fase y el margen de	AAAA. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode (83, 84) BBBB. Determinar la estabilidad de un sistema por medio	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	sistema mediante su traza de Bode	<p>ganancia en las trazas de Bode.</p> <p>85. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.</p> <p>86. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo en un sistema prototipo de orden dos.</p>	de los valores de margen de fase y margen de ganancia (85)	
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su diagrama de Bode	<p>Criterios de desempeño de un sistema en el dominio de la frecuencia</p> <p>Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza de Bode</p> <p>Correlación entre la respuesta transitoria al escalón y la respuesta en frecuencia en el sistema estándar de segundo orden</p> <p>Correlación entre la respuesta transitoria al escalón y la respuesta en frecuencia en sistemas generales</p>	<p>87. Definir los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda).</p> <p>88. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema por medio de su traza de Bode.</p> <p>89. Identificar en forma general las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que</p>	<p>CCCC. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza de Bode (87, 88)</p> <p>DDDD. Calcular el valor de los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a partir de la función de transferencia de un sistema prototipo de orden dos (87, 89, 90)</p>	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		<p>identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema.</p> <p>90. Identificar las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema de orden dos.</p>		
<p>Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar</p>	<p>Definición de traza polar</p> <p>Factores básicos de una función de transferencia</p> <p>Formas generales de las trazas polares</p> <p>Procedimiento general para graficar trazas polares</p> <p>Criterio de estabilidad de Nyquist</p> <p>Teorema del mapeo</p> <p>Aplicación del teorema del mapeo al análisis de estabilidad de los sistemas en lazo cerrado</p>	<p>91. Definir el concepto de traza polar (traza de Nyquist).</p> <p>92. Definir los conceptos de contorno cerrado, punto encerrado y rodeo.</p> <p>93. Definir el teorema del mapeo (principio del argumento).</p> <p>94. Identificar las características y formas generales de las trazas polares para diferentes sistemas.</p> <p>95. Definir el concepto y características de la trayectoria de Nyquist.</p> <p>96. Reconocer el uso del teorema del mapeo en sistemas de lazo cerrado. (8, 9,</p>	<p>EEEE. Construir la traza polar de un sistema (91, 92)</p> <p>FFFF. Interpretar la lectura de la traza de Nyquist de un sistema (91, 92, 93)</p> <p>GGGG. Hallar la cantidad de polos inestables en lazo cerrado del sistema (93, 95, 96, 97)</p> <p>HHHH. Determinar la estabilidad de un sistema en lazo cerrado utilizando el criterio de Nyquist (93, 94, 95, 96, 97)</p> <p>III. Realizar un bosquejo rápido de la traza de Nyquist de un sistema a partir de la función de transferencia del mismo (91, 92)</p> <p>JJJJ. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Nyquist e información de su</p>	<p>Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist</p>

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		<p>10, 11)</p> <p>97. Reconocer el uso del criterio de Nyquist para el análisis de la estabilidad de sistemas en lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)</p> <p>98. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Nyquist en el análisis del comportamiento de un sistema.</p>	estabilidad(92, 93, 94, 95)	
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nyquist	Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Nyquist	<p>99. Identificar de forma gráfica el margen de fase y margen de ganancia mediante la traza polar.</p> <p>100. Identificar la influencia del margen de fase y margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.</p> <p>101. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos.</p>	<p>KKKK. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema por medio de su traza polar (99)</p> <p>LLLL. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (99, 100)</p>	
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de	Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza polar	102. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del	MMMM. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia,	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza polar		pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de su traza polar.	frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza polar (102)	
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza de Nichols	Definición de traza de Nichols Lugares geométricos de magnitud constante (círculos M) Lugares geométricos de ángulo de fase constante (círculos N) Carta de Nichols	103. Reconocer las propiedades de las trazas de magnitud-fase (Carta de Nichols). 104. Identificar los lugares geométricos de magnitud constante en las trazas de magnitud-fase (círculos M). 105. Identificar los lugares geométricos de ángulo de fase constante en las trazas de magnitud-fase (círculos N). 106. Interpretar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de la respuesta en frecuencia en lazo abierto por medio de la carta de Nichols. (T5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) 107. Identificar las ventajas y desventajas del uso de la carta de Nichols en el análisis del	NNNN. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo abierto en la carta de Nichols (103) OOOO. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado por medio de la carta de Nichols (103, 104, 105, 106)	Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		comportamiento de un sistema.		
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nichols	Determinación del margen de fase y del margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Nichols	108. Identificar de forma grafica el margen de fase y margen de ganancia por medio de la carta de Nichols. 109. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.	PPPP. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (108) QQQQ. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (109)	
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza de Nichols	Determinación de los criterios de desempeño en la frecuencia de un sistema mediante su traza Nichols	110. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la carta de Nichols.	RRRR. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) en lazo abierto y lazo cerrado, por medio de la carta de Nichols (108)	
Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso	Controladores P, PD, PI y PID Controladores de adelanto-atraso	111. Identificar la función de transferencia y los parámetros de los controladores P, PI, PD y PID	SSSS. Representar la función de transferencia de los compensadores P, PI, PD y PID (111) TTTT. Representar la función de	Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
y adelanto - atraso a partir de sus parámetros de diseño y función de transferencia equivalente		112. Identificar la función de transferencia y las variables características de los controladores de adelanto, atraso y adelanto-atraso	transferencia de los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso (112)	partir de sus parámetros característicos, y establecer las propiedades de cada uno de ellos.
Diseñar controladores PD, PI y PID analíticamente	Diseño analítico de controladores PI, PD y PID	113. Identificar el propósito de utilizar los compensadores P, PI, PD y PID en un sistema realimentado. 114. Describir la sintonización para el diseño de controladores PI, PD y PID usando la forma algebraica	UUUU. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de los controladores P, PI, PD y PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante la forma algebraica (113, 114)	Diseñar controladores de la familia PID mediante el método de la localización de polos y el método de sintonización empírica.
Sintonizar empíricamente controladores de la familia PID.	Reglas de Ziegler-Nichols para sintonizar controladores PID	115. Identificar el propósito de utilizar los compensadores PID en un sistema realimentado. 116. Reconocer las reglas de Ziegler-Nichols para la sintonización empírica de controladores PID. 117. Identificar los parámetros característicos del primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (tiempo de	VVVV. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118) WWWW. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
		retardo y constante de tiempo). 118. Identificar los parámetros característicos del segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (ganancia crítica y periodo crítico).	diseño, mediante el segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (115, 116, 117, 118)	
Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la técnica del lugar geométrico de las raíces	Técnicas de compensación de adelanto basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces Comparación de las respuestas escalón de los sistemas compensados con adelanto y no compensados Implementación física de un controlador de adelanto Técnicas de compensación de atraso basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con atraso y no compensados Implementación física de un	119. Identificar el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado. (76, 77, 78, 79, 80) 120. A partir de las especificaciones de diseño proporcionadas, determinar la ubicación deseada para los polos dominantes en lazo cerrado. (76, 77, 78, 79, 80) 121. Identificar la influencia de los parámetros del compensador sobre el lugar de las raíces de un sistema. (76, 77, 78, 79, 80) 122. Identificar el procedimiento de diseño del compensador mediante la	XXXX. Calcular la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado a partir de las especificaciones de desempeño requeridas en el dominio del tiempo (119, 120) YYYY. Calcular los valores de la ganancia, y la posición de los polos y ceros del compensador que permitan cumplir con las especificaciones de diseño (119, 120, 121, 122, 123, 124) ZZZZ. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador no alcance a cumplir con las especificaciones de diseño dadas (124)	Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
------------	----------------------	-------	-------	-------------

	<p>compensador de atraso</p> <p>Técnicas de compensación de adelanto-atraso basadas en el enfoque del lugar geométrico de las raíces</p> <p>Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con adelanto-atraso y no compensados</p> <p>Implementación física de un compensador de adelanto-atraso</p>	<p>técnica del lugar de las raíces. (76, 77, 78, 79, 80)</p> <p>123. Identificar la influencia del compensador sobre el comportamiento del sistema en el tiempo.</p> <p>124. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.</p>		
<p>Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la respuesta en frecuencia</p>	<p>Técnicas de compensación de adelanto basadas en el enfoque de la respuesta en frecuencia</p> <p>Comparación de las respuestas escalón de los sistemas compensados con adelanto y no compensados</p> <p>Implementación física de un controlador de adelanto</p> <p>Técnicas de compensación de atraso basadas en el enfoque de la respuesta en frecuencia</p> <p>Comparación de</p>	<p>125. Identificar el propósito de utilizar los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso en un sistema realimentado.</p> <p>126. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador. (90)</p> <p>127. Interpretar la forma de la traza de Bode del compensador, y la incidencia de sus parámetros en la forma de la misma. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p>	<p>AAAAA. Calcular el valor de los parámetros que determinan la función de transferencia del compensador mediante el diseño en frecuencia que permitan el cumplimiento de las especificaciones de diseño (125, 126, 127, 128, 129, 130, 131)</p> <p>BBBBB. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador diseñado en la frecuencia no alcance para cumplir con las</p>	

FECHA DE EMISIÓN:
30/10/2007

AUTOR
Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala

REVISIÓN:
Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo



PROPÓSITOS	CONTENIDOS TEMÁTICOS	SABER	HACER	ACTIVIDADES
	<p>las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con atraso y no compensados</p> <p>Implementación física de un compensador de atraso</p> <p>Técnicas de compensación de adelanto-atraso basadas en el enfoque de la respuesta en frecuencia</p> <p>Comparación de las respuestas escalón y rampa unitaria de los sistemas compensados con adelanto-atraso y no compensados</p> <p>Implementación física de un compensador de adelanto-atraso</p>	<p>128. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador que permiten su uso en la compensación de sistemas realimentados. (90)</p> <p>129. Identificar el procedimiento de diseño del compensador en la frecuencia. (81, 82, 83, 84, 85, 91)</p> <p>130. Reconocer la influencia del compensador en la respuesta del sistema realimentado en la frecuencia y en el tiempo. (90, 92, 93)</p> <p>131. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador.</p>	<p>características de desempeño requeridas (130, 131)</p>	

<p><i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007</p>	<p><i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p><i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
--	--	--



ANEXO E

UNIDADES DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

SISTEMAS DE CONTROL I

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<p>Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.</p>	<p>Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado</p>
<p>Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.</p>	<p>Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos</p>
<p>Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial.</p>	<p>Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema</p>
<p>Construir el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica.</p>	<p>Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal</p>
<p>Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.</p>	<p>Representar un sistema en el espacio de estados</p>
<p>Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.</p>	<p>Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados</p>
<p>Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.</p>	
<p>Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.</p>	
<p>Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.</p>	
<p>Obtener un sistema eléctrico análogo para sistemas mecánicos, hidráulicos y térmicos.</p>	
<p>Evaluar el comportamiento temporal de un sistema de control, tanto en estado estable como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su desempeño en el dominio del tiempo</p>	<p>Relacionar cada uno de los sistemas físicos (mecánicos, hidráulicos y térmicos) con el sistema eléctrico</p>
<p>Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.</p>	<p>Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control</p>
<p>Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la</p>	<p>Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado y calcular sus valores</p>

<p><i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007</p>	<p><i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p><i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
--	--	--



ganancia “k” u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad	críticos de estabilidad
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode, y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.	Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist	
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols.	
Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros característicos, y establecer las propiedades de cada uno de ellos.	Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas
Diseñar controladores de la familia PID mediante el método de la localización de polos y el método de sintonización empírica.	
Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia	

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ANEXO F

MÓDULOS DE FORMACIÓN DE LA ASIGNATURA

SISTEMAS DE CONTROL I

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE	UNIDAD DE APRENDIZAJE	MODULO DE FORMACIÓN
--	-----------------------	---------------------

Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.	Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado	Historia de los sistemas de control
Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.	Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos	Conceptos básicos de los sistemas de control
Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial.	Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema	
Construir el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica.	Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el gráfico de flujo de señal	
Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.	Representar un sistema en el espacio de estados	Modelado matemático de sistemas dinámicos
Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.	Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados	
Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.		
Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.		
Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.		
Obtener un sistema eléctrico análogo para sistemas mecánicos, hidráulicos y térmicos.	Relacionar cada uno de los sistemas físicos (mecánicos, hidráulicos y térmicos) con el sistema eléctrico	
Evaluar el comportamiento temporal	Evaluar el comportamiento temporal	Análisis de sistemas de control

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE	UNIDAD DE APRENDIZAJE	MODULO DE FORMACIÓN
--	-----------------------	---------------------

de un sistema de control, tanto en estado estable como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su desempeño en el dominio del tiempo	y la estabilidad de un sistema de control	
Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.		
Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad	Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado y calcular sus valores críticos de estabilidad	
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode, y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.	Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad	
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist		
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols.		
Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros característicos, y establecer las propiedades de cada uno de ellos.	Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas	Diseño de sistemas de control
Diseñar controladores de la familia PID mediante el método de la localización de polos y el método de		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE	UNIDAD DE APRENDIZAJE	MODULO DE FORMACIÓN
--	-----------------------	---------------------

sintonización empírica.		
Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ANEXO G

**PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE
FORMACIÓN**

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Historia de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.					Horas:	1/2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Conocer el origen de los sistemas de control y algunas de sus aplicaciones	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1) c. Exposición (2)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Ensayo	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Ensayo (3)	CONOCIMIENTO
	1. Conocer el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio.					I. Comprende el origen de los sistemas de control (1)
	2. Identificar procesos que involucren sistemas de control.	II. Reconoce procesos o aplicaciones que involucren sistemas de control (2)				
	PROCEDIMENTALES	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1) c. Exposición (2)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Ensayo	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Ensayo (3)	PRODUCTO
3. Explicar el origen de los sistemas de control como área tecnológica de estudio(1)	III. Contextualiza el origen de los sistemas de control (1)					
4. Describir procesos en donde se implementen sistemas de control (2)	IV. Caracteriza procesos que involucren sistemas de control (2)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Historia de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Identificar las señales y componentes básicos de un sistema de control	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje Interactivo. 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	CONOCIMIENTO
	1. Identificar las señales presentes en un sistema de control.					I. Reconoce las señales presentes en un sistema de control (1)
	2. Definir el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor.	II. Explica el concepto de planta, proceso, controlador, perturbación y sensor (2)				
	PROCEDIMENTALES	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	PRODUCTO
3. Describir en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (1, 2)	III. Caracteriza en un sistema cada uno de sus componentes y el proceso asociado al mismo (1, 2)					
4. Explicar el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (1, 2)	IV. Describe el funcionamiento de cada uno de los componentes en un sistema de control (1, 2)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Historia de los sistemas de control						

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.						Horas: 1/2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo abierto	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje Interactivo. 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de sistema en lazo abierto. 2. Describir las características de un esquema de control en lazo abierto. 3. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo abierto.					I. Explica el concepto de sistema en lazo abierto (1) II. Explica las características de un esquema de control en lazo abierto (2) III. Identifica los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo abierto (3)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
	4. Identificar un sistema de control en lazo abierto (1, 2, 3)	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	III. Describe un sistema de control en lazo abierto (4)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Historia de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Conocer el origen de los sistemas de control, sus aplicaciones, componentes básicos, y describir las características de un sistema de control en lazo abierto y en lazo cerrado.						Horas: 1/2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Describir los elementos y las características de un sistema de control en lazo cerrado	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje Interactivo. 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de sistema en lazo cerrado.					I. Explica el concepto de sistema en lazo cerrado (1)
	2. Describir las características de un esquema de control en lazo cerrado. 3. Reconocer los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo cerrado.					II. Explica las características de un esquema de control en lazo abierto (2) III. Identifica los elementos utilizados en la implementación de un esquema de control en lazo cerrado (3)
	4. Reconocer el efecto de la realimentación sobre las variables de un sistema (ganancia global, estabilidad, sensibilidad y					IV. Comprende el efecto de la realimentación sobre las variables de un sistema (ganancia global, estabilidad, sensibilidad y perturbaciones) (4)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	perturbaciones)					
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
5.	Identificar un sistema de control en lazo cerrado (1, 2, 3)	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3)	V. Describe un sistema de control en lazo cerrado (5)
6.	Comparar las características entre un sistema de control en lazo abierto y un sistema de control en lazo cerrado (1, 2, 3, 4)	3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo				VI. Contrastar las características entre un sistema de control en lazo abierto y un sistema de control en lazo cerrado (6)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSION FINAL	
MODULO DE FORMACION: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Estudiar y comprender las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos.					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Describir las acciones básicas de control que utilizan los controladores analógicos	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir las acciones básicas de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativa, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativa y Proporcional-Integral-Derivativa).	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje Interactivo. 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo 5. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3) e. Solución de casos (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Practica de laboratorio	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3) d. Informe (4)	I. Explica las acciones básicas de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativa, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativa y Proporcional-Integral-Derivativa) (1) II. Define las características y parámetros de cada una de las acciones de control (2)
	2. Describir las características y parámetros de cada una de las acciones de control.					
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
3. Clasificar un sistema de control de acuerdo a su acción de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativo, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo) (1)	1. Aprendizaje Individual 2. Aprendizaje interactivo 3. Aprendizaje colaborativo 4. Aprendizaje significativo 5. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Resumen (1, 4) c. Presentación participativa (2) d. Consulta (3) e. Solucion de casos (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Practica de laboratorio	a. Resumen (1) b. Preguntas informales (2) c. Cuestionario (3) d. Informe (4)	III. Clasifica un sistema de control de acuerdo a su acción de control (On-Off, Proporcional, Integral, Derivativo, Proporcional-Integral, Proporcional-Derivativo y Proporcional-Integral-Derivativo) (3)	
4. Explicar la operación de cada una de las acciones de control (1, 2)						VI. Describe la operación de cada una de las acciones de control (4)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su ecuación diferencial					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Representar la dinámica de un sistema en el dominio S mediante función(es) de transferencia	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3)	CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de función de transferencia (Relación entrada/salida, Transformada de Laplace).					I. Explica el concepto de función de transferencia (Relación entrada/salida, Transformada de Laplace) (1)
	2. Definir el concepto de función de transferencia propia e impropia.					II. Explica el concepto de función de transferencia propia e impropia (2)
	3. Reconocer los conceptos de polos y ceros de un sistema.					III. Define los conceptos de polos y ceros de un sistema (3).
	4. Identificar los polos de un sistema a partir de su función de transferencia.	IV. Reconoce los polos de un sistema a partir de su función de transferencia (4)				
	PROCEDIMENTALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3)	DESEMPEÑO
	5. Convertir una ecuación diferencial a una ecuación en el dominio S (1)					V. Aplica la transformada de Laplace a una ecuación diferencial (5)
6. Obtener la función de transferencia de un sistema real (1, 2)	PRODUCTO					
7. Extraer la ecuación característica, los polos y ceros de una función de transferencia (3, 4)	VI. Obtiene la función de transferencia de un sistema real (6) VII. Identifica la ecuación característica, los polos y los ceros de una función de transferencia (7)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir el diagrama de bloques de un sistema	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias 2. Exposición	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3)	CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de diagrama de bloques.					I. Explica el concepto de diagrama de bloques (1)
2. Describir las	II. Define las características de los diagramas de bloques (2)					

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

características de los diagramas de bloques.	3. Describir las características del diagrama de bloques de un sistema de control realimentado (Función de transferencia en lazo abierto, trayectoria directa y lazo cerrado).	3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Diagramas (5)	3. Prueba o examen	c. Test (3) d. Taller de problemas (3)	III. Define las características del diagrama de bloques de un sistema de control realimentado (Función de transferencia en lazo abierto, trayectoria directa y lazo cerrado) (3).
4. Construir el diagrama de bloques de un sistema (1, 2, 3)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios (1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3)	IV. Aplica las reglas para la construcción del diagrama de bloques de un sistema (1, 2, 3) PRODUCTO V. Elabora el diagrama de bloques de un sistema (4)	

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica						Horas: 2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su diagrama de bloques	CONCEPTUALES	a. Aprendizaje Individual. b. Aprendizaje colaborativo c. Enseñanza basada en problemas d. Aprendizaje interactivo e. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios (1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3)	CONOCIMIENTO
	1. Reconocer las reglas del álgebra de bloques. 2. Identificar la ecuación característica de un sistema de control realimentado.					I. Comprende las reglas del álgebra de bloques (1) II. Reconoce la ecuación característica de un sistema de control realimentado (2)
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	3. Reducir diagramas de bloques (1)	a. Aprendizaje Individual. b. Aprendizaje colaborativo c. Enseñanza	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios (1, 3)	III. Aplica las reglas para la reducción del diagrama de bloques de un sistema (1, 2, 3)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

		<p>basada en problemas</p> <p>d. Aprendizaje interactivo</p> <p>e. Aprendizaje significativo</p>	<p>c. Análisis y discusión de problemas (3)</p> <p>d. Presentación participativa (4)</p> <p>e. Diagramas (5)</p>	examen	<p>c. Test (3)</p> <p>d. Taller de problemas (3)</p>	<p>PRODUCTO</p> <p>IV. Determina la función de transferencia de un sistema a partir de su diagrama de bloques (4)</p> <p>V. Determina la ecuación característica de un sistema a partir de su diagrama de bloques.</p>
	4. Obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su diagrama de bloques (1, 2)					
	5. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su diagrama de bloques (1, 2)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica						Horas: 1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir el gráfico de flujo de señal de un sistema	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir el GFS.	a. Aprendizaje Individual.	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias	a. Preguntas informales (2)	I. Define que es un GFS (1)
	2. Describir los elementos básicos de un GFS.	b. Aprendizaje colaborativo	b. Consulta (2)	2. Exposición	b. Ejercicios(1, 3)	II. Reconoce los elementos básicos de un GFS (2)
	3. Describir las reglas de construcción de un GFS.	c. Enseñanza basada en problemas	c. Análisis y discusión de problemas (3)	3. Prueba o examen	c. Test (3)	III. Comprende las reglas de construcción de un GFS (3)
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	4. Construir el GFS de un sistema (1, 2, 3)	d. Aprendizaje interactivo	d. Presentación participativa (4)		d. Taller de problemas (3)	IV. Aplica las reglas para la construcción del GFS de un sistema (1, 2, 3)
		a. Aprendizaje colaborativo	a. Resolución y análisis de ejercicios (2)	1. Actividades complementarias	a. Ejercicios(1)	PRODUCTO
		b. Enseñanza basada en problemas	b. Taller de ejercicios (1)	2. Prueba o examen	b. Test (2)	
		c. Aprendizaje significativo	c. Análisis y discusión de problemas (1, 2)		c. Taller de problemas (1, 2)	V. Elabora el GFS de un sistema (4)
			d. Diagramas (5)			

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Conceptos básicos de los sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal de un sistema, y a partir de ellos obtener la función de transferencia, y la ecuación característica					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su GFS	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Describir y aplicar la formula de ganancia (Masón) en el GFS.	a. Aprendizaje Individual. b. Aprendizaje colaborativo c. Enseñanza basada en problemas d. Aprendizaje interactivo e. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	4. Actividades complementarias 5. Exposición 6. Prueba o examen	e. Preguntas informales (2) f. Ejercicios(1, 3) g. Test (3) h. Taller de problemas (3)	I. Identifica la formula de ganancia (Masón) en el GFS (1)
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	2. Extraer la función de transferencia de un sistema a partir de su GFS (1) 3. Obtener la ecuación característica del sistema a partir de su GFS (1)	a. Aprendizaje colaborativo b. Enseñanza basada en problemas c. Aprendizaje significativo	e. Resolución y análisis de ejercicios (2) f. Taller de ejercicios (1) g. Análisis y discusión de problemas (1, 2) h. Diagramas (5)	3. Actividades complementarias 4. Prueba o examen	d. Ejercicios(1) e. Test (2) f. Taller de problemas (1, 2)	II. Aplica la formula de ganancia (Masón) para obtener la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema (1) PRODUCTO III. Obtiene la función de transferencia y la ecuación característica de un sistema a partir de su GFS (4)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Representar un sistema de ecuaciones diferenciales en el espacio de estados mediante las formas canónicas posibles.					Horas:	2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Representar la dinámica de un sistema en el espacio de estados	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de espacio de estados.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3)	I. Precisa el concepto de espacio de estados(1) II. Detalla los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. (2)
	2. Describir los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. 3. Describir las formas canónicas de representación de un sistema en el	4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje				

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	espacio de estados	significativo	(4) e. Lluvia de ideas (5) f. Ilustraciones (5)			
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	4. Establecer las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (1, 2)	f. Aprendizaje Individual. g. Aprendizaje colaborativo h. Enseñanza basada en problemas	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	4. Actividades complementarias 5. Exposición 6. Prueba o examen	e. Preguntas informales (2) f. Ejercicios(1, 3) g. Test (3) h. Taller de problemas (3)	IV. Comprende la aplicación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas dinámicos (1, 2, 3) PRODUCTO V. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (4) VI. Caracteriza un sistema en espacio de estados (5) VII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (6) VIII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (7) IX. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (8)
	5. Representar un sistema en espacio de estados (2)	i. Aprendizaje interactivo				
	6. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (3)	j. Aprendizaje significativo				
	7. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (3)					
	8. Representar un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (3)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL		
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.					Horas: 1,5		
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema eléctrico	CONCEPTUALES						
	1. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas eléctricos.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Lluvia de ideas (5) f. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Precisa el concepto de espacio de estados(1) II. Detalla los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. (2)	
	2. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema.						III. Refiere las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados (3)
	3. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas eléctricos.						
PROCEDIMENTALES							
4. Elaborar la ecuación	1. Aprendizaje Individual.	a. Análisis e interpretación	1. Actividades complementarias	a. Algoritmo (2)	IV. Comprende la representación en el espacio de estados y la aplica		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (1, 2, 3)	2. Aprendizaje colaborativo	b. Consulta (2)	2. Práctica de laboratorio	b. Ejercicios(1, 3)	para el modelado de sistemas dinámicos (1, 2, 3)
	3. Enseñanza basada en problemas	c. Analisis y discusión de problemas (3)	3. Prueba o examen	c. Test (3)	PRODUCTO
5. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas eléctricos (1, 2, 3)	4. Aprendizaje interactivo	d. Presentación participativa (4)		d. Taller de problemas 1, (3)	V. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (4)
	5. Aprendizaje significativo	e. Diagramas (5)			VI. Caracteriza un sistema en espacio de estados (5)
					VII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (6)
					VIII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (7)
					IX. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (8)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Representar un sistema eléctrico en el espacio de estados	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	(Ver representación de un sistema en el espacio de estados)					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	1. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema eléctrico.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa	2. Actividades complementarias 3. Práctica de laboratorio 4. Prueba o examen	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas 1, (3)	I. Comprende la aplicación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas eléctricos (1, 2, 3) PRODUCTO II. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema eléctrico (4) III. Caracteriza un sistema eléctrico en el espacio de estados (5) IV. Caracteriza un sistema eléctrico en el espacio de estados mediante sus formas
2. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados						

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	3. Representar la dinámica de un sistema eléctrico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas		a (4) e. Ilustraciones (5)			canónicas (6)
--	---	--	-------------------------------	--	--	---------------

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
-----------------------	--	---------------

MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema eléctrico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación. Horas: 1

CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema eléctrico	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación de estados.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Reconoce el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación de estados (1) II. Reconoce el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su(s) función(es) de transferencia.(2)
	2. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su(s) función(es) de transferencia.					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	3. Calcular la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados (1)	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Aplica el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema eléctrico a partir de su representación en el espacio de estados (1) IV. Aplica el procedimiento para obtener la representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico a partir de su función de transferencia (2) PRODUCTO V. Obtiene la función de transferencia de un sistema eléctrico con base en su representación en el espacio de estados (3)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

4. Representar un sistema eléctrico en el espacio de estados a partir de su función de transferencia (2)	(5)	VI. Obtiene la representación en el espacio de estados de un sistema eléctrico con base en su función de transferencia (4)
--	-----	--

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
-----------------------	--	---------------

MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación. Horas: 1,5

CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema mecánico	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	1. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas mecánicos traslacionales y rotacionales.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Lluvia de ideas (5) f. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Precisa el concepto de espacio de estados(1) II. Detalla los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. (2)	
	2. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema.	4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo					III. Refiere las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados (3)
	3. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-desplazamiento y torque-ángulo).						
	4. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas mecánicos.						
	PROCEDIMENTALES						DESEMPEÑO
5. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas mecánicos (1, 2, 3, 4)	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	4. Actividades complementarias 5. Práctica de laboratorio 6. Prueba o examen	e. Algoritmo (2) f. Ejercicios(1, 3) g. Test (3) h. Taller de problemas 1, (3)	IV. Comprende la representación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas dinámicos (1, 2, 3) PRODUCTO V. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (4)		
6. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones						VI. Caracteriza un sistema en espacio de estados (5) VII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	más comunes de los sistemas mecánicos (1, 2, 3, 4)					forma canónica controlable (6) VIII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (7) IX. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (8)
--	---	--	--	--	--	--

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Representar un sistema mecánico en el espacio de estados	CONCEPTUALES (Ver representación de un sistema en el espacio de estados)					CONOCIMIENTO
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	2. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema mecánico.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Ilustraciones (5)	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	e. Algoritmo (2) f. Ejercicios(1, 3) g. Test (3) h. Taller de problemas 1, (3)	I. Comprende la aplicación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas mecánicos (1, 2, 3) PRODUCTO II. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema mecánico (4) III. Caracteriza un sistema mecánico en el espacio de estados (5) IV. Caracteriza un sistema mecánico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (6)
	3. Representar la dinámica de un sistema mecánico en el espacio de estados					
4. Representar la dinámica de un sistema mecánico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas						

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema mecánico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TECNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema mecánico.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación de estados.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas	2. Actividades complementarias 3. Exposición 4. Prueba o examen 5. Diagramas de	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3)	I. Reconoce el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación de estados (1)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

2. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema mecánico a partir de su(s) función(es) de transferencia.	5. Aprendizaje significativo	(3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	información	e. Cuadro sinóptico (4)	II. Reconoce el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema mecánico a partir de su(s) función(es) de transferencia.(2)
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
3. Calcular la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados (1)	11. Aprendizaje Individual. 12. Aprendizaje colaborativo 13. Enseñanza basada en problemas 14. Aprendizaje interactivo 15. Aprendizaje significativo	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa (4) o. Diagramas (5)	8. Actividades complementarias 9. Práctica de laboratorio 10. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Aplica el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema mecánico a partir de su representación en el espacio de estados (1) IV. Aplica el procedimiento para obtener la representación en el espacio de estados de un sistema mecánico a partir de su función de transferencia (2)
6. Representar un sistema mecánico en el espacio de estados a partir de su función de transferencia (2)					PRODUCTO V. Obtiene la función de transferencia de un sistema mecánico con base en su representación en el espacio de estados (3) VI. Obtiene la representación en el espacio de estados de un sistema mecánico con base en su función de transferencia (4)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN		VERSIÓN FINAL		
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.				Horas: 1,5		
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema hidráulico	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	7. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas hidráulicos traslacionales y rotacionales.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas	g. Análisis e interpretación de lectura (1) h. Consulta (2) i. Análisis y discusión de problemas (3) j. Presentación participativa (4) k. Lluvia de ideas (5) l. Ilustraciones (5)	5. Actividades complementarias 6. Exposición 7. Prueba o examen 8. Diagramas de información	f. Preguntas informales (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas (3) j. Cuadro sinóptico (4)	I. Precisa el concepto de espacio de estados(1) II. Detalla los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. (2)
	8. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema.	9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo				
9. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los						

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-desplazamiento y torque-ángulo).					
	10. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas hidráulicos.					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	11. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (1, 2, 3, 4)	11. Aprendizaje Individual. 12. Aprendizaje colaborativo 13. Enseñanza basada en problemas 14. Aprendizaje interactivo 15. Aprendizaje significativo	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa (4) o. Diagramas (5)	7. Actividades complementarias 8. Práctica de laboratorio 9. Prueba o examen	i. Algoritmo (2) j. Ejercicios(1, 3) k. Test (3) l. Taller de problemas 1, (3)	IV. Comprende la representación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas dinámicos (1, 2, 3) PRODUCTO V. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (4) VI. Caracteriza un sistema en espacio de estados (5) VII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (6) VIII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica observable (7) IX. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (8)
	12. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas hidráulicos (1, 2, 3, 4)					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.						Horas: 1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Representar un sistema hidráulico en el espacio de estados.	CONCEPTUALES (Ver representación de un sistema en el espacio de estados).					CONOCIMIENTO
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	3. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema hidráulico.	11. Aprendizaje Individual. 12. Aprendizaje colaborativo 13. Enseñanza basada en problemas 14. Aprendizaje interactivo 15. Aprendizaje significativo	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa (4) o. Ilustraciones (5)	8. Actividades complementarias 9. Práctica de laboratorio 10. Prueba o examen	i. Algoritmo (2) j. Ejercicios(1, 3) k. Test (3) l. Taller de problemas 1, (3)	I. Comprende la aplicación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas hidráulicos (1, 2, 3) PRODUCTO II. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema hidráulico (4) III. Caracteriza un sistema hidráulico en el espacio de estados (5) IV. Caracteriza un sistema hidráulico en el espacio de
	4. Representar la dinámica de un sistema hidráulico en el espacio de estados					

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

5. Representar la dinámica de un sistema hidráulico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas					estados mediante sus formas canónicas (6)
--	--	--	--	--	---

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
-----------------------	--	---------------

MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema hidráulico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación. Horas: 1

CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TECNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema hidráulico.	<p>CONCEPTUALES</p> <p>4. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación de estados.</p> <p>5. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema hidráulico a partir de su(s) función(es) de transferencia.</p>	<p>6. Aprendizaje Individual.</p> <p>7. Aprendizaje colaborativo</p> <p>8. Enseñanza basada en problemas</p> <p>9. Aprendizaje interactivo</p> <p>10. Aprendizaje significativo</p>	<p>f. Análisis e interpretación de lectura (1)</p> <p>g. Consulta (2)</p> <p>h. Análisis y discusión de problemas (3)</p> <p>i. Presentación participativa (4)</p> <p>j. Ilustraciones (5)</p>	<p>7. Actividades complementarias</p> <p>8. Exposición</p> <p>9. Prueba o examen</p> <p>10. Diagramas de información</p>	<p>f. Preguntas informales (2)</p> <p>g. Ejercicios(1, 3)</p> <p>h. Test (3)</p> <p>i. Taller de problemas (3)</p> <p>j. Cuadro sinóptico (4)</p>	<p>CONOCIMIENTO</p> <p>I. Reconoce el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación de estados (1)</p> <p>II. Reconoce el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema hidráulico a partir de su(s) función(es) de transferencia.(2)</p>
	<p>PROCEDIMENTALES</p> <p>6. Calcular la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados (1)</p> <p>11. Representar un sistema hidráulico en el espacio de estados a partir de su función de transferencia (2)</p>	<p>16. Aprendizaje Individual.</p> <p>17. Aprendizaje colaborativo</p> <p>18. Enseñanza basada en problemas</p> <p>19. Aprendizaje interactivo</p> <p>20. Aprendizaje significativo</p>	<p>p. Análisis e interpretación de lectura (1)</p> <p>q. Consulta (2)</p> <p>r. Análisis y discusión de problemas (3)</p> <p>s. Presentación participativa (4)</p> <p>t. Diagramas (5)</p>	<p>11. Actividades complementarias</p> <p>12. Práctica de laboratorio</p> <p>13. Prueba o examen</p>	<p>j. Algoritmo (2)</p> <p>k. Ejercicios(1, 3)</p> <p>l. Test (3)</p> <p>m. Taller de problemas 1, (3)</p>	<p>DESEMPEÑO</p> <p>III. Aplica el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema hidráulico a partir de su representación en el espacio de estados (1)</p> <p>IV. Aplica el procedimiento para obtener la representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico a partir de su función de transferencia (2)</p> <p>PRODUCTO</p> <p>V. Obtiene la función de transferencia de un sistema hidráulico con base en su representación en el espacio de estados (3)</p> <p>VI. Obtiene la representación en el espacio de estados de un sistema hidráulico con base en su función de transferencia (4)</p>

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
-----------------------	--	---------------

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.						Horas: 1,5	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Obtener la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema térmico.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	13. Reconocer las leyes físicas que gobiernan los sistemas traslacionales y rotacionales.	11. Aprendizaje Individual. 12. Aprendizaje colaborativo 13. Enseñanza basada en problemas	m. Análisis e interpretación de lectura (1) n. Consulta (2) o. Análisis y discusión de problemas (3) p. Presentación participativa (4) q. Lluvia de ideas (5) r. Ilustraciones (5)	9. Actividades complementarias 10. Exposición 11. Prueba o examen 12. Diagramas de información	k. Preguntas informales (2) l. Ejercicios(1, 3) m. Test (3) n. Taller de problemas (3) o. Cuadro sinóptico (4)	I. Precisa el concepto de espacio de estados(1) II. Detalla los componentes de las ecuaciones de estados y de salida. (2) III. Refiere las formas canónicas de representación de un sistema en el espacio de estados (3)	
	14. Reconocer los componentes físicos y las ecuaciones dinámicas que determinan el comportamiento de los mismos en el sistema.	14. Aprendizaje interactivo 15. Aprendizaje significativo					
	15. Identificar las variables relacionadas en las ecuaciones dinámicas de los componentes físicos en los sistemas traslacionales y rotacionales (fuerza-desplazamiento y torque-ángulo).						
	16. Identificar las configuraciones más comunes para los sistemas térmicos.						
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO	
	17. Elaborar la ecuación diferencial que caracteriza el comportamiento dinámico de las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (1, 2, 3, 4)	16. Aprendizaje Individual. 17. Aprendizaje colaborativo 18. Enseñanza basada en problemas 19. Aprendizaje interactivo 20. Aprendizaje significativo	p. Análisis e interpretación de lectura (1) q. Consulta (2) r. Análisis y discusión de problemas (3) s. Presentación participativa (4) t. Diagramas (5)	10. Actividades complementarias 11. Práctica de laboratorio 12. Prueba o examen	m. Algoritmo (2) n. Ejercicios(1, 3) o. Test (3) p. Taller de problemas 1, (3)	IV. Comprende la representación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas dinámicos (1, 2, 3) PRODUCTO V. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema (4) VI. Caracteriza un sistema en espacio de estados (5) VII. Caracteriza un sistema en espacio de estados mediante la forma canónica controlable (6) VIII. Caracteriza un sistema en el espacio de estados mediante la forma canónica observable (7) IX. Caracteriza un sistema en el espacio de estados mediante la forma canónica diagonal (8)	
	18. Elaborar la función de transferencia para las configuraciones más comunes de los sistemas térmicos (1, 2, 3, 4)						

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.						Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Representar un sistema térmico en el espacio de estados.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	(Ver representación de un sistema en el espacio de estados).						
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO	
	4. Determinar las variables de estado involucradas en un sistema térmico.	16. Aprendizaje Individual. 17. Aprendizaje colaborativo 18. Enseñanza basada en problemas 19. Aprendizaje interactivo 20. Aprendizaje significativo	p. Análisis e interpretación de lectura (1) q. Consulta (2) r. Análisis y discusión de problemas (3) s. Presentación participativa (4) t. Ilustraciones (5)	11. Actividades complementarias 12. Práctica de laboratorio 13. Prueba o examen	m. Algoritmo (2) n. Ejercicios(1, 3) o. Test (3) p. Taller de problemas 1, (3)	I. Comprende la aplicación en el espacio de estados y la aplica para el modelado de sistemas térmicos (1, 2, 3) PRODUCTO II. Identifica las variables de estado para representar dinámicamente un sistema térmico (4) III. Caracteriza un sistema térmico en el espacio de estados (5) IV. Caracteriza un sistema térmico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas (6)	
5. Representar la dinámica de un sistema térmico en el espacio de estados							
6. Representar la dinámica de un sistema térmico en el espacio de estados mediante sus formas canónicas							

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL		
MODULO DE FORMACIÓN: Modelado matemático de sistemas dinámicos							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Determinar la ecuación diferencial de un sistema térmico y a partir de ella, obtener tanto la función de transferencia como la ecuación de espacio de estados y su relación.						Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TECINAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Relacionar la representación en el espacio de estados con la función de transferencia de un sistema térmico.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	7. Identificar el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema a partir de su representación de estados.	11. Aprendizaje Individual. 12. Aprendizaje colaborativo 13. Enseñanza basada en problemas 14. Aprendizaje interactivo 15. Aprendizaje significativo	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa (4) o. Ilustraciones (5)	12. Actividades complementarias 13. Exposición 14. Prueba o examen 15. Diagramas de información	k. Preguntas informales (2) l. Ejercicios(1, 3) m. Test (3) n. Taller de problemas (3) o. Cuadro sinóptico (4)	I. Reconoce el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación de estados (1) II. Reconoce el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema térmico a partir de su(s) función(es) de transferencia.(2)	
	8. Identificar el procedimiento para obtener la representación en espacio de estados de un sistema térmico a partir de su(s) función(es) de transferencia.						

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

PROCEDIMENTALES						DESEMPEÑO	
9. Calcular la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados (1)	21. Aprendizaje Individual. 22. Aprendizaje colaborativo 23. Enseñanza basada en problemas 24. Aprendizaje interactivo 25. Aprendizaje significativo	u. Análisis e interpretación de lectura (1) v. Consulta (2) w. Análisis y discusión de problemas (3) x. Presentación participativa (4) y. Diagramas (5)	14. Actividades complementarias 15. Práctica de laboratorio 16. Prueba o examen	n. Algoritmo (2) o. Ejercicios(1, 3) p. Test (3) q. Taller de problemas 1, (3)	III. Aplica el procedimiento para obtener la función de transferencia de un sistema térmico a partir de su representación en el espacio de estados (1) IV. Aplica el procedimiento para obtener la representación en el espacio de estados de un sistema térmico a partir de su función de transferencia (2)	PRODUCTO V. Obtiene la función de transferencia de un sistema térmico con base en su representación en el espacio de estados (3) VI. Obtiene la representación en el espacio de estados de un sistema térmico con base en su función de transferencia (4)	
16. Representar un sistema térmico en el espacio de estados a partir de su función de transferencia (2)							

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Evaluar el comportamiento temporal de un sistema de control, tanto en estado estable como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su desempeño en el dominio del tiempo					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Identificar señales de prueba típicas para sistemas de control y su respectiva respuesta	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola).	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Reconoce la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola). (1) II. Reconoce la característica física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola). (2)
	2. Identificar la característica física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola).					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	3. Relacionar la gráfica de la señal de salida de un sistema ante señales de entrada de prueba típicas con el	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2)	17. Actividades complementarias 18. Práctica de laboratorio	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de	III. Asocia la gráfica de la señal de salida de un sistema ante señales de entrada de prueba típicas con el comportamiento

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

comportamiento físico del mismo.	basada en problemas	h. Análisis y discusión de problemas (3)	19. Prueba o examen	problemas 1, (3)	físico del mismo (3)
	9. Aprendizaje interactivo	i. Presentación participativa (4)			PRODUCTO
	10. Aprendizaje significativo	j. Diagramas (5)			V. Obtiene las graficas de la señal de salida de un sistema con respecto a las señales de prueba típicas (2)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL				
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control									
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control									
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Evaluar el comportamiento temporal de un sistema de control, tanto en estado estable como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su desempeño en el dominio del tiempo.					Horas:	2			
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE			
Evaluar el error de seguimiento de un sistema de control ante las señales de prueba típicas	CONCEPTUALES	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	CONOCIMIENTO			
	1. Definir el concepto de error en estado estable.								I. Reconoce la forma y característica de cada una de las señales de prueba típicas (escalón, rampa, parábola). (1)
	2. Relacionar el valor del error en estado estable con la cantidad de polos en el origen de la función de transferencia de un sistema.								II. Reconoce la característica física posible a evaluar en un sistema con la aplicación de cada una de las entradas de prueba típicas (escalón, rampa y parábola). (2)
	3. Identificar el error en estado estable como medida de precisión de un sistema.								
	PROCEDIMENTALES	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	DESEMPEÑO			
4. Calcular analíticamente el valor del error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas.								III. Aplica analíticamente el valor del error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas. (4) IV. Aplica gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas.	
5. Calcular gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba típicas.					PRODUCTO				
						V. Obtiene analítica y gráficamente el error de seguimiento de un sistema ante cada uno de los tipos de señales de prueba. (2)			

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Evaluar el comportamiento temporal de un sistema de control, tanto en estado estable					Horas:	2

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

como transitorio, ante señales de prueba típicas, y caracterizar su desempeño en el dominio del tiempo.						
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Caracterizar el desempeño de un sistema de control en el dominio del tiempo	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Reconocer la respuesta al escalón de un sistema como medio de caracterización de la respuesta transitoria del mismo.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Identifica la respuesta al escalón de un sistema como medio de caracterización de la respuesta transitoria del mismo. (1)
	2. Definir las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (sobrepaso máximo, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento y tiempo de asentamiento).					II. Reconoce las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema (sobrepaso máximo, tiempo de retardo, tiempo de levantamiento y tiempo de asentamiento). (2)
	3. Describir las ecuaciones en tiempo y función de transferencia de la respuesta transitoria de un sistema prototipo de primer y segundo orden.					III. Determina las ecuaciones en tiempo y función de transferencia de la respuesta transitoria de un sistema prototipo de primer y segundo orden.
	4. Identificar la influencia de parámetros como el factor de amortiguamiento relativo, la frecuencia natural no amortiguada y la frecuencia natural amortiguada en la forma de respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos.					Reconoce la influencia de parámetros como el factor de amortiguamiento relativo, la frecuencia natural no amortiguada y la frecuencia natural amortiguada en la forma de respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos.
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
5. Calcular gráficamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	6. Actividades complementarias 7. Práctica de laboratorio 8. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Obtiene gráficamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema. (5)	
9. Calcular analíticamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos a					IV. Obtiene analíticamente el valor de las medidas de desempeño que caracterizan la respuesta transitoria de un sistema prototipo de orden dos a partir de su función de transferencia. (6) V. Construye la forma de la señal de salida de un sistema ante la entrada escalón con sistemas prototipo de orden uno y dos. (7) VI. Reconoce formas de respuesta para un sistema de control consideradas como características de desempeño favorables. (8)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	partir de su función de transferencia.					
	10. Asociar la forma de la señal de salida de un sistema ante la entrada escalón con sistemas prototipo de orden uno y dos.					PRODUCTO
	11. Identificar formas de respuesta para un sistema de control consideradas como características de desempeño favorables.					VII. Obtiene gráfica y analíticamente las formas de respuesta en el tiempo para un sistema de control ante señales de entrada típicas.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado con base en la ubicación de sus polos de lazo cerrado.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el efecto sobre las medidas de desempeño de la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos, al añadir polos y ceros en su función de transferencia de lazo abierto y de lazo cerrado.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Reconoce el efecto sobre las medidas de desempeño de la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos, al añadir polos y ceros en su función de transferencia de lazo abierto y de lazo cerrado. (1)
	2. Identificar el concepto de polos dominantes de un sistema de lazo cerrado.					II. Reconoce el concepto de polos dominantes de un sistema de lazo cerrado. (2)
	3. Identificar el efecto de la localización de polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado.					III. Reconoce el efecto de la localización de polos dominantes sobre la respuesta transitoria de un sistema realimentado. (3)
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	4. Asociar la localización de un par de polos dominantes en lazo cerrado de un sistema con el valor de la frecuencia natural no amortiguada y el	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3)	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Relaciona la localización de un par de polos dominantes en lazo cerrado de un sistema con el valor de la frecuencia natural no amortiguada y el factor de amortiguamiento relativo del sistema. (5)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	factor de amortiguamiento relativo del sistema.	10. Aprendizaje significativo	i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)			
	8. Asociar las formas de respuesta en el tiempo para una determinada ubicación de polos de lazo cerrado.					IV. Relaciona las formas de respuesta en el tiempo para una determinada ubicación de polos de lazo cerrado. (6)
						PRODUCTO
						VII. Obtiene la forma de respuesta de un sistema realimentado, su estabilidad y el desempeño.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Clasificar la estabilidad de un sistema en función de sus polos de lazo cerrado.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	f. Preguntas informales (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas (3) j. Cuadro sinóptico (4)	I. Determina la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (1) II. Determina la inestabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (2)
	2. Definir la inestabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado.	4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo				III. Determina la estabilidad marginal de un sistema en función de la localización de sus polos. (3)
	3. Definir la estabilidad marginal de un sistema en función de la localización de sus polos.					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	4. Clasificar la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa (4) o. Diagramas (5)	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Determina la estabilidad de un sistema en función de la localización de los polos de lazo cerrado. (5) PRODUCTO VII. Determina la estabilidad de un sistema en función de sus polos en lazo cerrado. (1)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Describir la forma de respuesta de un sistema realimentado, y determinar su estabilidad utilizando la ubicación de sus polos en lazo cerrado y el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.					Horas: 2	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Determinar la estabilidad de un sistema utilizando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar las características de la tabla de Routh.	1. Aprendizaje Individual.	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias	a. Preguntas informales (2)	I. Determina las características de la tabla de Routh. (1)
	2. Identificar los casos especiales en donde la tabulación de Routh termina prematuramente.	2. Aprendizaje colaborativo	b. Consulta (2)	2. Exposición	b. Ejercicios(1, 3)	II. Determina los casos especiales en donde la tabulación de Routh termina prematuramente. (2)
	3. Definir el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz.	3. Enseñanza basada en problemas	c. Análisis y discusión de problemas (3)	3. Prueba o examen	c. Test (3)	III. Determina el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz. (3)
		4. Aprendizaje interactivo	d. Presentación participativa (4)	4. Diagramas de información	d. Taller de problemas (3)	
		5. Aprendizaje significativo	e. Ilustraciones (5)		e. Cuadro sinóptico (4)	
		PROCEDIMENTALES				DESEMPEÑO
	4. Construir la tabla de Routh a partir de la ecuación característica del sistema en lazo cerrado.	6. Aprendizaje Individual.	f. Análisis e interpretación de lectura (1)	5. Actividades complementarias	f. Algoritmo (2)	III. Construye la tabla de Routh a partir de la ecuación característica del sistema en lazo cerrado. (4)
	8. Calcular la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano "s" mediante el criterio de Routh Hurwitz.	7. Aprendizaje colaborativo	g. Consulta (2)	6. Práctica de laboratorio	g. Ejercicios(1, 3)	IV. Obtiene la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano "s" mediante el criterio de Routh Hurwitz.
		8. Enseñanza basada en problemas	h. Análisis y discusión de problemas (3)	7. Prueba o examen	h. Test (3)	PRODUCTO
	9. Aprendizaje interactivo	i. Presentación participativa (4)		i. Taller de problemas 1, (3)	V. Obtiene la tabla de Routh Hurwitz para determinar la estabilidad de un sistema.	
	10. Aprendizaje significativo	j. Diagramas (5)				

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad.					Horas: 3	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Interpretar la condición de Magnitud y Angulo para sistemas con realimentación negativa.	1. Aprendizaje Individual.	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias	a. Preguntas informales (2)	I. Comprende la condición de Magnitud y Angulo para sistemas con realimentación negativa. (1)
	2. Interpretar el concepto de lugar de las raíces.	2. Aprendizaje colaborativo	b. Consulta (2)	2. Exposición	b. Ejercicios(1, 3)	II. Comprende el concepto de lugar de las raíces. (2)
		3. Enseñanza basada en problemas	c. Análisis y discusión de problemas (3)	3. Prueba o examen	c. Test (3)	
		4. Aprendizaje		4. Diagramas de información	d. Taller de problemas (3)	
					e. Cuadro sinóptico (4)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

3. Identificar las reglas generales para la construcción del lugar de las raíces de un sistema.	5. Aprendizaje significativo	d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	n		III. Determina las reglas generales para la construcción del lugar de las raíces de un sistema. (3)
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
4. Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	5. Actividades complementarias 6. Práctica de laboratorio 7. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Construye el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado. (4) IV. Comprende que un punto en el plano "s" pertenece al lugar de las raíces de un sistema en análisis.
8. Demostrar que un punto en el plano "s" pertenece al lugar de las raíces de un sistema en análisis.	8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo				PRODUCTO V. Construye el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de lazo cerrado del sistema en un punto definido de su lugar de las raíces	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía la ganancia de lazo directo "k".	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Ilustraciones (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Comprende el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía la ganancia de lazo directo "k". (1) II. Determina el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía un parámetro que no aparece como factor multiplicativo de la ganancia de lazo directo. (2)
	2. Identificar el movimiento de los polos en lazo cerrado en el plano "s" de un sistema de control realimentado conforme varía un parámetro que no aparece como factor multiplicativo de la ganancia de lazo directo.					
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	3. Calcular el valor de la ganancia de trayectoria directa "k" que permite la localización de los polos en una posición determinada del lugar de las raíces.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3)	4. Actividades complementarias 5. Práctica de laboratorio 6. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	III. Obtiene el valor de la ganancia de trayectoria directa "k" que permite la localización de los polos en una posición determinada del lugar de las raíces. (3)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

7. Calcular el valor de un parámetro variable en un sistema de control realimentado que permita llevar los polos de un sistema a una posición determinada en el lugar de las raíces.	10. Aprendizaje significativo	i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)		IV. Obtiene el valor de un parámetro variable en un sistema de control realimentado que permita llevar los polos de un sistema a una posición determinada en el lugar de las raíces.
				PRODUCTO
				V. Determina el movimiento de los polos de un sistema de control realimentado en el plano "s"
				VI. Determina el valor de la ganancia "k" de un sistema de control realimentado.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado, calcular el valor de la ganancia "k" u otro parámetro que permita localizar los polos de un sistema en un punto definido de su lugar de las raíces y obtener sus valores críticos de estabilidad.					Horas:	1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Obtener los valores críticos que llevan a un sistema a su límite de estabilidad	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	1. Calcular el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado con los cuales se llegue al límite de estabilidad del mismo.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y discusión de problemas (3) d. Presentación participativa (4) e. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas 1, (3)	III. Obtiene el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado con los cuales se llegue al límite de estabilidad del mismo.
						PRODUCTO
						V. Determina el(los) valor(es) críticos de uno o dos parámetros variables en un sistema realimentado.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode, y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.					Horas:	2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir el concepto de traza de Bode.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje	k. Análisis e interpretación de lectura (1) l. Consulta (2) m. Análisis y discusión de problemas (3) n. Presentación participativa	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Diagramas de información	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (3) e. Cuadro sinóptico (4)	I. Comprende el concepto de traza de Bode. (1)
2. Identificar las características de las trazas de Bode.						II. Determina las características de las trazas de Bode.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

3. Reconocer grafica y analíticamente los aportes en las trazas de Bode de cada uno de los factores implicados en el modelo de un sistema (ganancia, factor integral y derivada, factor de primer orden y factor cuadrático).	significativo	(4)			III. Determina grafica y analíticamente los aportes en las trazas de Bode de cada uno de los factores implicados en el modelo de un sistema (ganancia, factor integral y derivada, factor de primer orden y factor cuadrático).
4. Identificar el procedimiento general para graficar las trazas de Bode.		o. Ilustraciones (5)			IV. Determina el procedimiento general para graficar las trazas de Bode.
5. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Bode en el análisis del comportamiento de un sistema.					V. Determina las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Bode en el análisis del comportamiento de un sistema.
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
6. Construir trazas de Bode para un sistema por medio de aproximaciones asintóticas del modelo del sistema	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas	p. Análisis e interpretación de lectura (1) q. Consulta (2) r. Análisis y discusión de problemas (3) s. Presentación participativa (4) t. Diagramas (5)	7. Actividades complementarias 8. Práctica de laboratorio 9. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)	VI. Obtiene trazas de Bode para un sistema por medio de aproximaciones asintóticas del modelo del sistema.
10. Interpretar la lectura de la traza de Bode de un sistema	9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo				VII. Comprueba la lectura de la traza de Bode de un sistema
11. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Bode					IV. Obtiene la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Bode.
					PRODUCTO
					V. Obtiene la gráfica del diagrama de Bode de un sistema de control realimentado.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode, y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.					Horas: 2	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su diagrama de Bode	CONCEPTUALES 1. Definir el concepto de margen de fase y margen de ganancia de un sistema.	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Análisis y	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de	CONOCIMIENTO I. Comprende el concepto de margen de fase y margen de ganancia de un sistema. (1)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

2. Identificar de forma grafica el margen de fase y el margen de ganancia en las trazas de Bode.	4. Aprendizaje interactivo	discusión de problemas (3)	4. Diagramas de información	e. Cuadro sinóptico (4)	II. Determina de forma grafica el margen de fase y el margen de ganancia en las trazas de Bode.
3. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.	5. Aprendizaje significativo	d. Presentación participativa (4)			III. Determina la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.
4. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo en un sistema prototipo de orden dos.		e. Ilustraciones (5)			IV. Determina la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo en un sistema prototipo de orden dos.
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
5. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode.	6. Aprendizaje Individual.	f. Análisis e interpretación de lectura (1)	6. Actividades complementarias	f. Algoritmo (2)	VI. Obtiene el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema mediante su traza de Bode.
9. Determinar la estabilidad de un sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia.	7. Aprendizaje colaborativo	g. Consulta (2)	7. Práctica de laboratorio	g. Ejercicios(1, 3)	
	8. Enseñanza basada en problemas	h. Análisis y discusión de problemas (3)	8. Prueba o examen	h. Test (3)	VII. Comprueba la estabilidad de un sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia.
	9. Aprendizaje interactivo	i. Presentación participativa (4)		i. Taller de problemas 1, (3)	
	10. Aprendizaje significativo	j. Diagramas (5)			PRODUCTO
					V. Obtiene a partir del margen de ganancia y del margen de fase la estabilidad de un sistema de control realimentado.

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su diagrama de Bode, y determinar su estabilidad calculando los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia.					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su diagrama de Bode	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Definir los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda).	1. Aprendizaje Individual.	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias	a. Preguntas informales (2)	I. Comprende los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) (1)
	2. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema por medio de su traza de Bode.	2. Aprendizaje colaborativo	b. Consulta (2)	2. Exposición	b. Ejercicios(1, 3)	II. Determina los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de su traza de Bode.
		3. Enseñanza basada en problemas	c. Análisis y discusión de problemas (3)	3. Prueba o examen	c. Test (3)	
		4. Aprendizaje interactivo	d. Presentación participativa (4)	4. Diagramas de información	d. Taller de problemas (3)	
		5. Aprendizaje significativo	e. Ilustraciones (5)		e. Cuadro sinóptico (4)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

3. Identificar en forma general las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema.						III. Determina en forma general las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema.
4. Identificar las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema de orden dos.						IV. Determina las relaciones entre los criterios de desempeño en frecuencia y los parámetros que identifican el comportamiento en el tiempo de un sistema de orden dos.
PROCEDIMENTALES						DESEMPEÑO
5. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza de Bode.	6. Aprendizaje Individual. 7. Aprendizaje colaborativo 8. Enseñanza basada en problemas 9. Aprendizaje interactivo 10. Aprendizaje significativo	f. Análisis e interpretación de lectura (1) g. Consulta (2) h. Análisis y discusión de problemas (3) i. Presentación participativa (4) j. Diagramas (5)	6. Actividades complementarias 7. Práctica de laboratorio 8. Prueba o examen	f. Algoritmo (2) g. Ejercicios(1, 3) h. Test (3) i. Taller de problemas 1, (3)		VI. Obtiene el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza de Bode.
9. Calcular el valor de los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a partir de la función de transferencia de un sistema prototipo de orden dos.						VII. Obtiene el valor de los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a partir de la función de transferencia de un sistema prototipo de orden dos.
						PRODUCTO
						VIII. Determina los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda).

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist						Horas: 2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar	CONCEPTUALES 2. Definir el concepto de traza polar (traza de Nyquist).	26. Aprendizaje interactivo 27. Aprendizaje	f. Presentación participativa (1)	20. Actividades complementarias	Z. Preguntas informales (2)	CONOCIMIENTO I. Explica que es la traza polar (traza de Nyquist) (1)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

4. Definir los conceptos de contorno cerrado, punto encerrado y rodeo.	28. Aprendizaje colaborativo	g. Exposición (1, 3)	21. Exposición	aa. Ejercicios(1, 3)	II. Explica que es contorno cerrado, punto encerrado y rodeo (2)
5. Definir el teorema del mapeo (principio del argumento).	29. Enseñanza basada en problemas	h. Consulta (2, 3)	22. Prueba o examen	bb. Test (3)	III. Explica el teorema del mapeo (principio del argumento) (3)
6. Identificar las características y formas generales de las trazas polares para diferentes sistemas.	30. Aprendizaje significativo	i. Análisis y discusión de problemas (3)		cc. Taller de problemas (1, 3)	IV. Reconoce las características y formas generales de las trazas polares para diferentes sistemas (4)
7. Definir el concepto y características de la trayectoria de Nyquist.		j. Tareas individuales(2)			V. Explica la trayectoria de Nyquist y sus características (5)
8. Reconocer el uso del teorema del mapeo en sistemas de lazo cerrado. (8, 9, 10, 11)		k. Taller de ejercicios (3)			VI. Comprende el uso del teorema del mapeo en sistemas de lazo cerrado. (6)
9. Reconocer el uso del criterio de Nyquist para el análisis de la estabilidad de sistemas en lazo cerrado.		l. Resolución y análisis de ejercicios (4)			VII. Comprende el uso del criterio de Nyquist para el análisis de la estabilidad de sistemas en lazo cerrado (7)
10. Identificar las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Nyquist en el análisis del comportamiento de un sistema.		m. Simulaciones (4)			VIII. Reconoce las ventajas y desventajas del uso de las trazas de Nyquist en el análisis del comportamiento de un sistema.
PROCEDIMENTALES		n. Ilustraciones (5)			DESEMPEÑO
11. Construir la traza polar de un sistema (1, 2)	1. Aprendizaje Individual.	o. Diagramas (5)			IX. Aplica el procedimiento y los conceptos necesarios para construir la traza de Nyquist de un sistema (1)
	2. Aprendizaje colaborativo			j. Algoritmo (2)	PRODUCTO
	3. Enseñanza basada en problemas	a. Análisis e interpretación de lectura (1)	1. Actividades complementarias	k. Ejercicios(1, 3)	X. Elabora la traza polar de un sistema (9)
	4. Aprendizaje interactivo	b. Consulta (2)	2. Práctica de laboratorio	l. Test (3)	
	5. Aprendizaje significativo	c. Resolución y análisis de ejercicios (3)	3. Prueba o examen	m. Taller de problemas (1, 3)	XI. Deducer la información de un sistema mediante la lectura de su traza de Nyquist (10)
5. Interpretar la lectura de la traza de Nyquist de un sistema (1, 2, 3)		d. Simulaciones (3)			
		e. Presentación participativa (4)			
		f. Diagramas (5)			

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

6. Hallar la cantidad de polos inestables en lazo cerrado del sistema (3, 5, 6, 7)						XII. Descubre la cantidad de polos inestables en lazo cerrado del sistema (11)
12. Determinar la estabilidad de un sistema en lazo cerrado utilizando el criterio de Nyquist (3, 4, 5, 6, 7)						XIII. Diagnostica la estabilidad de un sistema en lazo cerrado utilizando el criterio de Nyquist (12)
13. Realizar un bosquejo rápido de la traza de Nyquist de un sistema a partir de la función de transferencia del mismo (1, 2)						XIV. Elabora un bosquejo rápido de la traza de Nyquist de un sistema a partir de la función de transferencia del mismo (1, 2)
14. Determinar la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Nyquist e información de su estabilidad(2, 3, 4, 5)						XV. Describe la forma de la función de transferencia de un sistema a partir de su traza de Nyquist e información de su estabilidad(2, 3, 4, 5)

SISTEMAS DE CONTROL I

PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

VERSIÓN FINAL

MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist

Horas: 1

CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nyquist	<p>CONCEPTUALES</p> <p>1. Identificar de forma gráfica el margen de fase y margen de ganancia mediante la traza polar.</p> <p>2. Identificar la influencia del margen de fase y margen de ganancia en la estabilidad de un sistema</p>	<p>1. Aprendizaje interactivo</p> <p>2. Aprendizaje individual</p> <p>3. Aprendizaje colaborativo</p> <p>4. Enseñanza basada en problemas</p> <p>5. Aprendizaje significativo</p>	<p>a. Presentación participativa (1)</p> <p>b. Exposición (1, 3)</p> <p>c. Consulta (2, 3)</p> <p>d. Análisis y discusión de problemas (3)</p> <p>e. Tareas individuales(2)</p> <p>f. Taller de ejercicios (3)</p>	<p>1. Actividades complementarias</p> <p>2. Exposición</p> <p>3. Prueba o examen</p>	<p>a. Preguntas informales (2)</p> <p>b. Ejercicios(1, 3)</p> <p>c. Test (3)</p> <p>d. Taller de problemas (1, 3)</p>	<p>CONOCIMIENTO</p> <p>I. Determina de forma gráfica el margen de fase y margen de ganancia mediante la traza polar (1)</p> <p>II. Reconoce la influencia del margen de fase y margen de ganancia en la estabilidad de un sistema (2)</p>

FECHA DE EMISIÓN:
30/10/2007

AUTOR
Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala

REVISIÓN:
Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

3. Identificar la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos.		g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)			III. Establece la relación entre el margen de fase y la respuesta en el tiempo de un sistema prototipo de orden dos (3)
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
4. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema por medio de su traza polar (1)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) f. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	IV. Aplica los conceptos de margen de fase y margen de ganancia para determinar la estabilidad de un sistema utilizando su traza de Nyquist (1, 2, 3)
5. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (1, 2)					PRODUCTO V. Calcula el margen de fase y el margen de ganancia de un sistema por medio de su traza polar (4) VI. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (V)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN		VERSIÓN FINAL		
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza polar, determinar su estabilidad y calcular sus criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nyquist						Horas: 1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza polar.	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de su traza polar.	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	I. Reconoce los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de su traza polar (1)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

			(5) j. Diagramas (5)			
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
	2. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza polar (1)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) f. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	II. Utiliza la traza de Nyquist para obtener los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda)(1)
						PRODUCTO
						III. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la traza polar (2)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols					Horas: 2	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema mediante su traza de Nichols	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	2. Reconocer las propiedades de las trazas de magnitud-fase (Carta de Nichols)	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	I. Identifica las propiedades de las trazas de magnitud-fase (Carta de Nichols) (1)
	7. Identificar los lugares geométricos de magnitud constante en las trazas de magnitud-fase (círculos M).		II. Reconoce los lugares geométricos de magnitud constante en las trazas de magnitud-fase (círculos M) (2)			
	8. Identificar los lugares geométricos de ángulo de fase constante en las trazas de magnitud-fase (círculos N).		III. Reconoce los lugares geométricos de ángulo de fase constante en las trazas de magnitud-fase (círculos N) (3)			
9. Interpretar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de la respuesta en frecuencia en lazo abierto por medio de la carta de Nichols. (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)	IV. Describe la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de la respuesta en frecuencia en lazo abierto por medio de la carta de Nichols (4)					

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

10. Identificar las ventajas y desventajas del uso de la carta de Nichols en el análisis del comportamiento de un sistema.		i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)			V. Reconoce las ventajas y desventajas del uso de la carta de Nichols en el análisis del comportamiento de un sistema (5)
PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
11. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo abierto en la carta de Nichols (1)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	VI. Aplica el procedimiento y conocimientos necesarios para construir la carta de Nichols (1, 2, 3) VII. Utiliza la carta de Nichols para describir la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado a partir de su respuesta en frecuencia en lazo abierto (4)
12. Dibujar la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado por medio de la carta de Nichols (1, 2, 3, 4)	3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) e. Diagramas (5)	3. Prueba o examen		VIII. Grafica la respuesta en frecuencia del sistema en lazo abierto en la carta de Nichols (6) IX. Grafica la respuesta en frecuencia del sistema en lazo cerrado por medio de la carta de Nichols (7)
PRODUCTO					

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSION FINAL	
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols					Horas: 1	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Determinar la estabilidad de un sistema mediante su traza de Nichols	CONCEPTUALES 1. Identificar de forma grafica el margen de fase y margen de ganancia por medio de la carta de Nichols. 2. Identificar la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema.	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	CONOCIMIENTO I. Reconoce de forma grafica el margen de fase y margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (1) II. Describe la influencia del margen de fase y el margen de ganancia en la estabilidad de un sistema. (2)
					DESEMPEÑO	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

			<ul style="list-style-type: none"> e. Tareas individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5) 			III. Emplea el margen de fase y el margen de ganancia para determinar la estabilidad de un sistema a partir de su traza de Nichols (1, 2, 3)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
	3. Calcular el margen de fase y el margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (1)	<ul style="list-style-type: none"> 1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo 	<ul style="list-style-type: none"> a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) f. Diagramas (5) 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen 	<ul style="list-style-type: none"> a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) 	IV. Calcula el margen de fase y el margen de ganancia por medio de la carta de Nichols (3)
	4. Determinar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (2)					V. Diagnosticar la estabilidad del sistema por medio de los valores de margen de fase y margen de ganancia (4)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Análisis de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Construir y analizar la respuesta en frecuencia de un sistema, determinar su estabilidad y calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia mediante su traza de Nichols						Horas: 1
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Calcular los criterios de desempeño en el dominio de la frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) a través de su traza de Nichols	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	<ul style="list-style-type: none"> 1. Identificar los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la carta de 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo 	<ul style="list-style-type: none"> a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 	<ul style="list-style-type: none"> a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2) 	I. Reconoce los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) por medio de la carta de Nichols (1)
						DESEMPEÑO

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	Nichols.		individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)			II. Emplea la carta de Nichols para obtener los criterios de desempeño que caracterizan la respuesta en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) (1)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
	2. Calcular el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) en lazo abierto y lazo cerrado, por medio de la carta de Nichols (1)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) g. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen	a. Algoritmo (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	III. Calcula el valor de los criterios de desempeño en frecuencia de un sistema (Magnitud del pico de resonancia, frecuencia de resonancia y ancho de banda) en lazo abierto y lazo cerrado, por medio de la carta de Nichols (2)

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN		VERSIÓN FINAL			
MODULO DE FORMACIÓN: Diseño de sistemas de control							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros característicos, y establecer las propiedades de cada uno de ellos.						Horas:	2
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Obtener la función de	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

transferencia de los controladores P, PD, PI, PID, adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros de diseño y función de transferencia equivalente	1. Identificar la función de transferencia y los parámetros de los controladores P, PI, PD y PID	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis e interpretación de lectura (2) e. Análisis y discusión de problemas (3) f. Tareas individuales (2) g. Taller de ejercicios (3) h. Resolución y análisis de ejercicios (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen 4. Mapa conceptual	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2) f. Mapa conceptual (4)	I. Reconoce la función de transferencia y los parámetros de los controladores P, PI, PD y PID (1) II. Reconoce la función de transferencia y las variables características de los controladores de adelanto, atraso y adelanto-atraso	
	2. Identificar la función de transferencia y las variables características de los controladores de adelanto, atraso y adelanto-atraso						DESEMPEÑO III. Ilustra el procedimiento para obtener la función de transferencia de los controladores P, PD, PI, PID a partir de sus parámetros de diseño y su función de transferencia equivalente (1) IV. Ilustra el procedimiento para obtener la función de transferencia de los controladores de adelanto, atraso y adelanto - atraso a partir de sus parámetros de diseño y su función de transferencia equivalente (1)
	PROCEDIMENTALES						PRODUCTO
3. Representar la función de transferencia de los compensadores P, PI, PD y PID (1)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en	a. Consulta (2) b. Taller de ejercicios (2) c. Resolución y análisis de	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio (software) 3. Prueba o examen	a. Informe (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3)	III. Obtiene la función de transferencia de los compensadores P, PI, PD y PID (3)		

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

4. Representar la función de transferencia de los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso (2)	4. problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo	d. Simulaciones (3) e. Presentación participativa (4) f. Diagramas (5)		IV. Obtiene la función de transferencia de los compensadores de adelanto, atraso y adelanto-atraso (2)
---	--	--	--	--

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	VERSIÓN FINAL
-----------------------	--	---------------

MODULO DE FORMACIÓN: Diseño de sistemas de control

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas

ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Diseñar controladores de la familia PID mediante el método de la localización de polos y el método de sintonización empírica. Horas: 2

CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Diseñar controladores PD, PI y PID analíticamente	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el propósito de utilizar los compensadores P, PI, PD y PID en un sistema realimentado. 2. Describir la sintonización para el diseño de controladores PI, PD y PID usando la forma algebraica	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales (2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)	1. Actividades complementarias 2. Exposición 3. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios (1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	I. Reconoce el propósito de utilizar los compensadores P, PI, PD y PID en un sistema realimentado. (1) II. Explica el proceso para el diseño de controladores PI, PID y PID mediante la localización de polos (2)
	PROCEDIMENTALES					DESEMPEÑO
						III. Aplica la localización de polos para diseñar controladores PD, PI y PID analíticamente (1, 2)
						PRODUCTO

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

3. Calcular el valor de los parámetros (K, Ti, Td) que determinan la función de transferencia de los controladores P, PI, PD y PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante la forma algebraica (1, 2)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo 6. Aprendizaje por descubrimiento	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Solución de casos (3) f. Presentación participativa (4) h. Diagramas (5) i. Proyecto (6)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen 4. Proyecto	a. Informe (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Informe (4)	IV. Diseña controladores P, PI, PD y PID que cumplan con las especificaciones de desempeño dadas mediante la forma algebraica (3)
--	--	---	---	---	---

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN		VERSIÓN FINAL			
MODULO DE FORMACION: Diseño de sistemas de control							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Diseñar controladores de la familia PID mediante el método de la localización de polos y el método de sintonización empírica.						Horas: 2	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Sintonizar empíricamente controladores de la familia PID	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	1. Identificar el propósito de utilizar los compensadores PID en un sistema realimentado.	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales(2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)	a. Actividades complementarias b. Exposición c. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	I. Reconoce el propósito de utilizar los compensadores PID en un sistema realimentado (1) II. Identifica las reglas de Ziegler-Nichols para la sintonización empírica de controladores PID (2)	
	2. Reconocer las reglas de Ziegler-Nichols para la sintonización empírica de controladores PID	4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo					III. Reconoce los parámetros característicos del primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo) (3)
	3. Identificar los parámetros característicos del primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo).						IV. Reconoce los parámetros característicos del segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (ganancia crítica y periodo crítico) (4)
	4. Identificar los parámetros característicos del segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (ganancia crítica y periodo crítico).					DESEMPEÑO	
						V. Aplica el primer	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

						método de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo) para sintonizar compensadores de la familia PID empíricamente (1, 2, 3)
						VI. Aplica el segundo método de Ziegler-Nichols (tiempo de retardo y constante de tiempo) para sintonizar compensadores de la familia PID empíricamente (1, 2, 4)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
5. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el primer método de sintonización de Ziegler-Nichols (1, 2, 3, 4)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo 6. Aprendizaje por descubrimiento	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Solución de casos (3) f. Presentación participativa (4) g. Diagramas (5) h. Proyecto (6)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen 4. Proyecto	a. Informe (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Informe (4)	VII. Diseña empíricamente compensadores de la familia PID utilizando la primera regla de Ziegler - Nichols (5)	
6. Calcular el valor de los parámetros (K, T_i , T_d) que determinan la función de transferencia de un controlador PID que cumplan con las especificaciones de diseño, mediante el segundo método de sintonización de Ziegler-Nichols (1, 2, 3, 4)					VIII. Diseña empíricamente compensadores de la familia PID utilizando la primera regla de Ziegler - Nichols (6)	

SISTEMAS DE CONTROL I		PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN			VERSIÓN FINAL	
MODULO DE FORMACIÓN: Diseño de sistemas de control						
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas						
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia					Horas: 3	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE
Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la técnica del lugar geométrico de las raíces	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO
	1. Identificar el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado 2. A partir de las especificaciones de diseño proporcionadas, determinar la ubicación deseada para los polos dominantes en lazo	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo 4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas	a. Actividades complementarias b. Exposición c. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	I. Reconoce el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado (1) II. Establece la ubicación deseada para los polos dominantes en lazo cerrado partir de las especificaciones de diseño proporcionadas (2)

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

	cerrado		individuales(2)			
	3. Identificar la influencia de los parámetros del compensador sobre el lugar de las raíces de un sistema		f. Taller de ejercicios (3)			III. Reconoce la influencia de los parámetros del compensador sobre el lugar de las raíces de un sistema (3)
	4. Identificar el procedimiento de diseño del compensador mediante la técnica del lugar de las raíces		g. Resolución y análisis de ejercicios (4)			IV. Describir el procedimiento de diseño del compensador mediante la técnica del lugar de las raíces (4)
	5. Identificar la influencia del compensador sobre el comportamiento del sistema en el tiempo		h. Simulaciones (4)			V. Reconocer la influencia del compensador sobre el comportamiento del sistema en el tiempo (5)
	6. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador		i. Ilustraciones (5)			VI. Determina las limitaciones de la implementación del compensador (6)
			j. Diagramas (5)			DESEMPEÑO
						VII. Interpreta las especificaciones de diseño para obtener la posición de los polos en lazo cerrado (1, 2)
						VIII. Aplica la técnica del lugar geométrico de las raíces para diseñar compensadores de la familia adelanto - atraso (3, 4, 5, 6)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
	7. Calcular la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado a partir de las especificaciones de desempeño requeridas en el dominio del tiempo (1, 2)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen 4. Proyecto	a. Informe (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Informe (4)	IX. Calcula la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado a partir de las especificaciones de desempeño requeridas en el dominio del tiempo (7)
	8. Calcular los valores de la ganancia, y la posición de los polos y ceros del compensador que permitan cumplir con las especificaciones de diseño (1, 2, 3, 4, 5, 6)	5. Aprendizaje significativo 6. Aprendizaje por descubrimiento	e. Solución de casos (3) f. Presentación participativa (4) g. Diagramas (5)			X. Calcula los valores de la ganancia, y la posición de los polos y ceros del compensador que permitan cumplir con las especificaciones de diseño (8)
	9. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador no alcance a cumplir con las especificaciones de diseño dadas (6)		h. Proyecto (6) i. Practica de laboratorio (6)			XI. Identifica los casos en donde posiblemente la implementación del compensador no alcance a cumplir con las especificaciones de diseño dadas (9)

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACIÓN DE LAS	VERSIÓN FINAL
-----------------------	-------------------	---------------

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

		ACTIVIDADES DE FORMACIÓN					
MODULO DE FORMACIÓN: Diseño de sistemas de control							
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas							
ACTIVIDAD DE FORMACIÓN: Diseñar compensadores de la familia adelanto-atraso utilizando las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia						Horas: 3	
CRITERIOS	CONTENIDOS	ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE ENSEÑANZA	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN	EVIDENCIAS DE APRENDIZAJE	
Diseñar un compensador de adelanto, atraso o adelanto-atraso mediante la respuesta en frecuencia	CONCEPTUALES					CONOCIMIENTO	
	1. Identificar el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado	1. Aprendizaje interactivo 2. Aprendizaje individual 3. Aprendizaje colaborativo	a. Presentación participativa (1) b. Exposición (1, 3) c. Consulta (2, 3) d. Análisis y discusión de problemas (3) e. Tareas individuales (2) f. Taller de ejercicios (3) g. Resolución y análisis de ejercicios (4) h. Simulaciones (4) i. Ilustraciones (5) j. Diagramas (5)	a. Actividades complementarias b. Exposición c. Prueba o examen	a. Preguntas informales (2) b. Ejercicios (1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Resumen (1,2)	I. Reconoce el propósito de utilizar un compensador adelanto-atraso en un sistema realimentado (1)	
	2. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador	4. Enseñanza basada en problemas 5. Aprendizaje significativo					II. Describe las características de respuesta en frecuencia del compensador (2)
	3. Interpretar la forma de la traza de Bode del compensador, y la incidencia de sus parámetros en la forma de la misma						III. Analiza la forma de la traza de Bode del compensador, y la incidencia de sus parámetros en la forma de la misma (3)
	4. Identificar las características de respuesta en frecuencia del compensador que permiten su uso en la compensación de sistemas realimentados						IV. Reconoce las características de respuesta en frecuencia del compensador que permiten su uso en la compensación de sistemas realimentados (4)
	5. Identificar el procedimiento de diseño del compensador en la frecuencia						V. Describe el procedimiento de diseño del compensador en la frecuencia (5)
	6. Reconocer la influencia del compensador en la respuesta del sistema realimentado en la frecuencia y en el tiempo						VI. Comprende la influencia del compensador en la respuesta del sistema realimentado en la frecuencia y en el tiempo
	7. Identificar las limitaciones de la implementación del compensador						VII. Determina las limitaciones de la implementación del compensador (6)
						DESEMPEÑO	
						VIII. Interpreta las especificaciones de diseño para obtener la respuesta en frecuencia del compensador (1, 2, 3, 4)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



PLANEACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE FORMACIÓN

						IX. Aplica las trazas de Bode para diseñar compensadores de la familia adelanto - atraso (3, 4, 5, 6)
	PROCEDIMENTALES					PRODUCTO
8. Calcular el valor de los parámetros que determinan la función de transferencia del compensador mediante el diseño en frecuencia que permitan el cumplimiento de las especificaciones de diseño (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	1. Aprendizaje Individual. 2. Aprendizaje colaborativo 3. Enseñanza basada en problemas 4. Aprendizaje interactivo 5. Aprendizaje significativo 6. Aprendizaje por descubrimiento	a. Análisis e interpretación de lectura (1) b. Consulta (2) c. Resolución y análisis de ejercicios (3) d. Simulaciones (3) e. Solución de casos (3) f. Presentación participativa (4) g. Diagramas (5) h. Proyecto (6) i. Practica de laboratorio (6)	1. Actividades complementarias 2. Práctica de laboratorio 3. Prueba o examen 4. Proyecto	a. Informe (2) b. Ejercicios(1, 3) c. Test (3) d. Taller de problemas (1, 3) e. Informe (4)	X. Calcula el valor de los parámetros que determinan la función de transferencia del compensador mediante el diseño en frecuencia que permitan el cumplimiento de las especificaciones de diseño (8)	
9. Determinar los casos en donde posiblemente la implementación del compensador diseñado en la frecuencia no alcance para cumplir con las características de desempeño requeridas (6, 7)					XI. Identifica los casos en donde posiblemente la implementación del compensador diseñado en la frecuencia no alcance para cumplir con las características de desempeño requerida (8)	

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



ANEXO H

PLANEACIÓN DE LAS UNIDADES DE FORMACIÓN

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Historia de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Conocer los sistemas de control, sus elementos y las características de su implementación en lazo abierto y en lazo cerrado		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Conceptos básicos de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Identificar y comprender las acciones básicas de control utilizadas en los controladores analógicos		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Conceptos básicos de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Plantear la ecuación diferencial y la función de transferencia de un sistema		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos	Medios didácticos	

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



<ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Páginas Web 	<ul style="list-style-type: none"> • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de ejercicios y problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase
--	---	---

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Conceptos básicos de los sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema mediante el diagrama de bloques y el grafico de flujo de señal		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Páginas Web 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de ejercicios y problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Modelado matemático de sistemas dinámicos		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Representar un sistema en el espacio de estados		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Modelado matemático de sistemas dinámicos		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Modelar sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y		

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--

térmicos mediante su función de transferencia y su ecuación en el espacio de estados		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Modelado matemático de sistemas dinámicos		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Relacionar cada uno de los sistemas físicos (mecánicos, hidráulicos y térmicos) con el sistema eléctrico		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Evaluar el comportamiento temporal y la estabilidad de un sistema de control		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--

<ul style="list-style-type: none"> • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	<ul style="list-style-type: none"> • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorios • Sala de computo
---	---	---

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el lugar de las raíces de un sistema de control realimentado y calcular sus valores críticos de estabilidad		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Análisis de sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Construir el diagrama de Bode, la traza de Nyquist y la traza de Nichols de un sistema para analizar su respuesta en frecuencia y su estabilidad		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



SISTEMAS DE CONTROL I	PLANEACION DE LAS UNIDADES DE APRENDIZAJE	VERSION I
MODULO DE FORMACION: Diseño de sistemas de control		
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Diseñar compensadores de la familia PID y la familia adelanto-atraso mediante las técnicas respectivas, eligiendo el método de compensación más adecuado según las especificaciones y el comportamiento del sistema, y verificando el cumplimiento de las especificaciones requeridas		
RECURSOS		ESCENARIOS
Recursos educativos <ul style="list-style-type: none"> • Textos impresos • Textos en medios digitales • Base de datos IEEE • Páginas Web • Videos 	Medios didácticos <ul style="list-style-type: none"> • Diapositivas • Guías de lectura • Materiales de lectura y consulta • Guías de laboratorio • Guías de ejercicios y problemas • Simulaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula de clase • Laboratorios • Sala de computo

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--



ANEXO I
MATERIAL BASE DEL OBJETO DE APRENDIZAJE

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--

DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL

INTRODUCCIÓN

El objetivo del diseño de un controlador es modificar la dinámica de un sistema, con el fin de cumplir con las especificaciones determinadas, generalmente están relacionadas con la precisión, la velocidad de respuesta y la estabilidad relativa. En algunos casos solo se requiere del ajuste de la ganancia del sistema para cumplir con las especificaciones, cuando esto no es suficiente es necesario diseñar un controlador con base en dichas especificaciones, a este proceso se le denomina compensación. Los sistemas de control que se estudiarán pertenecen a la familia adelanto – atraso, la cual incluye los compensadores de atraso, adelanto y adelanto – atraso. Para el diseño de compensadores existen técnicas o reglas determinadas, en el caso de la familia adelanto – atraso se usan las técnicas del lugar geométrico de las raíces y la respuesta en frecuencia (diagrama de Bode).

El método del lugar geométrico de las raíces permite conocer la ubicación de los polos en lazo cerrado a partir de los polos y los ceros en lazo abierto conforme varía un parámetro, generalmente la ganancia. Por lo tanto, este método es útil para saber si podemos lograr el comportamiento deseado del sistema con una simple variación de la ganancia o necesitamos un compensador.

El diseño de controladores mediante el enfoque de la respuesta en frecuencia permite especificar las características transitorias deseadas del sistema, tales como la velocidad de respuesta y las constantes de error estático en términos del margen de fase, el margen de ganancia y la magnitud del pico de resonancia. Dicho enfoque se caracteriza por ser sencillo, directo y muy útil en casos en que es muy complicado obtener un modelo matemático apropiado del sistema a compensar. Para realizar el diseño se pueden utilizar dos herramientas: la traza polar y la traza de Bode. Se opta por la traza de Bode debido a que es muy fácil modificar la traza del sistema original en lazo abierto cuando se aplica el compensador requerido.

1. COMPENSADORES

El compensador es un dispositivo físico cuya función de transferencia corresponde a la diseñada para cumplir unas especificaciones de desempeño dadas. Los compensadores pueden ser:

- ✓ Electrónicos, como los circuitos con amplificadores operacionales.
- ✓ Redes RC eléctricas, mecánicas, hidráulicas, neumáticas o combinaciones.
- ✓ Amplificadores.

El sistema de control a utilizar depende de la naturaleza de la planta, por ejemplo, si la planta contiene líquidos inflamables, es mejor utilizar un compensador neumático en lugar de uno electrónico con el fin de evitar accidentes por una posible chispa. Generalmente se usan dispositivos electrónicos debido a la facilidad y las ventajas de la manipulación de las señales eléctricas en relación con otro tipo de señales (sencillez de transmisión, mayor precisión, más confiabilidad).

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

2. ESQUEMAS DE COMPENSACIÓN

La compensación de una planta se puede llevar a cabo utilizando diferentes esquemas, de los cuales se estudiarán la compensación en serie y la compensación en paralelo. La compensación en serie es la configuración en la que el compensador esta en serie con la planta, como se ilustra en la figura 1.

La compensación en paralelo permite realimentar la señal de salida a través del compensador en un lazo interno, su esquema se muestra en la figura 2.

Figura 1. Compensación en serie

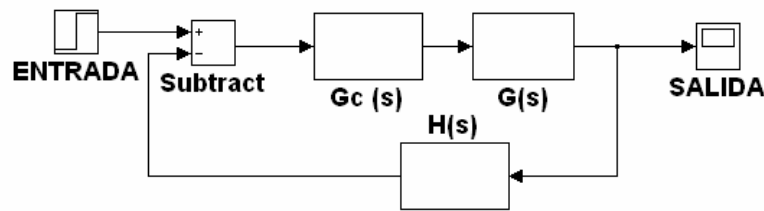
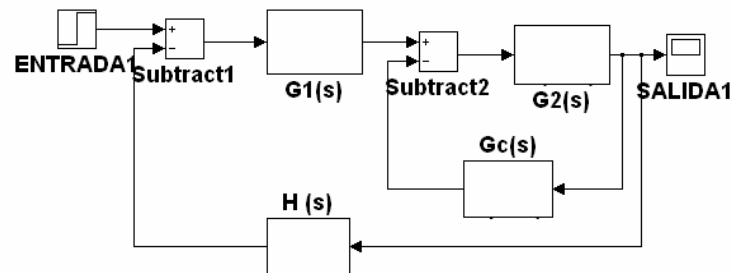


Figura 2. Compensación en paralelo



Al diseñar un compensador se elige la configuración más apropiada, tomando como criterios de decisión la naturaleza de las señales del sistema, los niveles de potencia en los diferentes puntos, los componentes disponibles, y el factor económico.

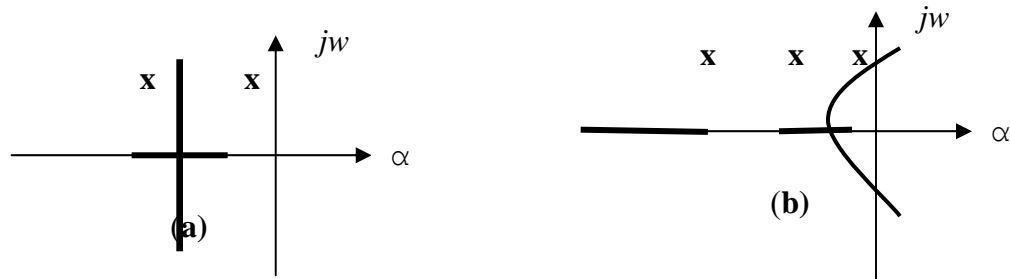
Como es natural, cada configuración tiene sus ventajas y desventajas; la compensación en serie es generalmente más sencilla que la compensación en paralelo pero requiere de amplificadores para aumentar la ganancia y/o proporcionar aislamiento; y la compensación en paralelo requiere menos componentes en comparación con la compensación en serie, si se tiene una señal adecuada, pero es relativamente más dispendiosa. En los ejemplos de diseño se implementará la compensación en serie.

3. EFECTOS DE LA ADICIÓN DE POLOS Y CEROS

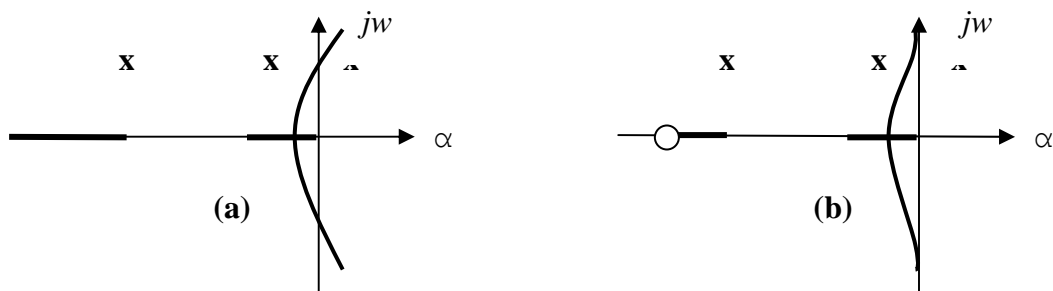
Al adicionar un polo a la función de transferencia en lazo abierto de un sistema se desplaza su lugar geométrico de las raíces a la derecha, por lo que disminuye su estabilidad relativa y su error en estado estable, mientras que al añadir un cero a la función de transferencia en lazo abierto de un sistema se desplaza su lugar geométrico de las raíces hacia la izquierda, logrando mayor estabilidad y aumentando la velocidad de respuesta, tal como se observa en la figura 3.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---

Figura 3. Efectos de la adición de polos y ceros en el lugar geométrico de las raíces de un sistema



(a) Sistema original; (b) Sistema original con un polo adicional



(a) Sistema original; (b) Sistema original con un cero adicional

4. COMPENSACIÓN DE ADELANTO, ATRASO Y ADELANTO – ATRASO DE FASE

4.1. COMPENSACIÓN DE ADELANTO DE FASE

El compensador de adelanto se caracteriza porque al aplicarle una señal senoidal en su entrada, en la salida se obtendrá una señal senoidal, con la misma frecuencia de la señal de entrada pero con un adelanto de fase. Este tipo de compensación es útil cuando la prioridad es mejorar el comportamiento transitorio del sistema.

El controlador de adelanto tiene una función de transferencia de la forma

$$\frac{Eo(s)}{Ei(s)} = Kc\alpha \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} = Kc \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\alpha T}} \quad (0 < \alpha < 1) \quad (1)$$

Bajo la restricción impuesta para α el cero siempre estará a la derecha del polo en el plano complejo. El mínimo valor de α que permite la implementación física del compensador es

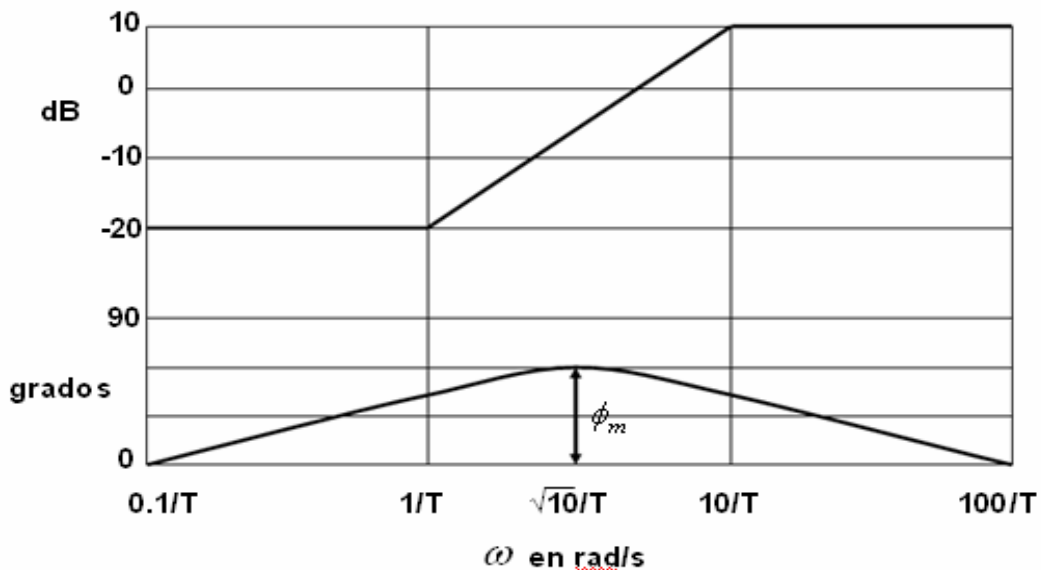
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

de aproximadamente 0.05, y en consecuencia el máximo adelanto de fase conseguido es de 65° . Una relación útil entre el ángulo de adelanto de fase máximo con el valor de α es

$$\text{sen } \phi_m = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} \quad (2)$$

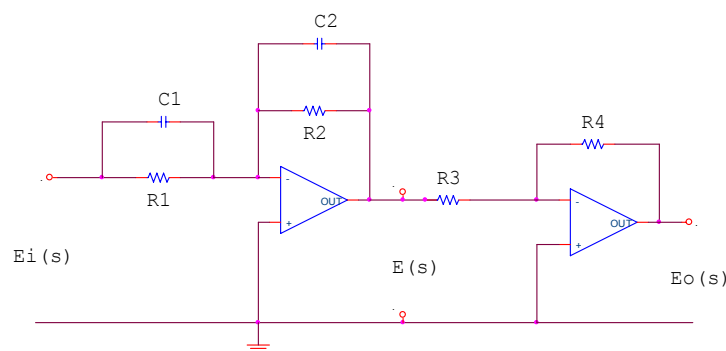
En la figura 4 se muestran las trazas de Bode del compensador de adelanto con $\alpha = 0.1$ y $K_c = 1$. Las frecuencias de esquina son $\omega = 1/T$ y $\omega = 1/\alpha T = 10/T$. En esencia, el compensador de adelanto es un filtro pasa – altas.

Figura 4. Trazas de Bode de un compensador de adelanto



Los compensadores de adelanto pueden ser electrónicos (con amplificadores operacionales), redes RC eléctricas y sistemas de amortiguadores mecánicos. El diagrama de un compensador electrónico se muestra en la figura 5.

Figura 5. Compensador de adelanto $R_1 C_1 > R_2 C_2$



La función de transferencia de este circuito es la presentada en la ecuación (3).

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{R_4 C_1}{R_3 C_2} \frac{s + \frac{1}{R_1 C_1}}{s + \frac{1}{R_2 C_2}} \quad (3)$$

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

4.2. COMPENSACIÓN DE ATRASO DE FASE

El compensador de atraso de fase es una red que se caracteriza porque al aplicar una señal senoidal en la entrada, en su salida se tiene también una señal senoidal pero con atraso de fase. El circuito electrónico de un compensador de atraso es el mismo que se utiliza para el compensador de adelanto, y que se muestra en la figura 6, solo que para este caso necesitamos que $R_2C_2 > R_1C_1$, y la función de transferencia varía de la siguiente manera

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = K'_c \beta \frac{Ts + 1}{\beta Ts + 1} = K'_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\beta T}} \quad (4)$$

En donde

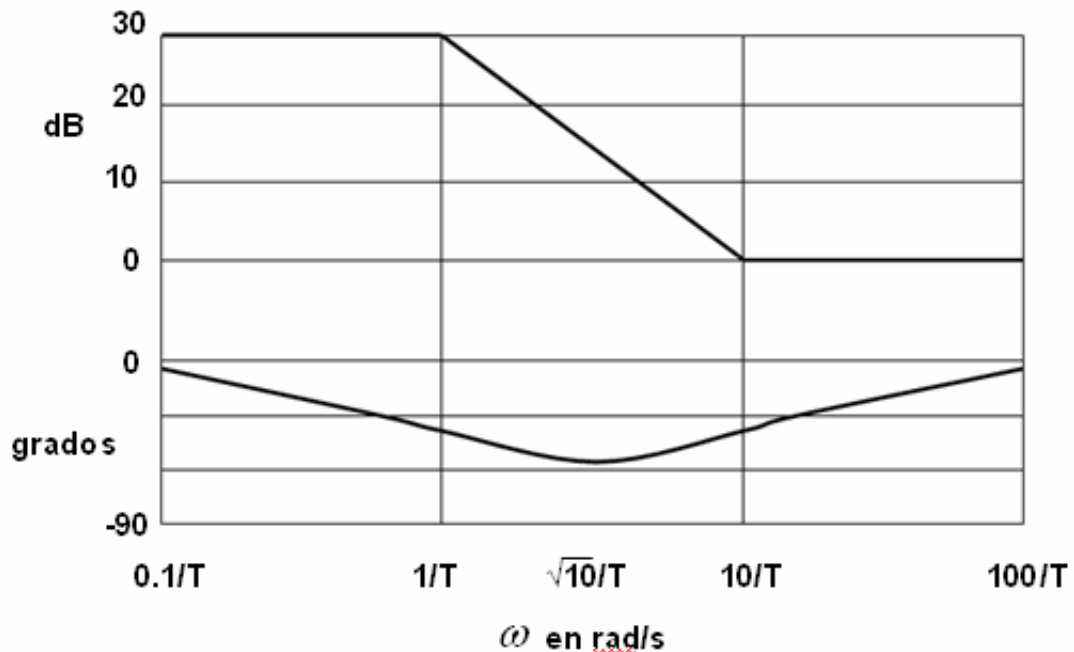
$$\begin{aligned} T &= R_1C_1 \\ \beta T &= R_2C_2 \\ \beta &= \frac{R_2C_2}{R_1C_1} > 1 \quad (5) \\ K'_c &= \frac{R_4C_1}{R_3C_3} \end{aligned}$$

Este tipo de compensación es útil para casos en los que el sistema a compensar presenta una buena respuesta transitoria pero tiene problemas en estado estable.

Debido a la restricción impuesta para los valores de β , el polo del compensador siempre estará a la derecha del cero. En la figura 6 se observa las trazas de Bode de un compensador de atraso con $K_c = 1$ y $\beta = 10$. Las frecuencias de esquina del compensador están en $\omega = 1/T$ y en $\omega = 1/(\beta T)$, tiene una magnitud de 20dB en frecuencias bajas y 0dB en frecuencias altas. En esencia, el compensador de atraso es un filtro pasa – bajas.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 6. Trazas de Bode de un compensador de atraso



4.3 COMPENSACIÓN DE ADELANTO – ATRASO DE FASE

La compensación de adelanto – atraso se realiza con el fin de mejorar las respuestas, tanto transitoria como en estado estable de un sistema, es la mezcla de las ventajas de las compensaciones de adelanto y de atraso. Esta compensación incrementa en dos el orden del sistema, a no ser de que ocurra una cancelación polo – cero.

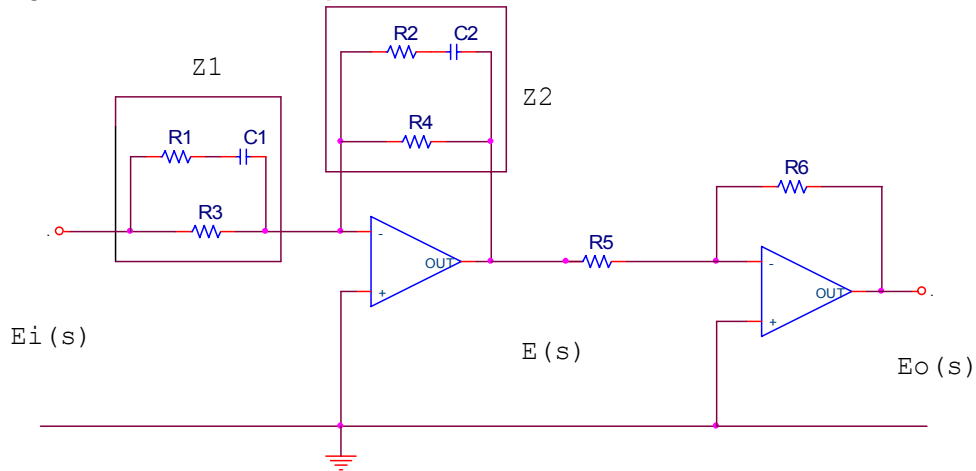
La función de transferencia del compensador de adelanto – atraso es

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = K_c \frac{\beta}{\gamma} \left(\frac{T_1 s + 1}{\frac{T_1}{\gamma} s + 1} \right) \left(\frac{T_2 s + 1}{\beta T_2 s + 1} \right) = K_c \frac{\left(s + \frac{1}{T_1} \right) \left(s + \frac{1}{T_2} \right)}{\left(s + \frac{\gamma}{T_1} \right) \left(s + \frac{1}{\beta T_2} \right)} \quad (6)$$

El compensador electrónico de adelanto – atraso se implementa con el circuito mostrado en la figura 7.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 7. Circuito del compensador de adelanto – atraso



Red de Adelanto

Inversor de Signo

Para el circuito de la figura anterior, la función de transferencia es

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{R_4 R_6}{R_3 R_5} \left[\frac{(R_1 + R_3) C_1 s + 1}{R_1 C_1 s + 1} \right] \left[\frac{R_2 C_2 s + 1}{(R_2 + R_4) C_2 s + 1} \right] \quad (7)$$

Comparando (6) y (7) se observa que

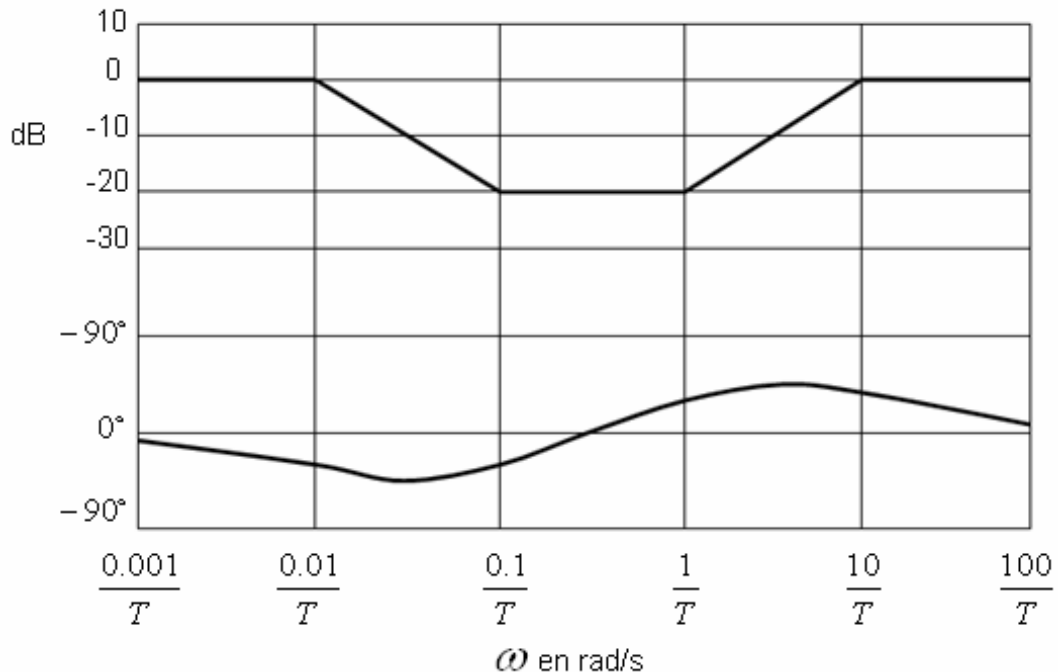
$$T_1 = (R_1 + R_3) C_1, \quad \frac{T_1}{\gamma} = R_1 C_1, \quad T_2 = R_2 C_2, \quad \beta T_2 = (R_2 + R_4) C_2 \quad (8)$$

En donde

$$\gamma = \frac{R_1 + R_3}{R_1} > 1, \quad \beta = \frac{R_2 + R_4}{R_2} > 1, \quad K_c = \frac{R_2 R_4 R_6}{R_1 R_3 R_5} \frac{R_1 + R_3}{R_2 + R_4} \quad (9)$$

Generalmente se hace que $\gamma = \beta$, aunque pueden tomar valores diferentes. Un ejemplo de las trazas de Bode de un compensador de adelanto – atraso con $K_c = 1$, $\gamma = \beta = 10$ y $T_2 = 10T_1$ se observa en la figura 8. El compensador cumple la función de un filtro rechaza – banda, atenuando las componentes de frecuencia entre $1/T_1$ y $1/(10T_1)$, y permitiendo el paso de las demás componentes de frecuencia.

Figura 8. Traza de Bode de un compensador de adelanto – atraso



5. METODOS PARA EL DISEÑO DE COMPENSADORES DE ADELANTO, ATRASO Y ADELANTO – ATRASO DE FASE

5.1. LUGAR GEOMETRICO DE LAS RAICES

El diseño de compensadores utilizando el lugar geométrico de las raíces se utiliza cuando se cuenta con especificaciones de desempeño en el dominio del tiempo tales como el factor de amortiguamiento relativo, la frecuencia natural no amortiguada de los polos dominantes en lazo cerrado, el sobrepaso máximo, el tiempo de levantamiento y el tiempo de asentamiento. Si por ejemplo, se tiene un sistema que es inestable para todos los valores de ganancia o es estable pero no exhibe la respuesta transitoria deseada, se cambia la ubicación de sus polos al punto de operación deseado mediante la adición de un compensador de adelanto en serie con la planta, y por ende se modifica el lugar geométrico de las raíces del sistema sin compensar.

5.1.1. COMPENSADOR DE ADELANTO DE FASE

En la compensación de adelanto de fase, el cero del compensador esta más cerca que su polo del eje $j\omega$, por lo que su aporte angular neto es positivo. Este tipo de compensación se aplica cuando lo más importante es mejorar el comportamiento transitorio del sistema.

El procedimiento para diseñar un compensador de adelanto es el siguiente:

1. A partir de las especificaciones de desempeño, determine la posición deseada de los polos dominantes en lazo cerrado.
2. Observando la gráfica del lugar geométrico de las raíces del sistema original, comprobar que el solo ajuste de ganancia no permite la ubicación de los polos en lazo cerrado en el punto de operación deseado. Si es así, calcule la deficiencia

angular ϕ , tal deficiencia debe ser el aporte angular del compensador para que el punto de operación deseado pertenezca al nuevo lugar geométrico de las raíces del sistema.

3. Para el compensador de adelanto, utilizando la ecuación 1

$$G_c(s) = K_c \alpha \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} = K_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\alpha T}}, \quad 0 < \alpha < 1$$

T y α se determinan a partir del aporte angular del compensador ϕ . K_c se determina a partir del requerimiento de la ganancia en lazo abierto.

4. Si no se especifican valores de las constantes de error estático, determine la ubicación del cero y el polo del compensador, de manera que el aporte angular neto sea ϕ . Si no existen otras especificaciones, obtenga el mayor valor posible de α . Esto permite un valor más alto de la constante de error, con lo que se logra disminuir el error en estado estable del sistema.
5. Determine la ganancia en lazo abierto del sistema compensado a partir de la condición de magnitud.
6. Verifique que se hayan cumplido las especificaciones de desempeño, si no es así, ajuste el polo y el cero hasta que se cumplan. Si se requiere de una constante de error estático grande, coloque en cascada un compensador de atraso o diseñe un compensador de adelanto – atraso.

5.1.2. COMPENSACIÓN DE ATRASO DE FASE

Este tipo de compensación es útil para casos en los que el sistema a compensar presenta una buena respuesta transitoria pero tiene problemas en estado estable. Básicamente, lo que se busca hacer es incrementar la ganancia en lazo cerrado del sistema sin variar significativamente su lugar geométrico de las raíces. Esto es posible si el aporte angular del compensador de atraso es muy pequeño, inferior a 5° . Con este aporte angular tan pequeño, la magnitudes del polo y el cero son casi iguales, y en consecuencia el aporte más significativo del compensador es

$$\|G_c(s)\| = \left\| K_c' \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\beta T}} \right\| \cong K_c'$$

Si $K_c' = 1$ la respuesta transitoria no variará significativamente y ubicando el polo y el cero cerca del origen, se consigue un aumento en la ganancia global en un factor de β . Se debe buscar valores grandes de β y T, teniendo en cuenta que sea posible su implementación física. Como es lógico, un incremento en la ganancia trae consigo un aumento de la constante de error estático de velocidad K_v (solo en sistemas con integrador), el cual es de aproximadamente $K_c' \beta$ o prácticamente β ($K_c \cong 1$).

El procedimiento para diseñar un compensador de atraso es:

1. Grafique el lugar geométrico de las raíces del sistema no compensado, el cual tiene función de transferencia en lazo abierto $G(s)$, y ubique en la gráfica los polos dominantes en lazo cerrado según las especificaciones de la respuesta transitoria.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--

2. Utilice la función de transferencia del compensador de atraso de la ecuación 4, con lo que la función de transferencia en lazo abierto es $G_c(s)G(s)$.
3. Calcule la constante de error estático especificada en el problema.
4. Determine el incremento en la constante de error estático para satisfacer las especificaciones.
5. Determine las ubicaciones del polo y el cero del compensador que producen el incremento en la constante de error estático sin alterar significativamente los lugares geométricos de las raíces originales.
6. Trace una nueva gráfica del lugar geométrico de las raíces del sistema no compensado, localizando en ella los polos dominantes en lazo cerrado deseados (debido a que el aporte angular del compensador de atraso es muy pequeño, los lugares de las raíces de los sistemas no compensado y compensado son casi idénticos).
7. Determine el valor de K_c' del compensador a partir de la condición de magnitud, con el objetivo de que los polos dominantes en lazo cerrado se encuentren aproximadamente en la ubicación deseada.

5.1.3. COMPENSACIÓN DE ADELANTO – ATRASO DE FASE

La compensación de adelanto – atraso se implementa cuando se desea mejorar, tanto la respuesta transitoria como la respuesta en estado estable de un sistema, es la mezcla de las ventajas de las compensaciones de adelanto y de atraso. Como consecuencia de utilizar dicha compensación se incrementa el orden del sistema, a no ser que ocurra una cancelación polo – cero.

Para diseñar un compensador de adelanto – atraso se aplica el siguiente procedimiento:

1. Utilice como función de transferencia del compensador la ecuación (6). A partir de las especificaciones de desempeño dadas, determine la ubicación deseada de los polos en lazo cerrado.
2. Determine la deficiencia de ángulo ϕ de la función de transferencia en lazo abierto con respecto al punto de operación deseado. El ángulo ϕ debe ser la contribución de la parte de adelanto del compensador.
3. Suponiendo que se seleccionará un valor grande de T_2 para que

$$\left\| \frac{s_1 + \frac{1}{T_2}}{s_1 + \frac{1}{\beta T_2}} \right\| \cong 1$$

de modo que $s = s_1$ es uno de los polos dominantes, determine los valores de T_1 y γ a partir del requisito

$$\angle \frac{s_1 + \frac{1}{T_1}}{s_1 + \frac{\gamma}{T_1}} = \phi$$

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Tenga en cuenta que existen muchos valores posibles para T_1 y γ . Luego a partir de la condición de magnitud determine el valor de K_c

$$\left\| K_c \frac{s_1 + \frac{1}{T_1}}{s_1 + \frac{\gamma}{T_1}} G(s_1) \right\| = 1$$

4. Si se especifica el valor de la constante de error estático, determine el valor de β que cumpla con el requerimiento en estado estable. En el caso de la constante de error estático de velocidad, K_v , se obtiene que

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)G_c(s) = \lim_{s \rightarrow 0} sK_c \left(\frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{\gamma}{T_1}} \right) \left(\frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{\beta T_2}} \right) G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} sK_c \frac{\beta}{\gamma} G(s)$$

Aquí se determina el valor de β y luego se selecciona el valor de T_2 tal que

$$\left\| \frac{s_1 + \frac{1}{T_2}}{s_1 + \frac{1}{\beta T_2}} \right\| \cong 1$$

$$-5^\circ < \angle \frac{s_1 + \frac{1}{T_2}}{s_1 + \frac{1}{\beta T_2}} < 0^\circ$$

5.2. RESPUESTA EN FRECUENCIA

En general, el procedimiento de diseño utilizando las trazas de Bode tiene tres pasos: ajustar la ganancia en lazo abierto para lograr la precisión en estado estable requerida; graficar la magnitud y fase del sistema sin compensar en lazo abierto para observar si cumple con las especificaciones de margen de fase y margen de ganancia dadas; si no es así, obtener un compensador que modifique de manera apropiada la forma de la función de transferencia en lazo abierto del sistema; y finalmente corroborar si se cumplió con todas las especificaciones, a no ser que existan conflictos entre ellas.

La respuesta en frecuencia en lazo abierto señala el comportamiento en estado estable en la región de baja frecuencia, la estabilidad relativa en la región de frecuencia media, y la complejidad del sistema en la región de alta frecuencia.

El tipo de compensador a utilizar depende de la característica del sistema que se quiera mejorar, es así como para mejorar la respuesta transitoria se utiliza un compensador de adelanto de fase, para mejorar la respuesta en estado estable se utiliza un compensador de atraso de fase, y para mejorar las dos respuestas se implementa un compensador de adelanto – atraso de fase.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--

5.2.1. COMPENSACIÓN DE ADELANTO DE FASE

El procedimiento general para diseñar un compensador de adelanto mediante la respuesta en frecuencia es:

1. Utilice la función de transferencia del compensador de (1) y defina $K = K_c \alpha$ con lo que se obtiene que

$$G_c(s) = K \frac{T_s + 1}{\alpha T_s + 1}$$

Y la función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

$$G_c(s)G(s) = K \frac{T_s + 1}{\alpha T_s + 1} G(s) = \frac{T_s + 1}{\alpha T_s + 1} KG(s) = \frac{T_s + 1}{\alpha T_s + 1} G_1(s)$$

En donde $G_1(s) = KG(s)$, y se determina el valor de K que satisfaga el requerimiento de la constante de error estático dada.

2. Grafique las trazas de Bode de $G_1(s)$ y calcule el valor del margen de fase.
3. Determine la deficiencia de ángulo ϕ del sistema, la cual será cubierta por el compensador.
4. Determine el valor de α a partir de la ecuación 2. Seleccione como la nueva frecuencia de corte a aquella frecuencia en la que $\|G_1(j\omega)\| = -20 \log(\frac{1}{\sqrt{\alpha}})$. En esta se aportará el cambio de fase máximo ϕ_m . Dicha frecuencia esta definida por

$$\omega_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha}T} \quad (10)$$

5. Determine las frecuencias de esquina $\omega = \frac{1}{T}$ y $\omega = \frac{1}{\alpha T}$ correspondientes al cero y al polo respectivamente.
6. Determine el valor de K mediante la expresión $K_c = \frac{K}{\alpha}$.
7. Verifique si se cumplió con el margen de ganancia requerido. En caso contrario, reubique el cero y el polo del compensador hasta que lo consiga.

5.2.2. COMPENSACIÓN DE ATRASO DE FASE

El procedimiento para el diseño de un compensador de atraso se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Suponga que el compensador de atraso tiene una función de transferencia como la mostrada en la formula 4 y defina

$$K_c \beta = K$$

Y entonces

$$G_c(s) = K \frac{T_s + 1}{\beta T_s + 1}$$

La función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--

$$G_c(s)G(s) = K \frac{T_s + 1}{\beta T_s + 1} G(s) = \frac{T_s + 1}{\beta T_s + 1} KG(s) = \frac{T_s + 1}{\beta T_s + 1} G_1(s)$$

$$G_1(s) = KG(s)$$

y determinamos el valor de K de manera que se cumpla con el requerimiento de la constante de error estático dada.

2. Si el sistema con ajuste de ganancia $G_1(s)$ no satisface las condiciones establecidas para el margen de fase y el margen de ganancia, halle el valor de frecuencia en que la fase de $G_1(s)$ sea -180° más el margen de fase requerido, el cual esta entre 5° y 12° . Esta será la nueva frecuencia de cruce de ganancia.
3. Ubique el cero y el polo del compensador mucho más debajo de la nueva frecuencia de cruce de ganancia. Sitúe la frecuencia de esquina $\omega = 1/T$ entre una octava y una década por debajo de la nueva frecuencia de cruce de ganancia, si las constantes de tiempo del compensador no se hacen demasiado grandes es preferible tomar una diferencia de una década entre dichas frecuencias.
4. Determine el valor de la atenuación $-20 \log \beta$ necesaria para que la curva de magnitud tenga un valor de 0dB en la nueva frecuencia de cruce. Con esto se obtiene el valor de β y el valor de otra frecuencia de esquina $\omega = 1/(\beta T)$.
5. Calcular el valor de K_c a partir de

$$K_c = \frac{K}{\beta}$$

5.2.3. COMPENSACIÓN DE ADELANTO – ATRASO DE FASE

Para diseñar un compensador de adelanto – atraso se toma como referencia las técnicas utilizadas para el diseño de compensadores de adelanto y atraso. Partiendo de que la función de transferencia del compensador es la ilustrada en la formula 6. En ella la parte de adelanto añade un ángulo de adelanto e incrementa el margen de fase, mejorando la respuesta transitoria del sistema. La parte de atraso proporciona la atenuación necesaria para la nueva frecuencia de cruce de ganancia, aumentando la ganancia de baja frecuencia, y por ende, mejorando la respuesta en estado estable.

6. EJEMPLOS DE DISEÑO DE COMPENSADORES DE LA FAMILIA ADELANTO - ATRASO UTILIZANDO EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES Y LA RESPUESTA EN FRECUENCIA

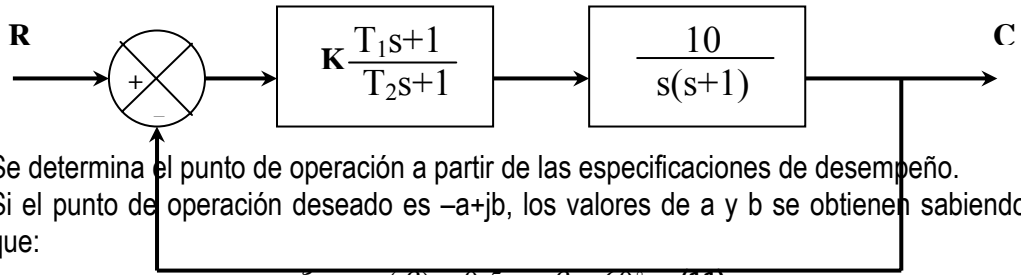
6.1. EJEMPLOS DE DISEÑO UTILIZANDO EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAÍCES

6.1.1. COMPENSACIÓN DE ADELANTO DE FASE

Determinar los valores de K, T1 y T2 de sistema de la figura 9, tal que los polos dominantes en lazo cerrado tengan un factor de amortiguamiento relativo $\xi = 0.5$ y la frecuencia natural no amortiguada $\omega_n = 3 \text{ rad} / \text{s}$.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--

Figura 9. Sistema de control



1. Se determina el punto de operación a partir de las especificaciones de desempeño. Si el punto de operación deseado es $-a+jb$, los valores de a y b se obtienen sabiendo que:

$$\xi = \cos(\beta) = 0.5 \Rightarrow \beta = 60^\circ \quad (11)$$

$$\omega_n = \sqrt{a^2 + b^2} = 3 \quad (12)$$

donde β es el ángulo formado entre $\| -a + jb \|$ y el eje real negativo. Entonces de la ecuación (11) también se puede saber que:

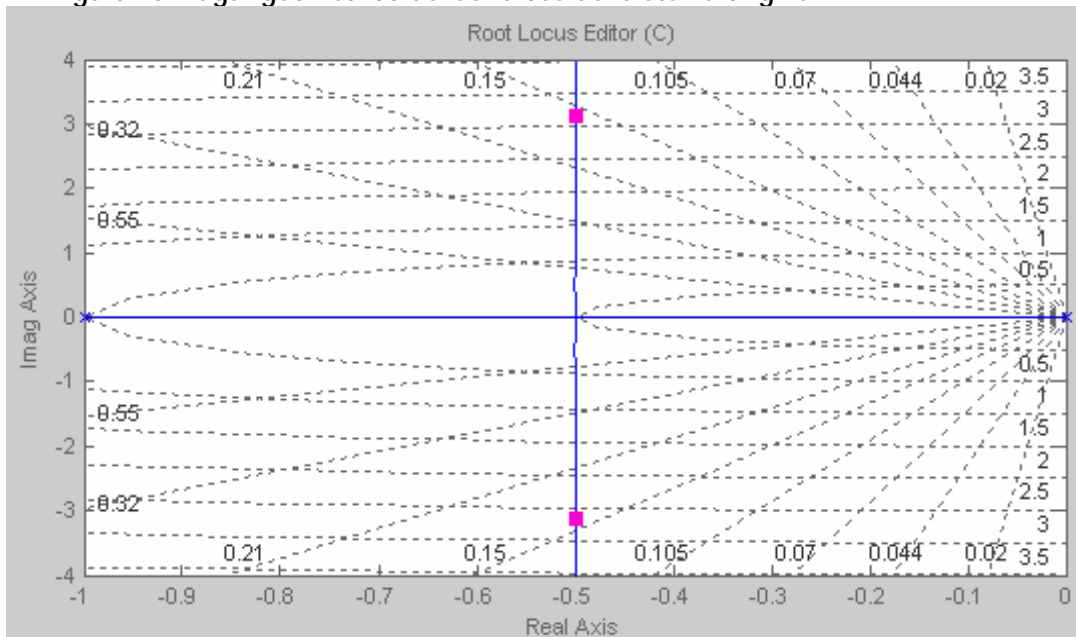
$$\tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) = 60^\circ \quad (13)$$

De las ecuaciones (12) y (13) se obtiene que:

Punto de operación deseado es $-1.5+j2.6$

Se grafica el lugar de las raíces del sistema sin compensar para observar si el punto de operación deseado pertenece a este.

Figura 10. Lugar geométrico de las raíces del sistema original

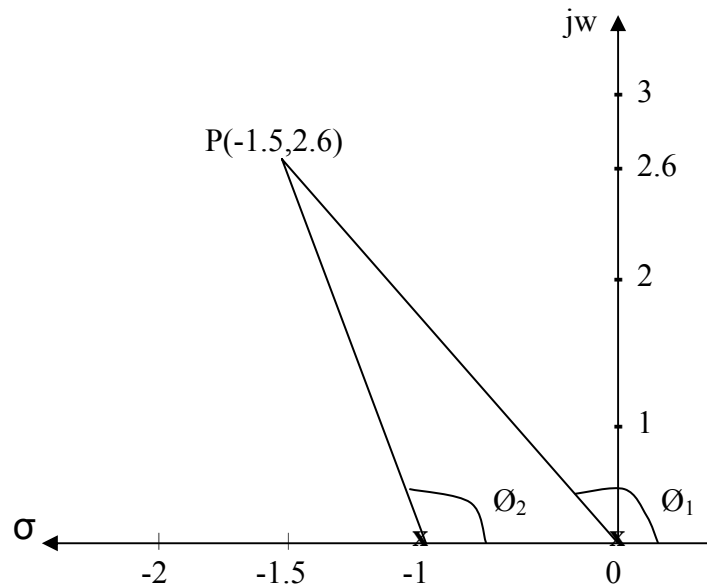


Se puede corroborar que el punto de operación deseado no pertenece al lugar geométrico de las raíces del sistema sin compensar y la ubicación de los polos en lazo cerrado es $-0.5 \pm j3.1225$, por lo que tiene factor de amortiguamiento relativo $\xi = 0.158$, y una frecuencia natural no amortiguada $\omega_n = 3.16 \text{ rad/s}$.

2. Ahora se procede a calcular el déficit de ángulo que debe cubrir el compensador de adelanto para cumplir con la condición de ángulo

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 9. Determinación del déficit angular del sistema original



$$\begin{aligned}
 -\theta_1 - \theta_2 + \phi &= -180^\circ \\
 -120^\circ - 101^\circ + \phi &= -180^\circ \\
 \phi &= 41^\circ
 \end{aligned}$$

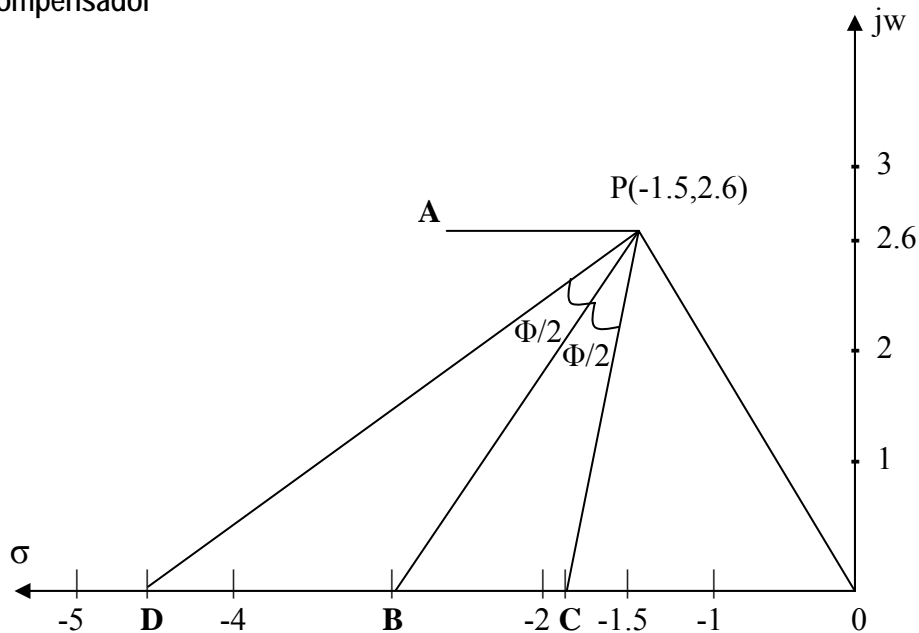
3. Seleccionar la ubicación del cero y del polo del compensador de adelanto, que tiene una función de transferencia de la forma

$$G_c(s) = K_c \alpha \frac{T s + 1}{\alpha T s + 1} = K_c \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\alpha T}}, \quad 0 < \alpha < 1$$

Se utilizará un procedimiento gráfico para determinar la ubicación del cero y el polo del compensador de manera que se obtenga el mayor valor de α , y por ende de K_v , con el fin de disminuir el error en estado estable al máximo. Primero se dibuja una línea horizontal a la ubicación deseada de los polos, que corresponde a la línea PA de la figura 10. Dibuje la línea que conecte el punto con el origen. Bisecte el ángulo formado por las líneas PA y PO, como se aprecia en la figura 12. Ahora dibuje las líneas PC y PD, que formen ángulos de $\pm \phi / 2$ con la bisectriz PB. Las intersecciones de las líneas PC y PD con el eje real negativo definen las ubicaciones del cero y el polo del compensador, respectivamente.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 12. Método gráfico para determinar la ubicación del polo y el cero del compensador



En nuestro caso las ubicaciones del cero y el polo del compensador son -1.9 y -4.6, respectivamente. Por lo que los valores de T y αT son:

$$T = \frac{1}{1.9} = 0.53$$

$$\alpha T = \frac{1}{4.6} = 0.22$$

$$\alpha = \frac{0.22}{0.53} = 0.41$$

4. La función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

$$G(s)G_c(s) = K_c \frac{s + 1.9}{s + 4.6} \frac{10}{s(s + 1)} = \frac{K(s + 1.9)}{s(s + 1)(s + 4.6)}$$

El valor de K se calcula a partir de la condición de magnitud

$$\left\| \frac{K(s + 1.9)}{s(s + 1)(s + 4.6)} \right\|_{s=-1.5+j2.6} = 1$$

obteniendo que $K=12.24$ y $K_c=K/10=1.22$. Finalmente, la función de transferencia del sistema compensado en lazo abierto es

$$G(s)G_c(s) = K_c \frac{s + 1.9}{s + 4.6} \frac{10}{s(s + 1)} = \frac{12.24(s + 1.9)}{s(s + 1)(s + 4.6)}$$

Y la función de transferencia del compensador es

$$G_c(s) = 0.5 \frac{0.53s + 1}{0.22s + 1} = 1.22 \frac{(s + 1.9)}{(s + 4.6)}$$

Para implementar físicamente el compensador diseñado utilizamos el circuito de la figura 5 y la ecuación 3. Primero se elige arbitrariamente $C1=C2=10 \mu F$ y $R3=10k\Omega$, los demás valores son

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

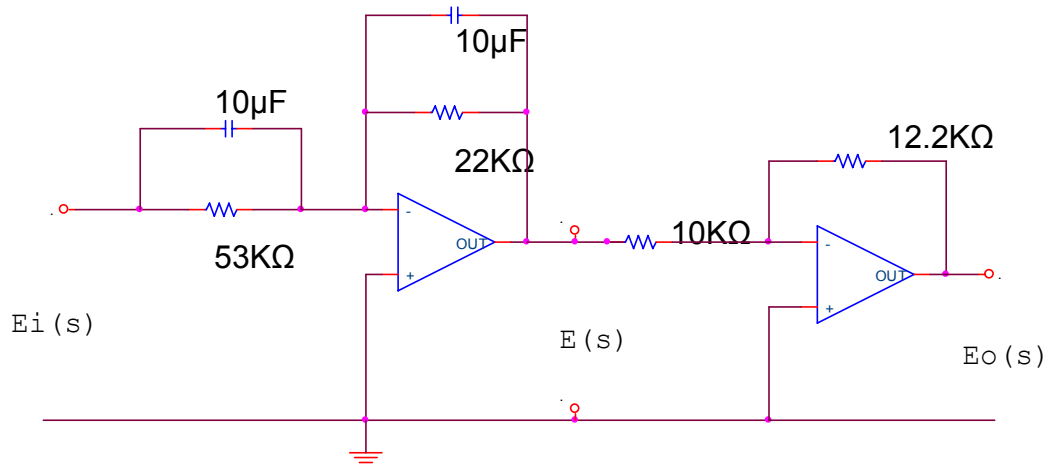
$$R1 = \frac{T}{C1} = 53K\Omega$$

$$R2 = \frac{T}{C2} = 22K\Omega$$

$$R4 = \frac{KcR3C2}{C1} = 12.2K\Omega$$

El circuito del compensador resultante se observa en la figura 13.

Figura 13. Circuito del compensador diseñado



La constante de error estático de velocidad K_v del sistema sin compensar es

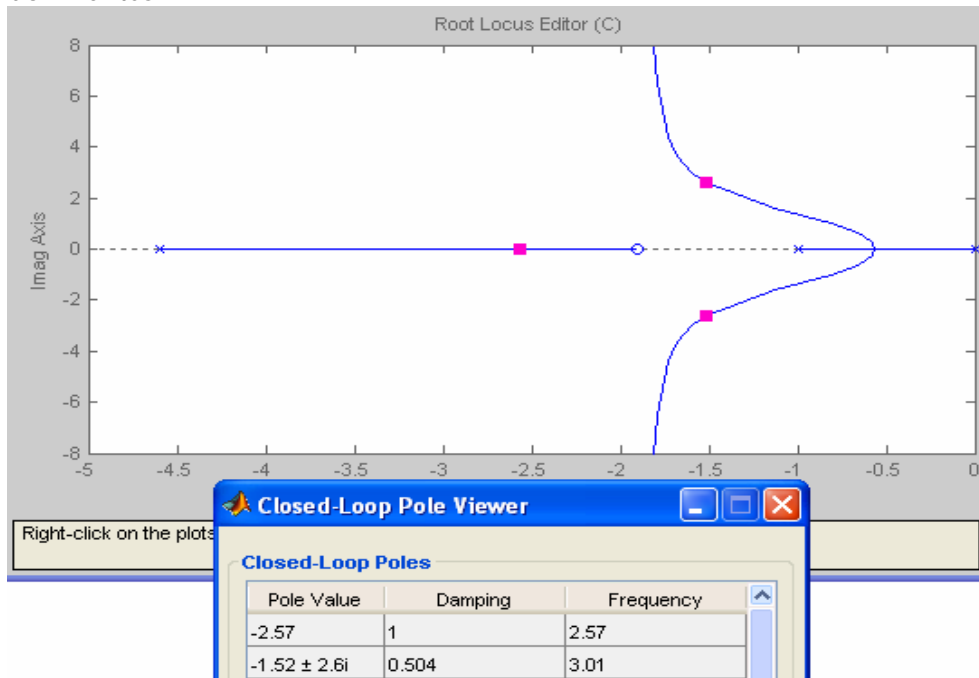
$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{10}{s(s+1)} = 10s^{-1}$$

y la del sistema compensado es

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{12.24(s+1.9)}{s(s+1)(s+4.6)} = 5.06s^{-1}$$

O también se pueden determinar mediante la herramienta SISOTOOL.

Figura 14. Lugar de las raíces del sistema compensado y ubicación de sus polos dominantes



Debido a que no se ha impuesto ninguna restricción sobre la ubicación del tercer polo y no se ha especificado el valor del tercer polo, se puede decir que el diseño del compensador es satisfactorio.

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS AL ESCALÓN

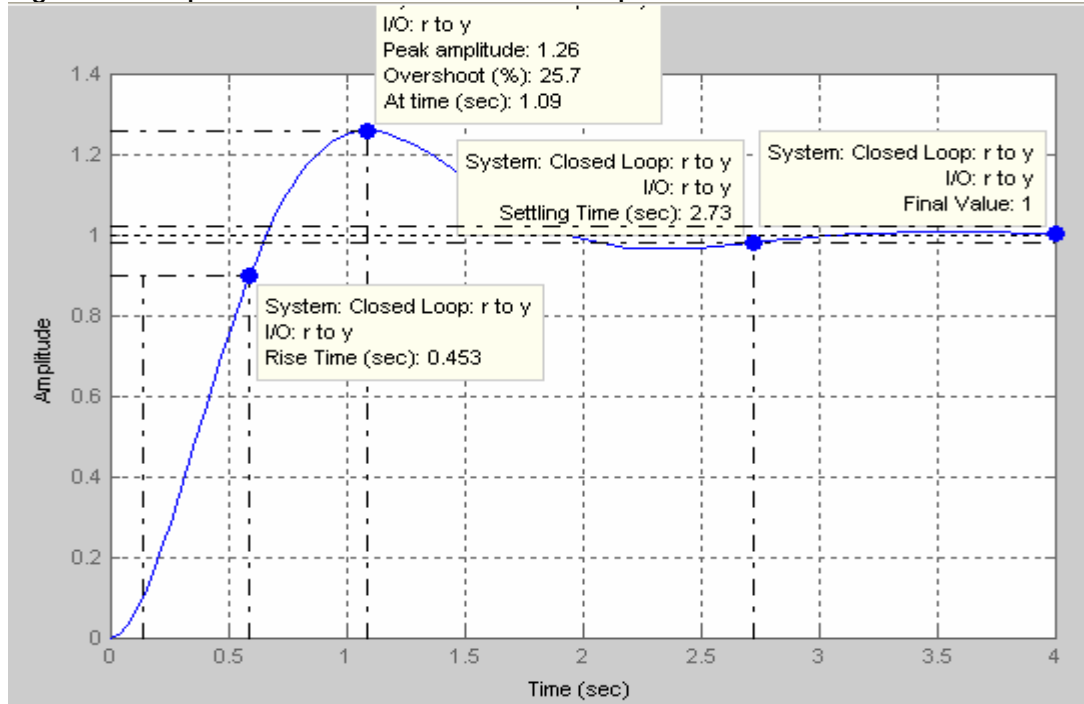
Ahora se procede a comparar las respuestas al escalón unitario del sistema sin compensación y el sistema compensado.

La función de transferencia en lazo cerrado del sistema compensado es

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{12.24s + 23.26}{s^3 + 5.6s^2 + 16.84s + 23.26}$$

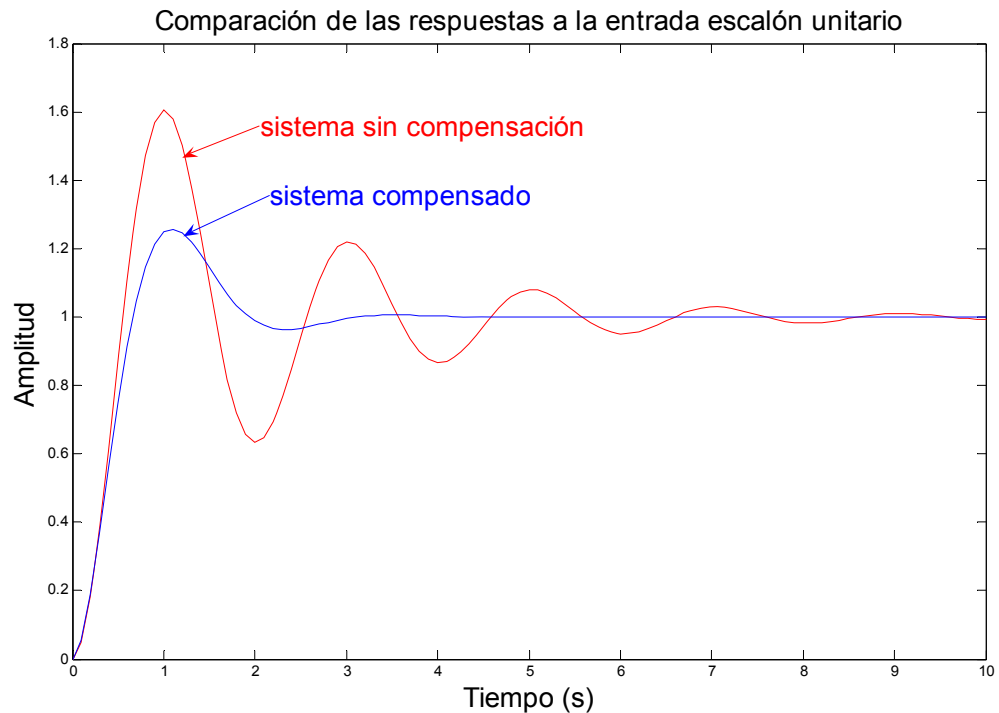
Para hacer las gráficas de la respuesta a la entrada escalón unitario de un sistema, podemos utilizar la herramienta para diseño de sistemas SISOTOOL, la cual nos permite observar los valores de los parámetros de desempeño en el dominio del tiempo, como el overshoot y el tiempo de asentamiento.

Figura 15. Respuesta al escalón del sistema compensado



La comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario, realizada en la ventana de comandos de Matlab, se observa en la figura 16.

Figura 16. Comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario



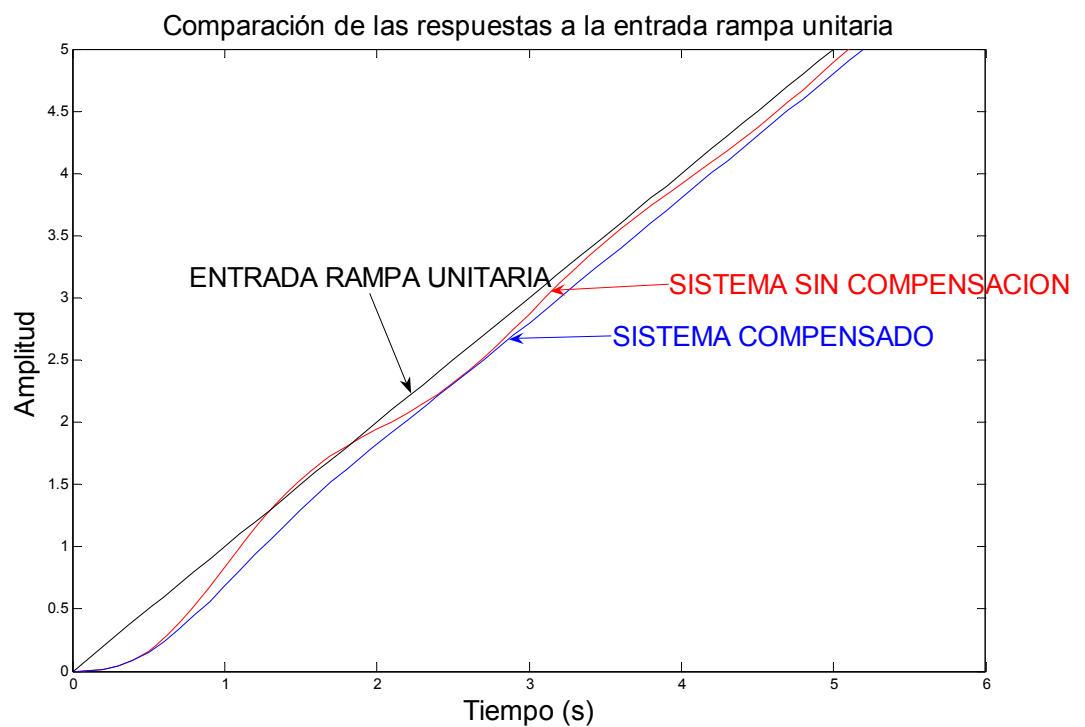
Se observa en la figura 16, que como efecto de la compensación de adelanto de fase, se logró disminuir significativamente los valores de sobrepaso y tiempo de asentamiento.

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA RAMPA UNITARIA

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

La respuesta en estado estable de un sistema, se puede apreciar aplicando la entrada rampa unitaria. En la figura 17, se ilustra la comparación de las respuestas, del sistema sin compensación y el sistema compensado, a la entrada rampa unitaria. Visualizando dicha figura, se llega a la conclusión que la mejoría de la respuesta transitoria, trae como efecto indeseado el deterioro de la respuesta transitoria del sistema

Figura 17. Comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria



IAE e ITAE

Finalmente, como criterios de desempeño en el tiempo del compensador diseñado, se utilizan el IAE (Error Absoluto Integral) y el ITAE (Error Absoluto Producto Integral de Tiempo), los cuales se definen como

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (14)$$

$$ITAE = \int_0^{\infty} |e(t)| * t dt$$

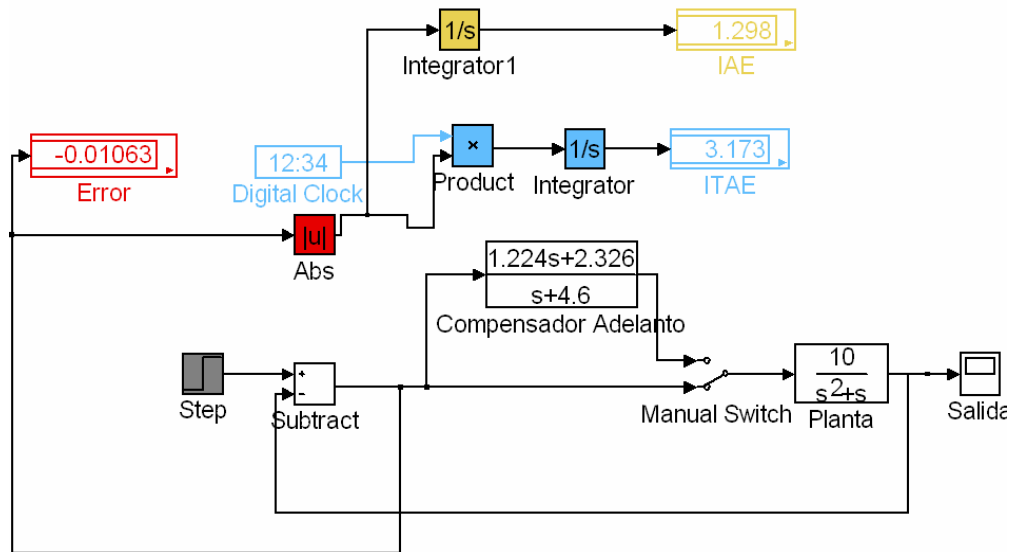
Observando su definición en (14), se puede intuir que entre menor sea el error del sistema para una señal de entrada, más bajos son los valores del IAE e ITAE, lo que indica un mejor comportamiento en el tiempo del sistema. De los dos indicadores, el más exigente es el ITAE, puesto que da más peso al error del sistema, multiplicándolo por el tiempo en el que ocurre.

Ahora, se procede a calcular los valores de dichos índices, tanto para el sistema sin compensación, como para el sistema compensado, para lo que se utiliza un montaje muy sencillo en Simulink. En la figura 18 se observa el cálculo del IAE y el ITAE para el

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

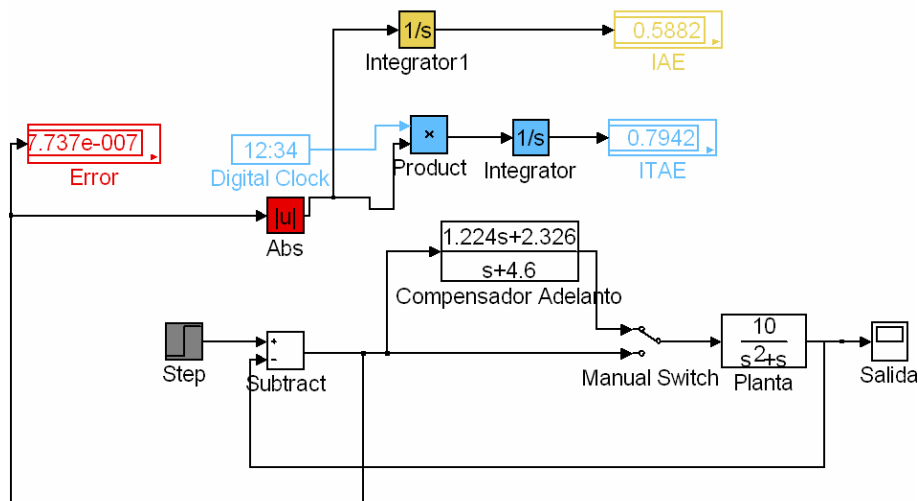
sistema sin compensación. Como resultado se obtienen los valores IAE=1.298 e ITAE=3.173.

Figura 18. Calculo del IAE y el ITAE para el sistema sin compensación



El siguiente paso, es aplicar la compensación de adelanto de fase y ver como cambian los valores de los índices. Entonces, el sistema compensado presenta un IAE=0.5882 y un ITAE=0.7942, los cuales son menores con respecto a los obtenidos para el sistema sin compensación, debido a la mejoría en la respuesta transitoria producida por el compensador.

Figura 19. Calculo del IAE y el ITAE del sistema compensado

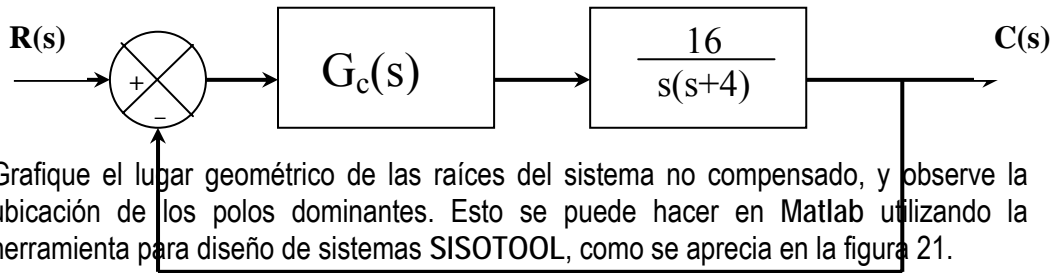


6.1.2. COMPENSACIÓN DE ATRASO DE FASE

Considere el sistema de la figura 20 para diseñar un compensador tal que la constante de error estático de velocidad K_v sea de $20 s^{-1}$, sin que se modifique en forma notable la ubicación original $s = -2 \pm j2\sqrt{3}$ de un par de polos complejos conjugados en lazo cerrado.

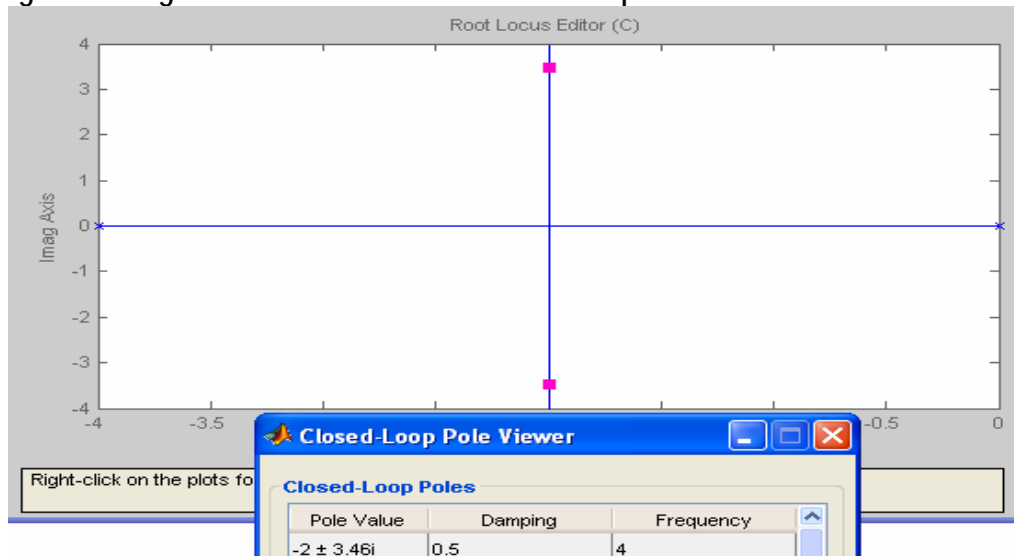
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 20. Sistema de control



1. Grafique el lugar geométrico de las raíces del sistema no compensado, y observe la ubicación de los polos dominantes. Esto se puede hacer en Matlab utilizando la herramienta para diseño de sistemas SISOTOOL, como se aprecia en la figura 21.

Figura 21. Lugar de las raíces del sistema sin compensar



Se observa que los polos en lazo cerrado del sistema sin compensar están ubicados en $-2 \pm j3.46$, con un factor de amortiguamiento relativo $\xi = 0.5$ y una frecuencia natural no amortiguada $\omega_n = 4 \text{ rad/s}$. A partir del valor del factor de amortiguamiento, y el valor de la parte real de los polos complejos, se sabe que el sistema tiene un sobrepaso de aproximadamente un 16% y un tiempo de asentamiento de 2s. Utilizando la fórmula para la constante de error estático de velocidad, obtenemos que el valor de dicha constante es de 4 s^{-1} . Para incrementar la constante de error estático de velocidad en un factor de 5, se selecciona $\beta = 5$ y se coloca arbitrariamente el cero en $s = -0.3$, en consecuencia el polo del compensador estará en $s = -0.3/5 = -0.06$. La función de transferencia del compensador de atraso, conectado en serie con la planta $G(s)$ es

$$G_c(s) = K'_c \frac{s + 0.3}{s + 0.06}$$

La contribución de ángulo del compensador de atraso es de aproximadamente 3° . La función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

$$G_c(s)G(s) = K'_c \frac{s + 0.3}{s + 0.06} \frac{16}{s(s + 4)} = \frac{K(s + 0.3)}{s(s + 0.06)(s + 4)}$$

En donde

$$K = 16K'_c$$

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

El valor de la ganancia en lazo abierto K lo determinamos a partir de la condición de magnitud

$$K = \left\| \frac{s(s + 0.06)(s + 4)}{s + 0.3} \right\|_{s=-2+j3.46} = \frac{4 * 4 * 4}{3.85} = 16.6$$

por lo que la ganancia del compensador de atraso es

$$K'_c = \frac{16.6}{16} = 1.04$$

La función de transferencia del compensador de atraso ahora es

$$G_c(s) = 1.04 \frac{s + 0.3}{s + 0.06} = 5.2 \frac{3.3s + 1}{16.67s + 1}$$

La nueva función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

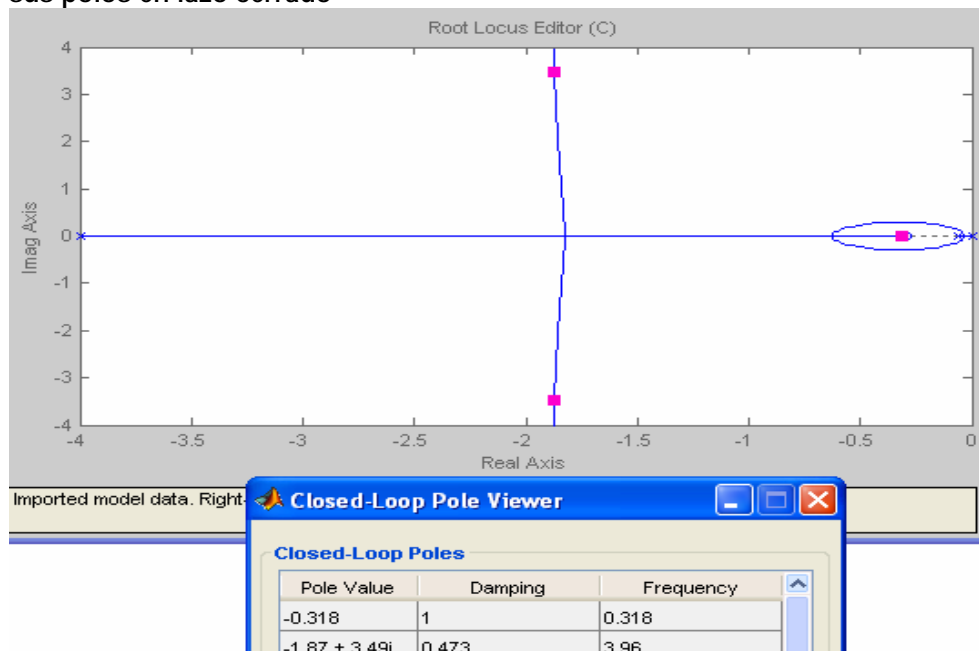
$$G(s)G_c(s) = \frac{16.6(s + 0.3)}{s(s + 0.06)(s + 4)} = \frac{20.75(3.3s + 1)}{s(16.67s + 1)(0.25s + 1)}$$

La nueva constante de error estático de velocidad es

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)G_c(s) = 20.75s^{-1}$$

La gráfica del lugar geométrico de las raíces del sistema compensado, la ubicación de los polos en lazo cerrado, el factor de amortiguamiento relativo y la frecuencia natural no amortiguada son los mostrados en la figura 22.

Figura 22. Lugar geométrico de las raíces del sistema compensado y ubicación de sus polos en lazo cerrado



Como se observa en la figura 22, los polos conjugados ahora se ubican en $s = -1.87 \pm 3.49i$, tienen un factor de amortiguamiento de 0.472 y una frecuencia natural no amortiguada de 3.96 rad/s, por lo que no hubo una variación significativa con respecto al punto de operación original $s = -2 \pm 3.46i$.

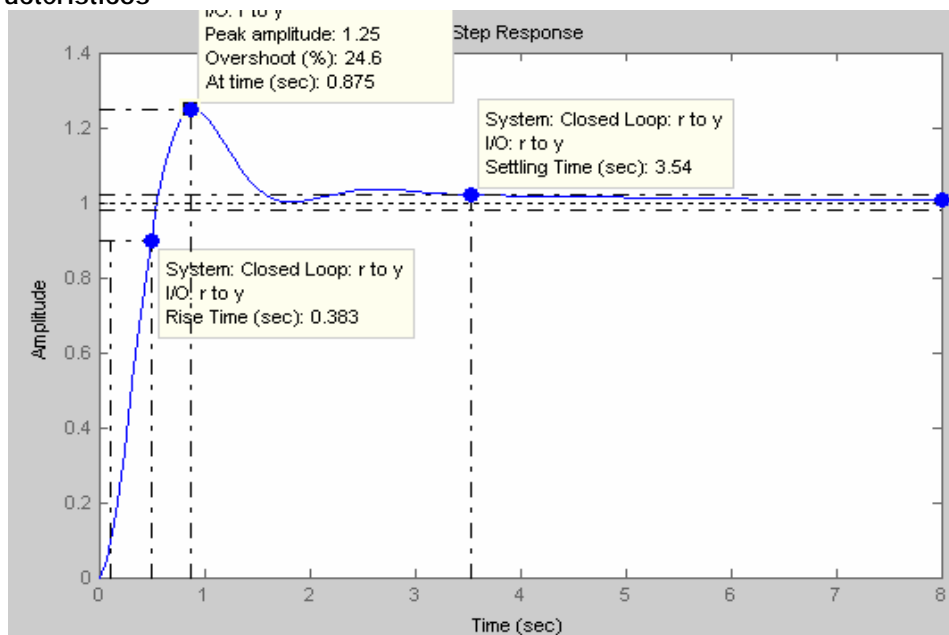
La adición del compensador incrementa el orden del sistema a tres. Se visualiza que el tercer polo, ubicado en $s = -0.318$, está muy cerca del cero adicionado por el compensador en $s = -0.3$, y en consecuencia se puede considerar una cancelación polo –

cero, pero como consecuencia tendremos una cola larga de pequeña amplitud en la respuesta transitoria. Dicha respuesta también presentará un mayor valor de sobrepaso, debido a que dicho par polo cero esta más cerca al origen en relación con los polos complejos.

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS AL ESCALÓN UNITARIO

La respuesta al escalón del sistema compensado y sus valores característicos se muestra en la figura 23.

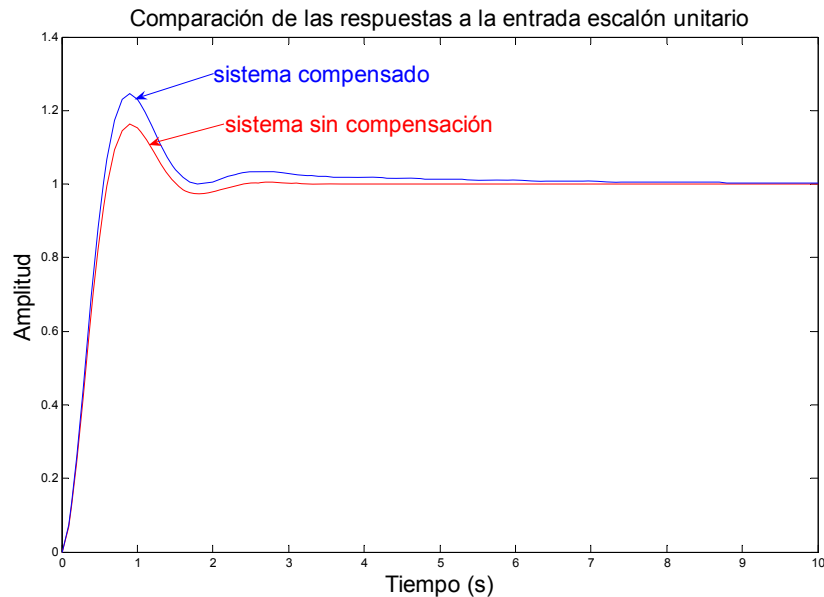
Figura 23. Respuesta al escalón unitario del sistema compensado y sus valores característicos



Con base en la figura 23, se puede constatar que la respuesta transitoria del sistema compensado presenta un sobrepaso del 24.6%, mayor con respecto al valor esperado del 20%, debido a la cercanía entre el tercer polo y el cero del compensador. También se observa la cola larga de pequeña amplitud debido al par polo – cero mencionado.

La comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario se presenta en la figura 24. La respuesta del sistema compensado presenta valores, de tiempo de asentamiento y sobrepaso, mayores con respecto al sistema sin compensación.

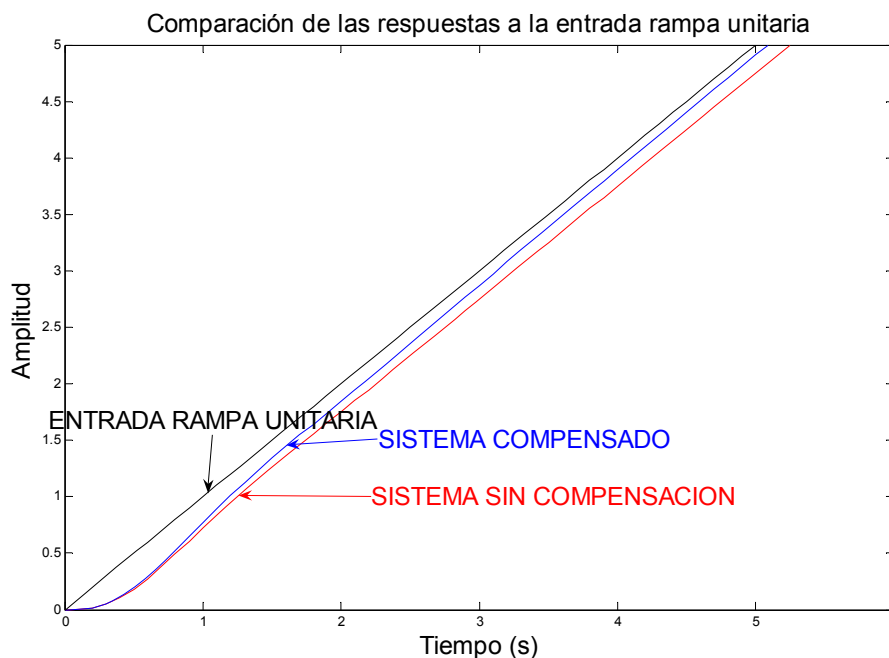
Figura 24. Comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario



COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA RAMPA UNITARIA

Ahora se procede a ver como se comportan los sistemas ante la entrada rampa unitaria (ver figura 25). Se concluye que la compensación de atraso de fase mejora notablemente la respuesta en estado estable pero deteriora la respuesta transitoria del sistema.

Figura 25. Comparación de respuestas a la entrada rampa unitaria

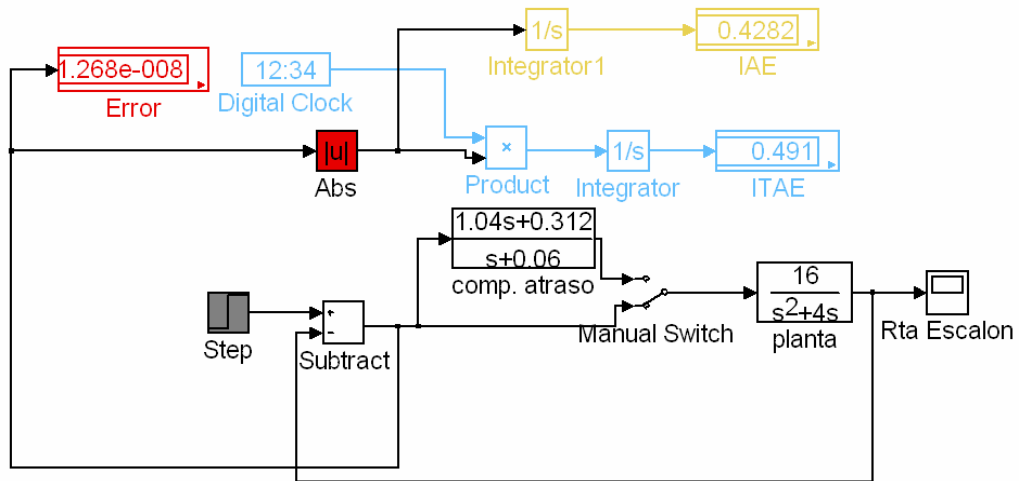


IAE e ITAE

El cálculo de los valores del IAE y el ITAE, utilizando SIMULINK, se observa en la figura 26.

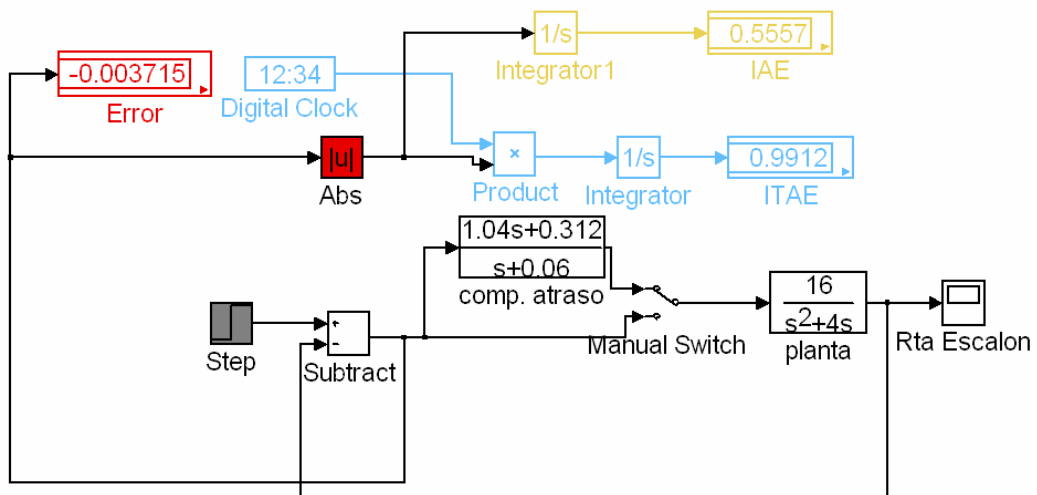
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 26. Cálculo de IAE e ITAE del sistema sin compensación



Y al aplicar la compensación de atraso al sistema, como se aprecia en la figura 27, se obtienen valores mayores de IAE e ITAE, con respecto al sistema sin compensación, como efecto del deterioro de la respuesta transitoria.

Figura 27. IAE e ITAE del sistema compensado



6.1.3. COMPENSACIÓN DE ADELANTO – ATRASO

Se tiene una planta, cuya función de transferencia es

$$G(s) = \frac{10}{s(s+2)(s+8)}$$

Las especificaciones de desempeño del sistema de control son :

- ✓ Factor de amortiguamiento relativo de los polos dominantes en lazo cerrado $\xi = 0.5$.
- ✓ Frecuencia natural no amortiguada $\omega_n = 5 \text{ rad} / \text{s}$.
- ✓ Constante de error estático de velocidad $K_v = 80 \text{ s}^{-1}$.

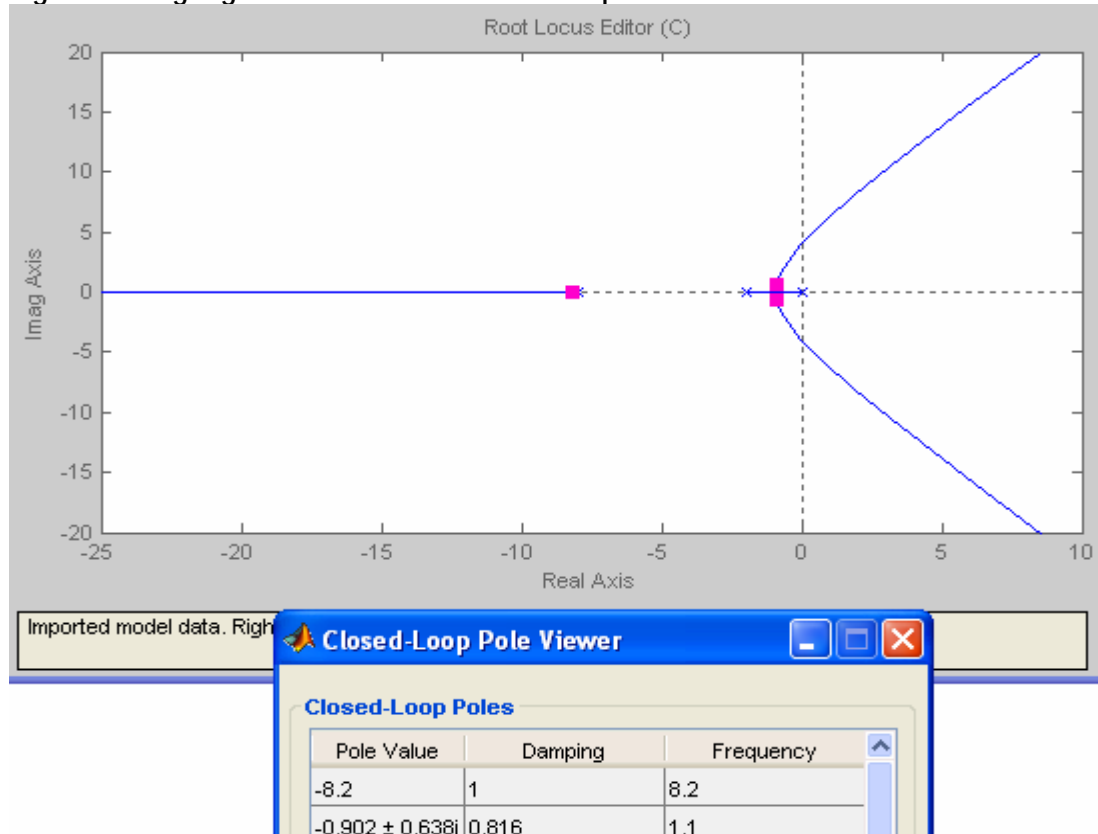
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Solución

A partir de los valores de factor de amortiguamiento y frecuencia natural no amortiguada, dados en las especificaciones, se desea que el sistema tenga un sobrepaso aproximado del 16% y un tiempo de asentamiento de 1.6s.

En primer lugar se necesita conocer el lugar geométrico de las raíces, la ubicación de sus polos dominantes con su frecuencia natural no amortiguada y su factor de amortiguamiento relativo. Utilizando Matlab tenemos el siguiente resultado (ver figura 28).

Figura 28. Lugar geométrico de las raíces de la planta



Para cumplir con las especificaciones deseadas el punto de operación debe ser

$$s = -2.5 \pm j4.33$$

Dicho punto no se encuentra en el lugar geométrico de las raíces del sistema original por lo que se debe compensar. Por la condición de ángulo tenemos que

$$\angle \frac{10}{s(s+2)(s+8)}_{s=-2.5+j4.33} \cong -255^\circ$$

y en consecuencia el compensador de adelanto debe aportar un ángulo de

$$\phi = 255^\circ - 180^\circ = 75^\circ$$

Ahora se ubican el cero y el polo del compensador de adelanto de modo que el aporte sea de 75° , se opta por ubicar el cero en $s=-2$ con el fin de cancelar el polo de la planta ubicado en ese mismo punto. En consecuencia, el polo del compensador de adelanto estará ubicado en

$$\phi = \angle(s + 2)_{s=-2.5+j4.33} - \angle(s + p)_{s=-2.5+j4.33}$$

$$75^\circ = 96.6^\circ - \angle(s + p)_{s=-2.5+j4.33}$$

$$\angle(s + p)_{s=-2.5+j4.33} = 21.6^\circ$$

$$p \cong 13$$

Entonces, la parte de adelanto de fase del compensador de atraso – adelanto es

$$K_c \frac{s + \frac{1}{T_1}}{s + \frac{\gamma}{T_1}} = K_c \frac{s + 2}{s + 13}$$

Y obtenemos que $T_1 = 0.5$ y $\gamma = 6.5$.

El valor de K_c se calcula a partir de la condición de magnitud

$$\left\| K_c \frac{s + 2}{s + 13} \frac{10}{s(s + 2)(s + 8)} \right\|_{s=-2.5+j4.33} = 1$$

Por lo que $K_c = 39.76$.

Para diseñar la parte de atraso del compensador se calcula el valor de β que satisfaga el requerimiento de la constante de error estático

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G_c(s) G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s K_c \frac{\beta}{\gamma} G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s (39.76) \frac{\beta}{6.5} \frac{10}{s(s + 2)(s + 8)} = 80$$

Como resultado se tiene que $\beta = 20.93$. Ahora se elige un valor de T_2 lo suficientemente grande para que

$$\left\| \frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{20.93T_2}} \right\|_{s=-2.5+j4.33} \cong 1$$

$$-5^\circ < \angle \frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{20.93T_2}}_{s=-2.5+j4.33} < 0^\circ$$

Para valores mayores o iguales a $T_2 = 1$ se cumplen las dos condiciones, pero solo con $T_2 = 50$ se puede alcanzar el punto de operación deseado por lo que se toma dicho valor.

Finalmente la función de transferencia del compensador de adelanto – atraso diseñado es

$$G_c(s) = 39.76 \left(\frac{s + 2}{s + 13} \right) \left(\frac{s + 0.02}{s + 0.001} \right) = \frac{122.34(0.5s + 1)(50s + 1)}{(0.077s + 1)(1000s + 1)}$$

Y la función de transferencia del sistema compensado en lazo abierto es

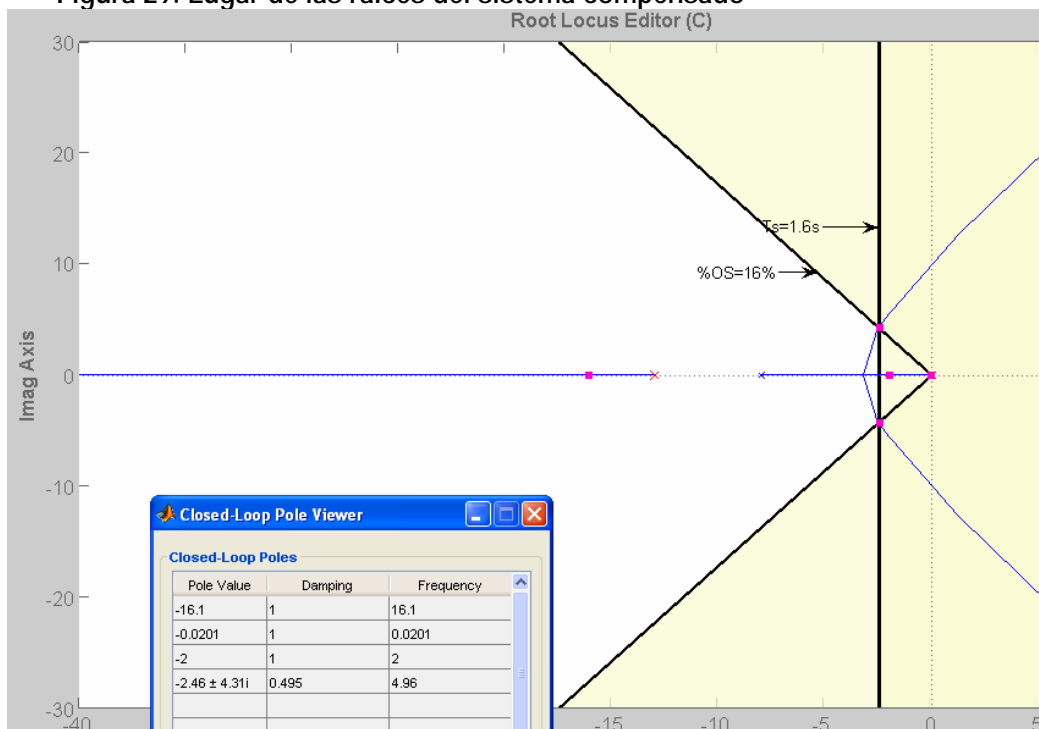
$$G_c(s)G(s) = \frac{397.6(s + 0.02)}{s(s + 8)(s + 13)(s + 0.001)}$$

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--

La gráfica del lugar geométrico de las raíces, la ubicación de los polos en lazo cerrado del sistema compensado, y la ubicación deseada de los polos se presentan en la figura 29. Los polos complejos conjugados se ubican en $s = -2.46 \pm 4.31i$, tienen un factor de amortiguamiento de 0.495 y una frecuencia natural no amortiguada de 4.96 rad/s, entonces se tiene una buena aproximación del punto de operación deseado.

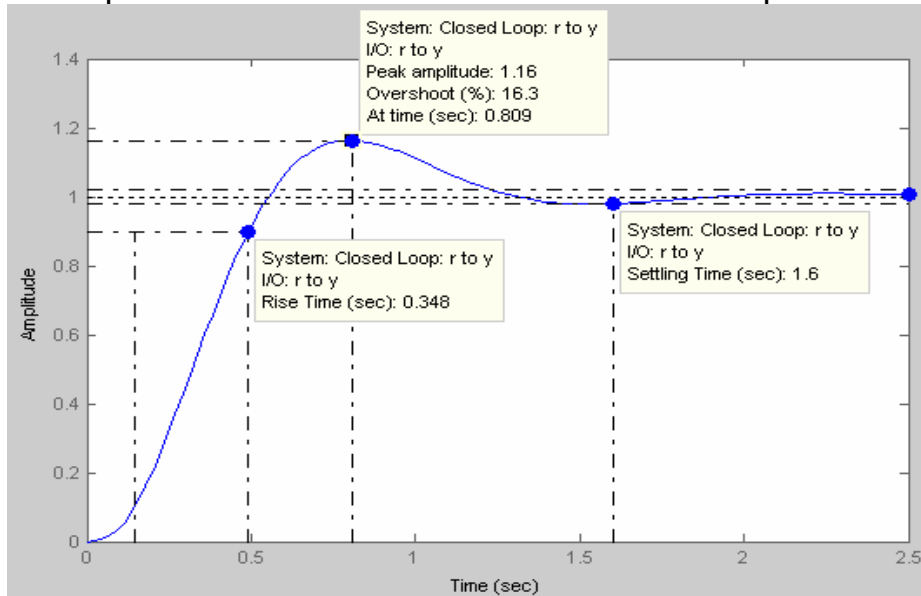
También podemos notar que el tercer polo que está ubicado en $s = -0.0201$, se cancela con el cero del compensador, ubicado en $s = -0.02$; el cuarto polo, ubicado en $s = -2$, se cancela con el cero del compensador que tiene la misma ubicación; y el quinto polo, ubicado en $s = -16.1$, tiene una constante de tiempo seis veces menor con respecto a la constante de tiempo impuesta por los polos conjugados, por lo que su efecto es despreciable en la respuesta del sistema.

Figura 29. Lugar de las raíces del sistema compensado



El sistema compensado presenta una respuesta transitoria con un valor de tiempo de asentamiento de 1.6s, como se deseaba, y un sobrepaso del 16.3%, que es ligeramente superior al 16% requerido, como se observa en la figura 30.

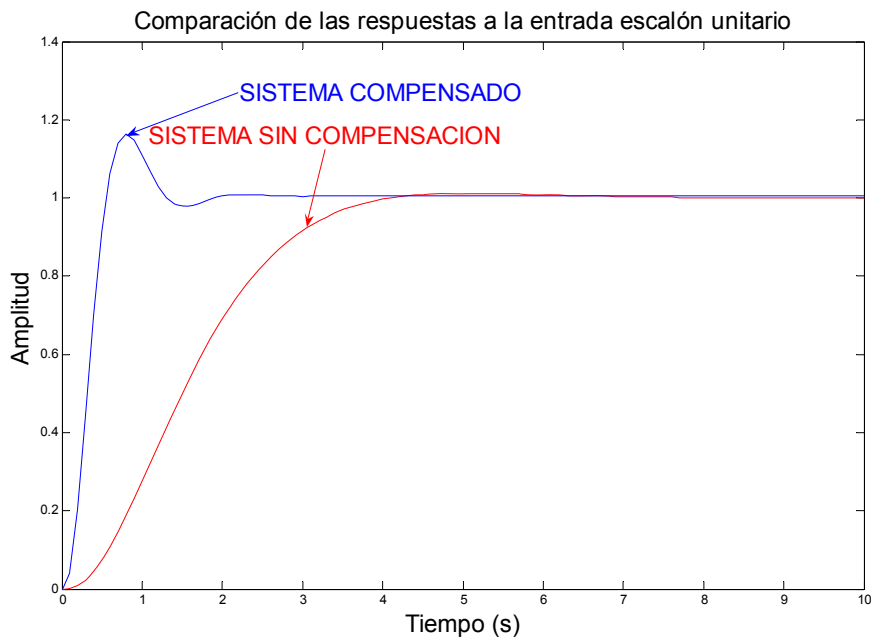
Figura 30. Respuesta a la entrada escalón unitario del sistema compensado



COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO

El sistema compensado presenta un sobrepaso aceptable y tiene una respuesta más rápida con respecto al sistema sin compensación, como se observa en la figura 31. Esto se debe al efecto de la parte de adelanto de fase del compensador.

Figura 31. Comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario

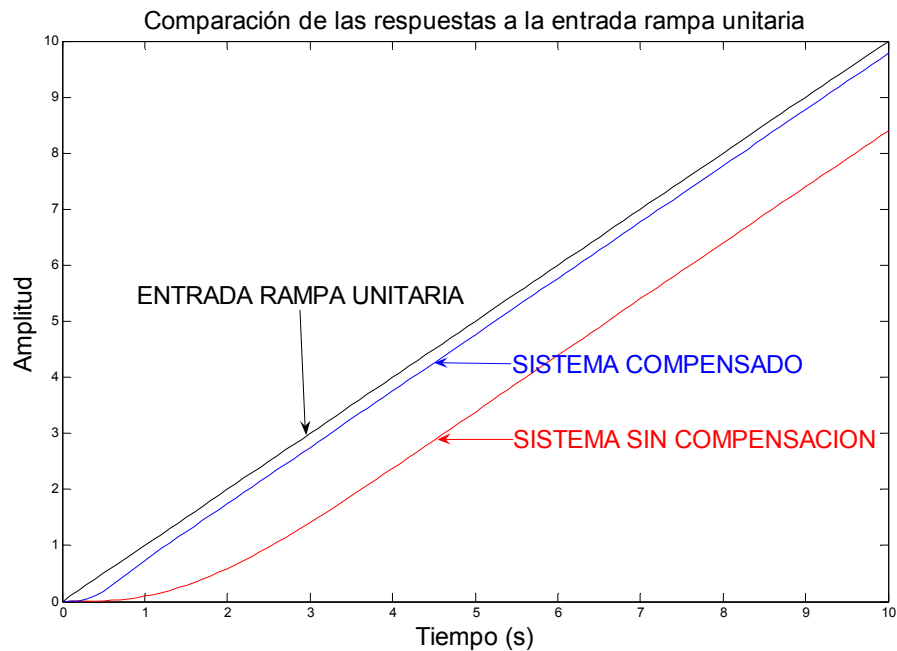


COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA RAMPA UNITARIA

El efecto de la parte de atraso del compensador reduce notablemente el error en estado estable del sistema, esto se visualiza en la figura 32. Se puede concluir, que el compensador de adelanto – atraso mejora las respuestas, transitoria y en estado estable, de un sistema.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---

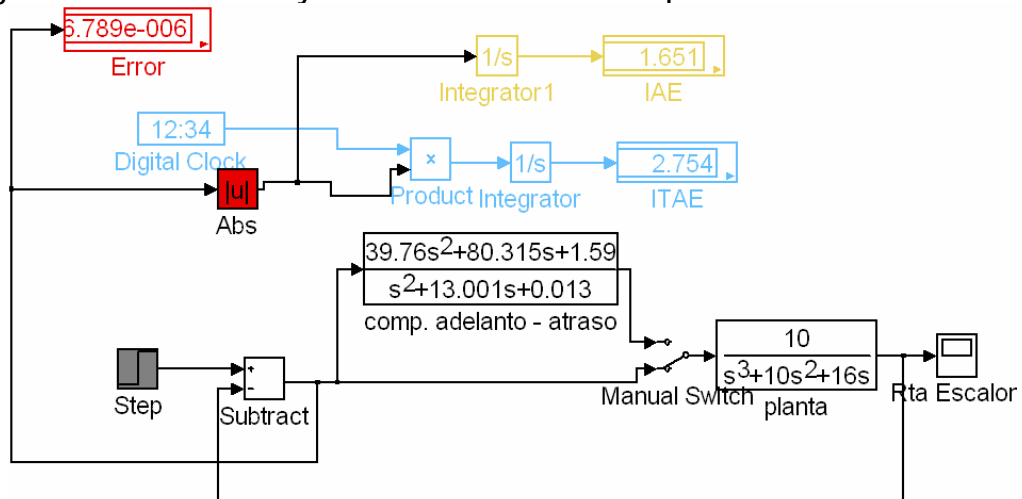
Figura 32. Comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria



CALCULO DEL IAE Y EL ITAE

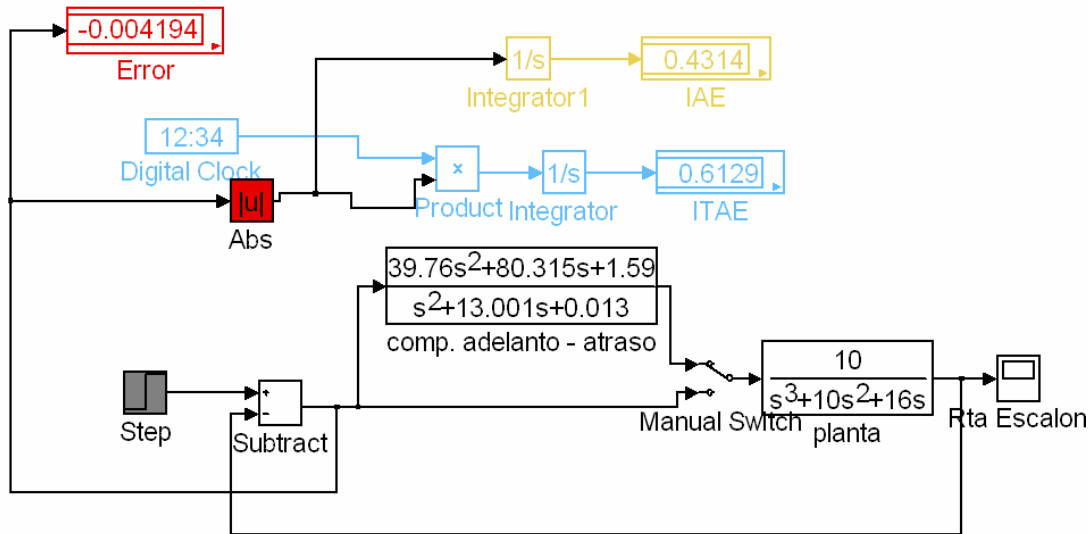
Las figuras 33 y 34, corresponden a los cálculos del IAE y el ITAE para los sistemas, sin compensación y compensado, respectivamente. Se puede apreciar que el sistema compensado presenta valores menores de los índices citados, gracias al mejoramiento de la respuesta transitoria del sistema.

Figura 33. Cálculo del IAE y el ITAE del sistema sin compensación



FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

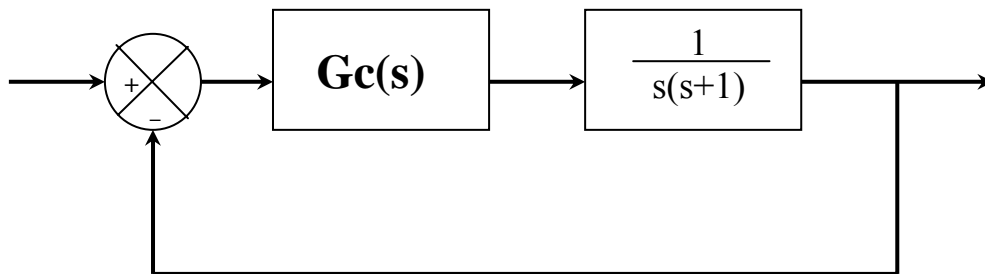
Figura 34. Cálculo del IAE y el ITAE del sistema compensado



6.2. EJEMPLOS UTILIZANDO LA RESPUESTA EN FRECUENCIA

6.2.1. COMPENSACIÓN DE ADELANTO DE FASE

Considere el siguiente sistema



Diseñe un compensador tal que la constante de error estático de velocidad K_v sea de $50s^{-1}$, margen de fase sea de 50° y el margen de ganancia no sea menor de 8dB. Grafique las curvas de la respuesta escalón y rampa unitaria de los sistemas compensado y sin compensar.

SOLUCIÓN

El compensador de adelanto tiene la forma

$$\frac{Eo(s)}{Ei(s)} = Kc\alpha \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} = Kc \frac{s + \frac{1}{T}}{s + \frac{1}{\alpha T}}$$

La función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es $G_c(s)G(s)$.

Además se tiene que

$$G_1(s) = \frac{K}{s(s+1)}$$

en donde $K = K_c \alpha$.

Ahora se calcula el valor de K de acuerdo a la constante de error estático de velocidad requerida

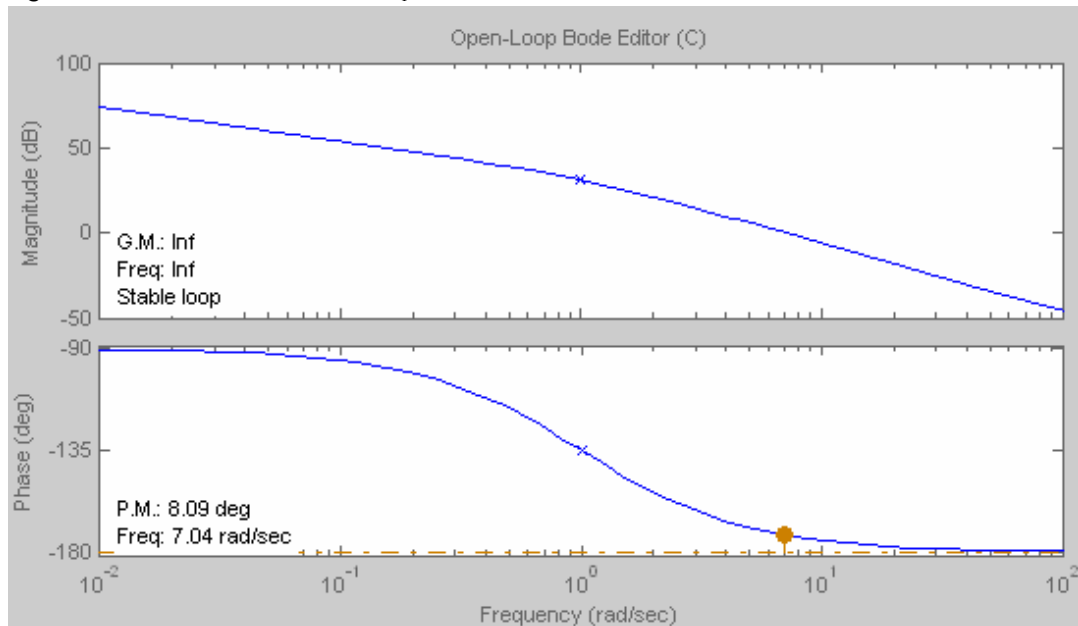
FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G_c(s) G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} G_1(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sK}{s(s+1)} = 50$$

Con lo que $K = 50$. Con este valor de K el sistema cumple el requerimiento en estado estable. En seguida se grafican las trazas de Bode de

$$G_1(j\omega) = \frac{50}{j\omega(j\omega + 1)}$$

Figura 35. Trazas de Bode de $G_1(j\omega)$



El margen de fase de $G_1(j\omega)$ es de 8.09° y el margen de ganancia es infinito. Por lo tanto para cumplir con el requerimiento de estabilidad relativa se necesita un adelanto de fase adicional de 42° . Debido al cambio en la frecuencia de cruce de ganancia se supone que el ángulo de adelanto de fase máximo requerido es de 47° . Con la formula 15 se obtiene

$$\text{sen}(47^\circ) = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$$

$$\alpha = 0.156$$

Para determinar las frecuencias de esquina del cero y el polo del compensador, se recuerda que el ángulo de adelanto de fase máximo ocurre en la media geométrica de las dos frecuencias de esquina $\omega_m = \frac{1}{\sqrt{\alpha T}}$. La variación de la curva de magnitud en la frecuencia

ω_m producida por la inclusión del compensador es

$$\left\| \frac{1 + j\omega T}{1 + j\omega \alpha T} \right\|_{\omega=1/\sqrt{\alpha T}} = \left\| \frac{1 + j \frac{1}{\sqrt{\alpha}}}{1 + j \alpha \frac{1}{\sqrt{\alpha}}} \right\| = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} = \frac{1}{\sqrt{0.156}} = 2.53 \text{ dB}$$

y $\|G_1(j\omega)\| = -2.53 \text{ dB}$ corresponde a $\omega = 8.15 \text{ rad/s}$. Luego la nueva frecuencia de cruce es

$$\omega_c = 8.15 \text{ rad/s}$$

Entonces el cero y el polo del compensador se ubicarán en

$$\frac{1}{T} = \sqrt{\alpha} \omega_c = 3.22$$

$$\frac{1}{\alpha T} = \frac{\omega_c}{\sqrt{\alpha}} = 20.63$$

La función de transferencia del compensador de adelanto se convierte en

$$G_c(s) = K_c \frac{s + 3.22}{s + 20.63} = K_c \alpha \frac{0.31s + 1}{0.0485s + 1}$$

El valor de K_c es

$$K_c = \frac{K}{\alpha} = \frac{50}{0.156} = 320.51$$

Finalmente, la función de transferencia del compensador diseñado es

$$G_c(s) = 320.51 \frac{s + 3.22}{s + 20.63} = 50 \frac{0.31s + 1}{0.0485s + 1}$$

Y la función de transferencia en lazo abierto de sistema compensado es

$$G_c(s)G(s) = 320.51 \frac{s + 3.22}{s + 20.63} \frac{1}{s(s + 1)}$$

La gráfica de las trazas de Bode del sistema compensado se muestra en la figura 36.

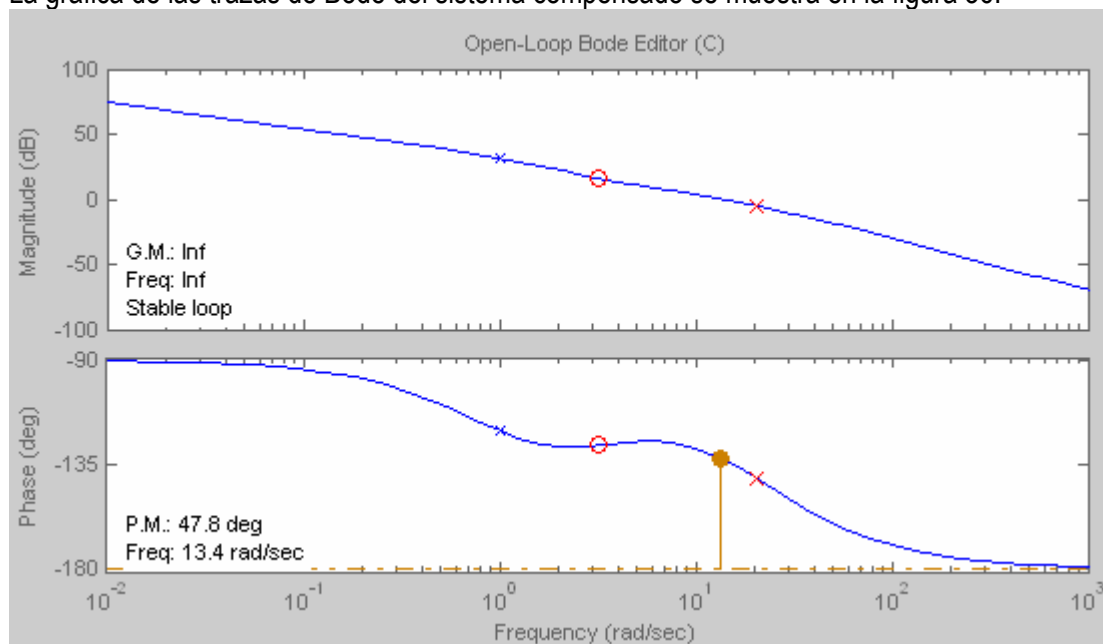


Figura 36. Trazas de Bode del sistema compensado

El sistema compensado tiene $K_v = 50s^{-1}$, margen de ganancia infinito y un margen de fase de 47.8° . Con los resultados anteriores se cuenta con una buena aproximación a las especificaciones de desempeño dadas.

Visualizando la ubicación de los polos en lazo cerrado con la opción del menú principal View – closed loop poles, de la herramienta SISOTOOL, el sistema en lazo cerrado tiene un par de polos complejos en $s = -8.93 \pm 13.9i$, y un tercer polo en $s = -3.77$.

El tercer polo está cerca del cero del compensador, y como consecuencia de esto, el sistema presenta una cola larga de pequeña amplitud en su respuesta transitoria. Además, tiene un

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

sobrepaso mayor del esperado, debido a que el par polo – cero mencionado está más cerca el eje $j\omega$. La respuesta del sistema es rápida como consecuencia de que los polos complejos están lejos del eje $j\omega$.

Para constatar lo anteriormente dicho, la respuesta a la entrada escalón unitario del sistema compensado se observa en la figura 37. El sistema presenta una cola larga de pequeña amplitud y un sobrepaso del 25.4%, el cual es mayor del 16% esperado para un sistema de segundo orden con factor de amortiguamiento relativo de 0.5.

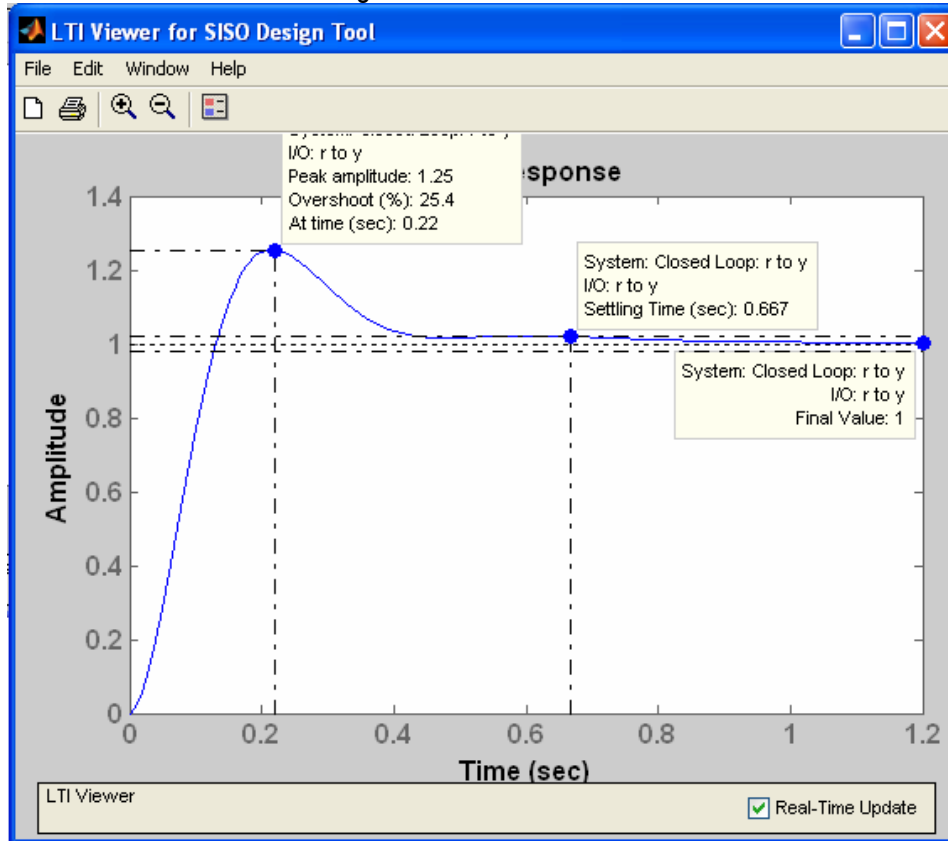


Figura 37. Respuesta a la entrada escalón unitario del sistema compensado

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO

La comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario de los sistemas sin compensar y compensado se muestra en la figura 38. Se puede ver que como producto de la compensación, el sistema presenta una respuesta más rápida, pero presenta un mayor sobrepaso debido a los efectos, del cero del compensador y del tercer polo.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

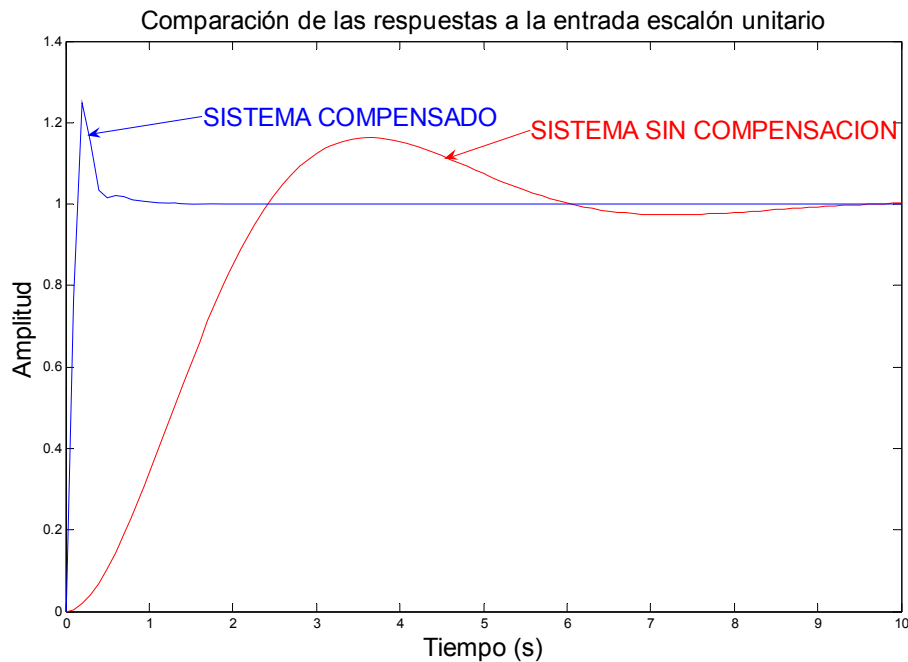


Figura 38. Comparación de las respuestas al escalón unitario
COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA RAMPA UNITARIA

La comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria se observa en la figura 39. Se observa que también se logró una mayor precisión en estado estable con respecto al sistema sin compensar como resultado del aumento de la constante de error estático de velocidad.

IAE e ITAE

El cálculo de los valores del IAE y el ITAE, para el sistema si compensación y para el sistema compensado, se presenta en las figuras 40 y 41, respectivamente. Se concluye que aplicando la compensación de adelanto de fase al sistema, obtenemos valores significativamente menores de IAE e ITAE, con respecto al sistema sin compensación, como consecuencia de la disminución del tiempo de asentamiento, principalmente.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

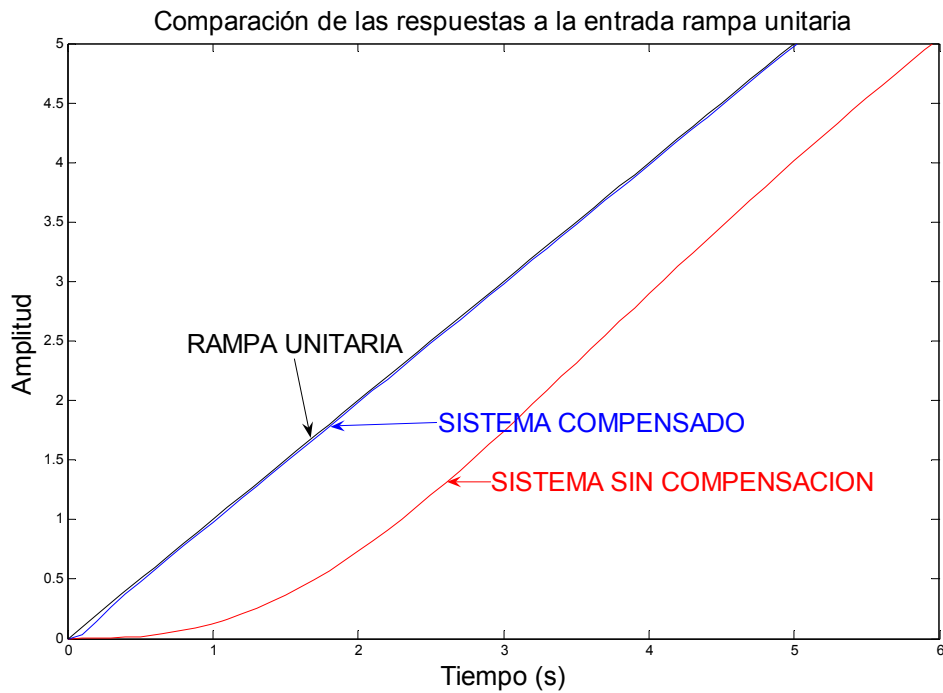


Figura 39. Comparación de las respuestas a la rampa unitaria

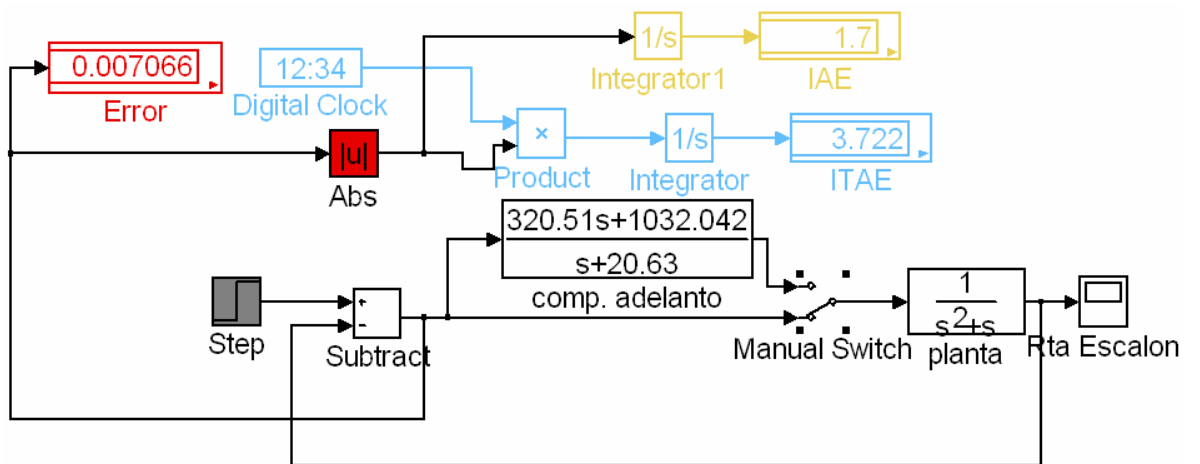


Figura 40. Cálculo del IAE y el ITAE para el sistema sin compensación

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

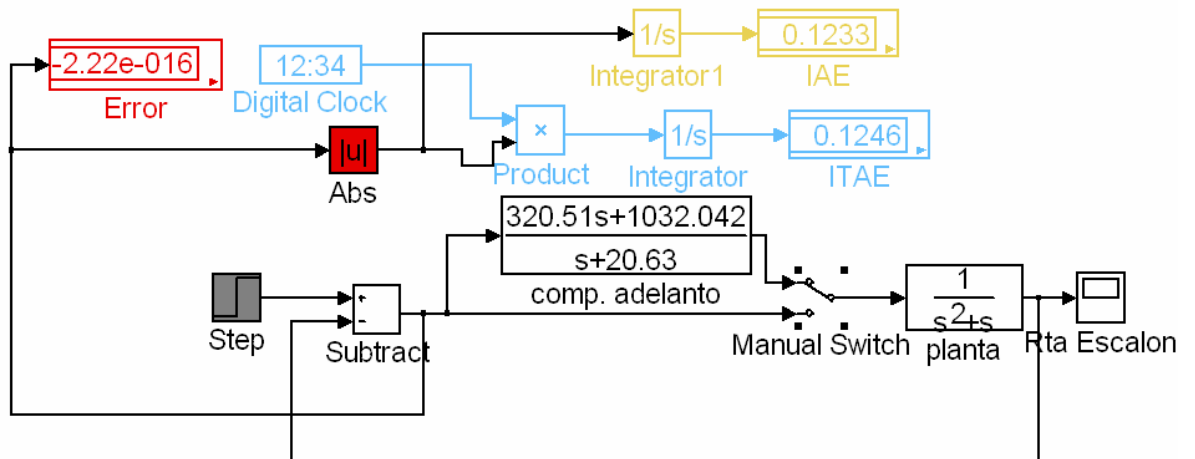


Figura 41. Cálculo del IAE y el ITAE para el sistema compensado

6.2.2. COMPENSACIÓN DE ATRASO DE FASE

Se tiene un sistema de control con realimentación negativa y función de transferencia en lazo abierto

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

Diseñe un compensador tal que $K_v = 4s^{-1}$, el margen de fase sea de 50° y el margen de ganancia sea de 10dB o más. Grafique las curvas de respuesta al escalón unitario y a la rampa unitaria del sistema compensado.

SOLUCIÓN

Se utiliza la función de transferencia del compensador de atraso de la formula 17. Definamos

$$K_c \beta = K$$

$$G_1(s) = KG(s) = \frac{K}{s(s+1)}$$

Ahora se determina el valor de la ganancia que permite cumplir el requerimiento de la constante de error estático dada

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG_1(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sK}{s(s+1)} = 4$$

$$K = 4$$

En seguida se grafican las trazas de Bode de

$$G_1(j\omega) = \frac{4}{j\omega((j\omega)+1)}$$

las cuales se muestran en la figura 42.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

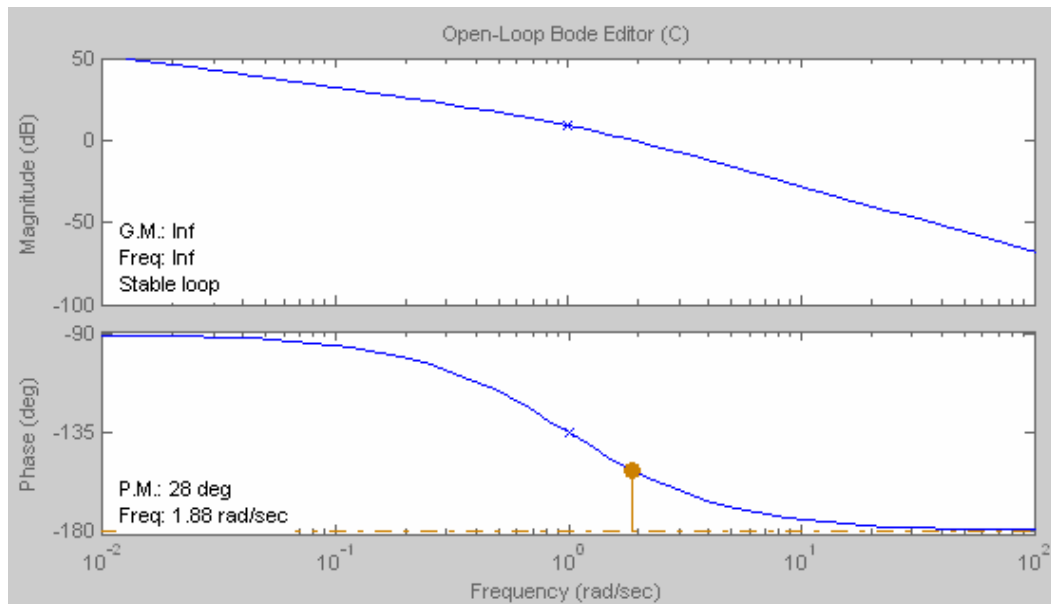


Figura 42. Trazas de Bode de $G_1(j\omega)$

El sistema con compensación de ganancia tiene un margen de ganancia infinito y un margen de fase de 28° . Se requiere que el sistema tenga un margen de fase de 50° , el cual en $G_1(j\omega)$ se logra en $\omega = 0.838 \text{ rad/s}$, y la nueva frecuencia de cruce debe seleccionarse cercana a este valor. Teniendo en cuenta que la adición del compensador de atraso modifica la curva de fase, debemos añadir entre 5° y 12° al margen de fase especificado para atenuar dicho efecto. En este caso, tendremos en cuenta el peor caso, por lo que añadiremos 12° al margen de fase especificado, y ahora el margen de fase requerido es de 62° , el cual en G_1 se obtiene en $\omega = 0.543 \text{ rad/s}$, a la que elegimos como la nueva frecuencia de cruce de ganancia. Como es más benéfico tener constantes de tiempo pequeñas, optamos por ubicar el cero del compensador, arbitrariamente en $s = -0.1$. Con el fin de que la traza de magnitud tenga un valor de 0dB en la nueva frecuencia de cruce, el compensador debe proporcionar una atenuación de aproximadamente -17dB. Con base en lo anterior, el valor de β es

$$20 \log \frac{1}{\beta} = -17$$

$$\beta = 7.14$$

Y la frecuencia del polo del compensador es

$$\omega = \frac{1}{\beta T} = 0.014 \text{ rad/s}$$

Por lo que la función de transferencia del compensador de atraso es

$$G_c(s) = K_c 7.14 \frac{10s + 1}{71.4s + 1} = K_c \frac{s + \frac{1}{10}}{s + \frac{1}{71.4}}$$

Finalmente el valor de K_c es

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

$$K_c = \frac{K}{\beta} = \frac{4}{7.4} = 0.54$$

La función de transferencia en lazo abierto del sistema compensado es

$$G_c(s)G(s) = \frac{0.54(s + 0.1)}{s(s + 1)(s + 0.014)} = \frac{4(10s + 1)}{s(s + 1)(71.4s + 1)}$$

La traza de Bode del sistema compensado se muestra en la figura 43. Dicho sistema presenta un margen de fase de 53.5° , un margen de ganancia de infinito y una frecuencia de cruce de ganancia de 0.5 rad/s , por lo que alcanzó una buena aproximación a las especificaciones dadas.

Sus polos en lazo cerrado se ubican en $s = -0.447 \pm j0.517$ y $s = -0.12$. El tercer polo está muy cerca del polo del compensador, se puede considerar una cancelación polo – cero, y como consecuencia de esto, la respuesta transitoria presenta una cola larga de pequeña amplitud. Adicionalmente, el par polo – cero mencionado aumenta el sobrepaso, pues afecta la dominancia de los polos complejos por estar más cerca del eje $j\omega$. La respuesta transitoria del sistema se amortigua con lentitud debido a que su constante de tiempo es grande. Todo lo anteriormente comentado, se observa en la figura 44.

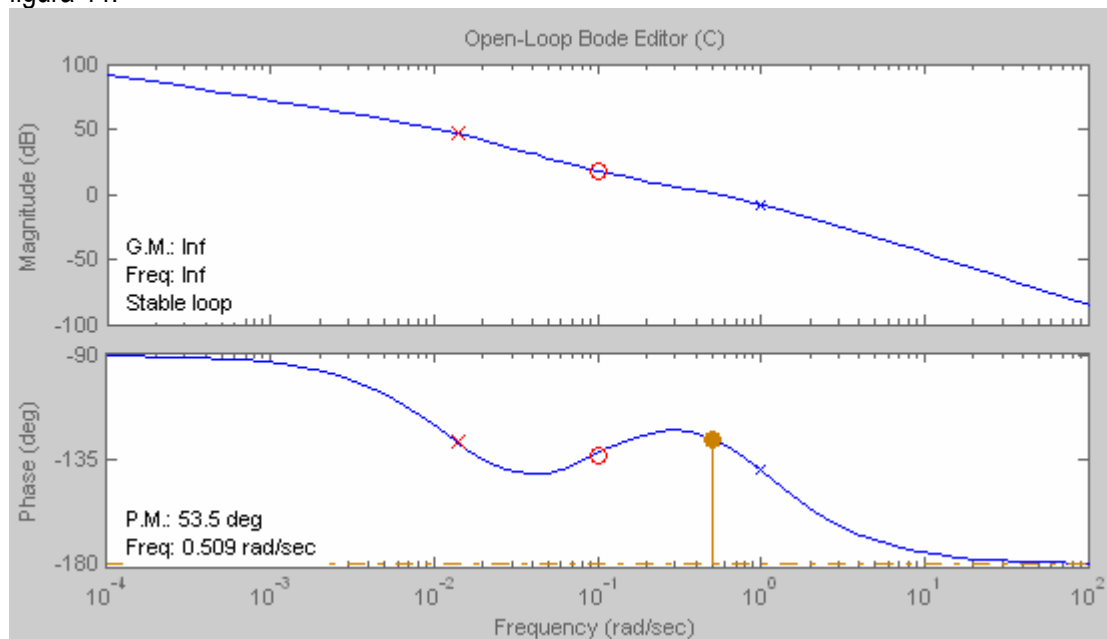


Figura 43. Trazas de Bode del sistema compensado

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

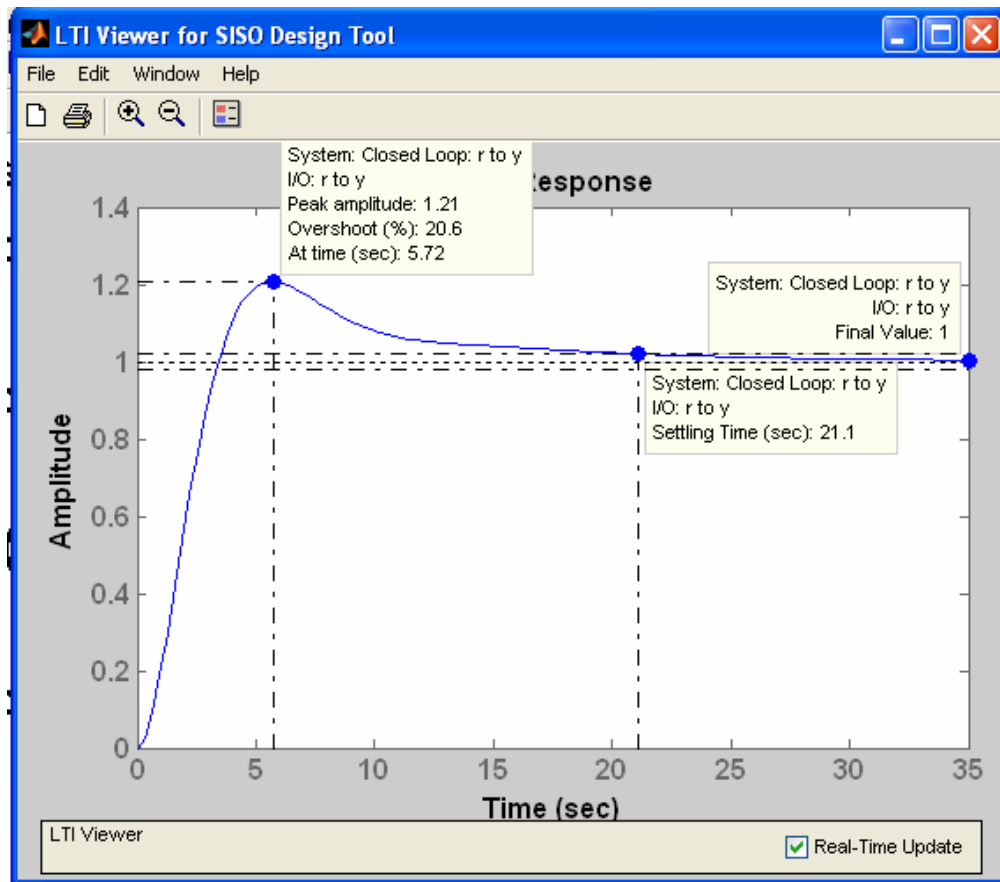


Figura 44. Respuesta a la entrada escalón unitario

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO

La comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario se muestra en las figuras 45. Se aprecia que el sistema compensado presenta valores, de tiempo de asentamiento y sobrepaso, mayores con respecto a los del sistema sin compensación.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---

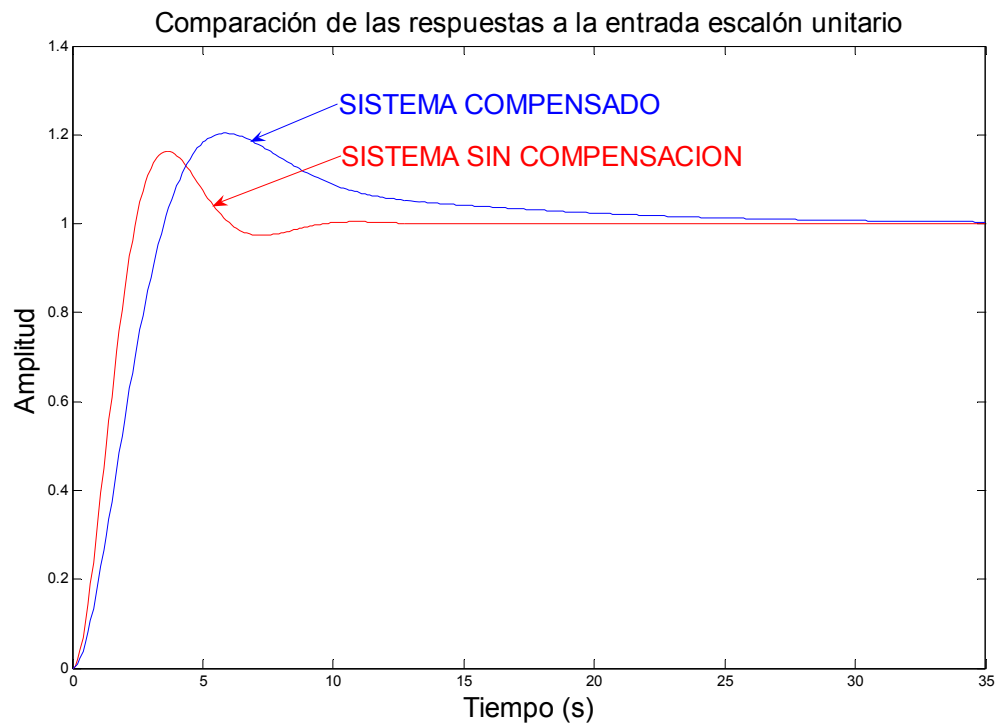


Figura 45. Comparación de las respuestas al escalón unitario

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA RAMPA UNITARIA

La comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria, presentada en la figura 46, permite concluir que, aunque el sistema compensado presenta una respuesta, logra una mayor precisión en estado estable con respecto al sistema sin compensación. Analizando la respuesta a la rampa unitaria podemos observar que aunque la respuesta del sistema compensado es lenta se logra una mayor precisión en estado estable con respecto al sistema sin compensar.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

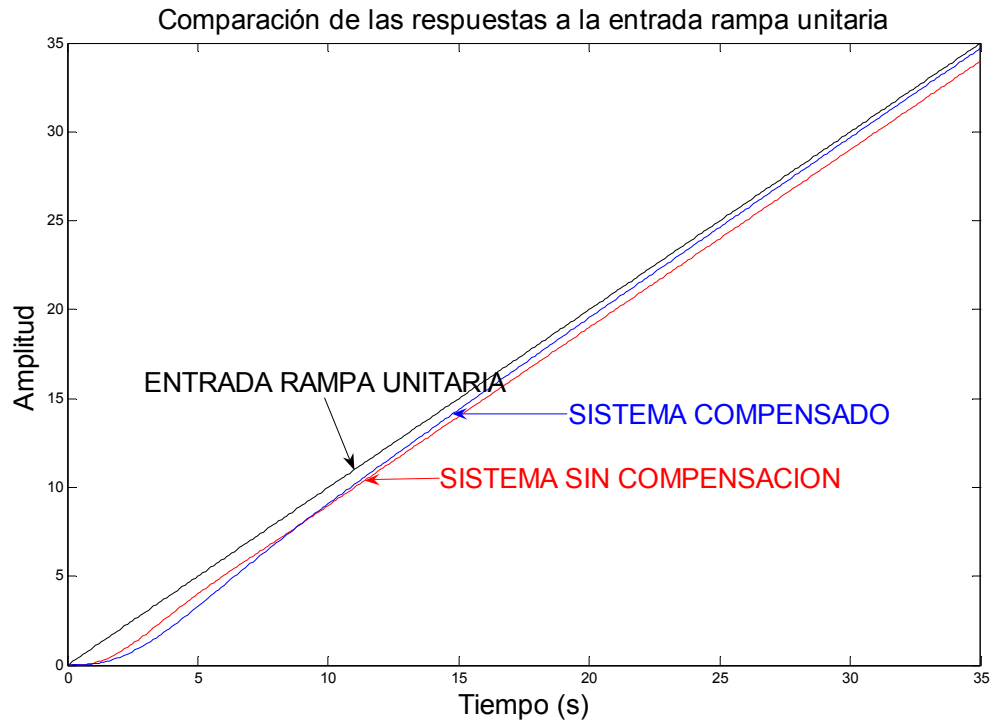


Figura 46. Comparación de las respuestas a la rampa unitaria

IAE e ITAE

El cálculo de los valores de IAE e ITAE, tanto para el sistema sin compensación, como para el sistema compensado, se observa en las figuras 47 y 48, respectivamente. Para este tipo de compensación, los valores de IAE e ITAE del sistema compensado son mayores en relación a los del sistema sin compensación, por el deterioro de la respuesta transitoria.

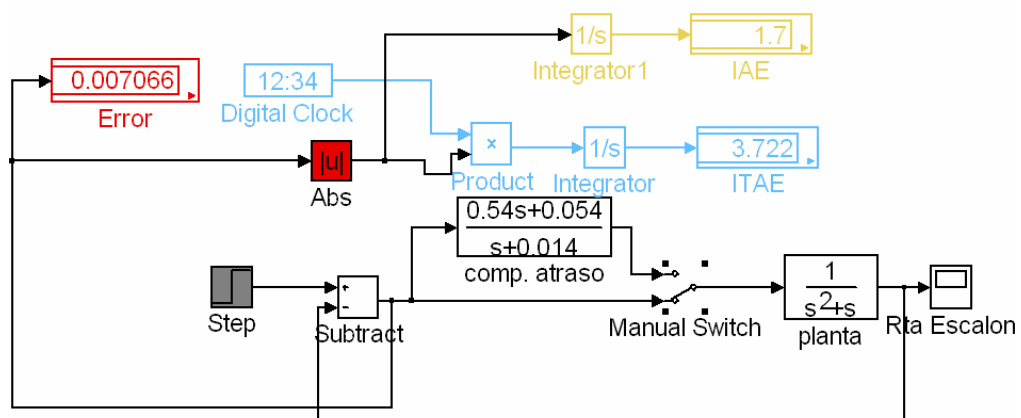


Figura 47. IAE e ITAE del sistema sin compensación

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

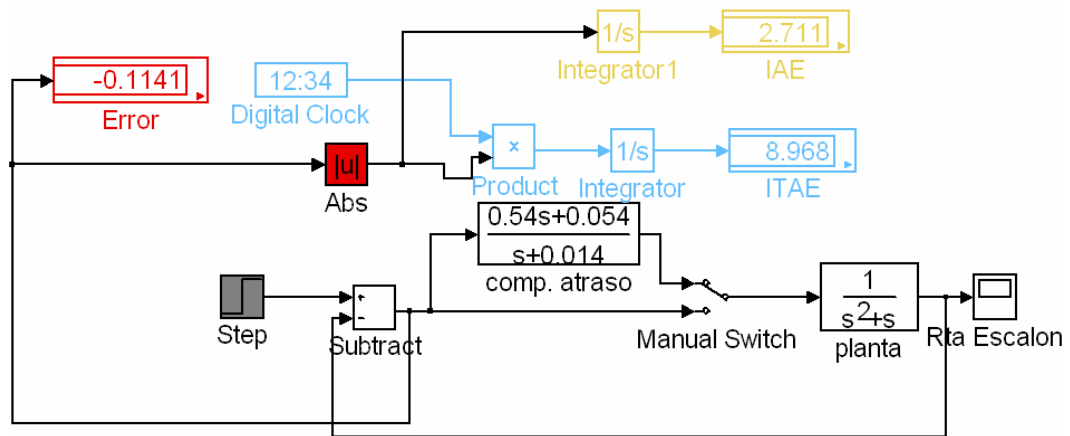


Figura 48. IAE e ITAE del sistema compensado

6.2.3. COMPENSACIÓN DE ADELANTO – ATRASO DE FASE

1. Considere el siguiente sistema de control con una planta cuya función de transferencia es

$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+5)}$$

Diseñe un compensador de adelanto – atraso, tal que la constante de error estático de velocidad sea de $20s^{-1}$, el margen de fase sea de 50° y el margen de ganancia sea igual o superior a 8dB.

En primer lugar se elige la función de transferencia de la ecuación 18 para el compensador. Para cumplir con el requerimiento de la constante de error estático se debe ajustar el valor de la ganancia K , y por facilidad hacemos que $K_c=1$. El valor de K es

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} sG_c(s)G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} sK \frac{1}{s(s+1)(s+5)} = \frac{K}{5} = 20$$

$$K = 100$$

Ahora se dibujan las trazas de Bode del sistema con compensación de ganancia en la figura 49. Dicho sistema es inestable, presenta un margen de fase de -23.7° y un margen de ganancia de -10.5dB.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

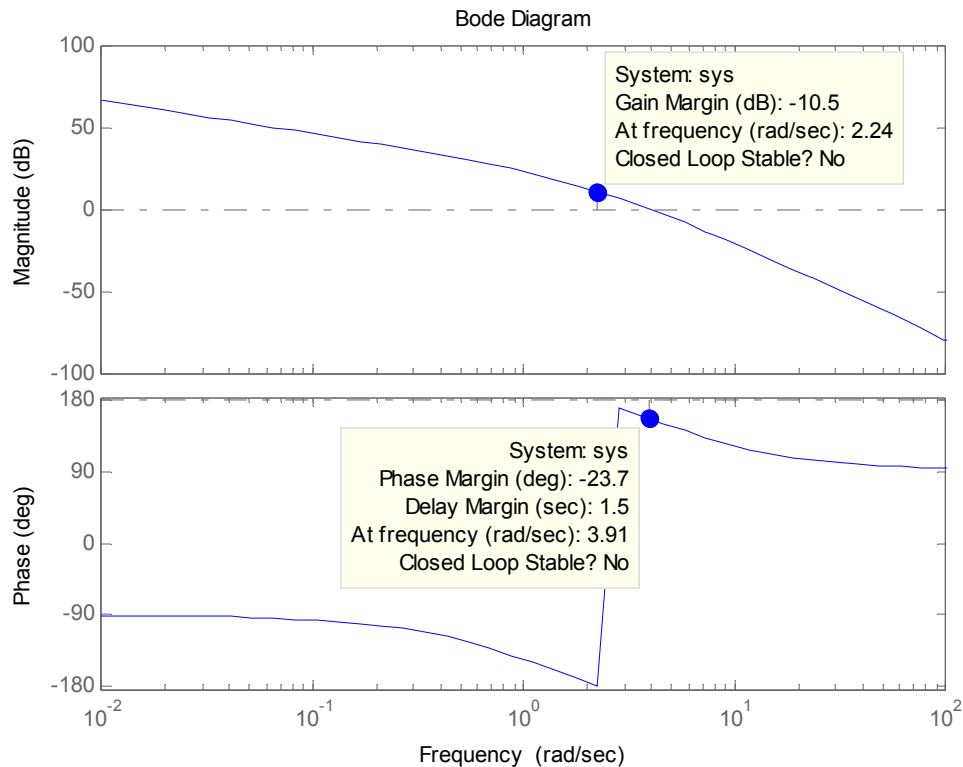


Figura 49. Trazas de Bode del sistema con ajuste de ganancia

Ahora se selecciona una nueva frecuencia de cruce de ganancia. Observando la traza de fase del sistema con compensación de ganancia tenemos que

$$\angle G_1(j\omega)_{\omega=2.24\text{rad/s}} = -180^\circ$$

Por conveniencia se elige $\omega = 2.24\text{rad/s}$ como la nueva frecuencia de cruce de ganancia, en la cual se desea obtener un adelanto de fase de 50° .

Una vez seleccionada la nueva frecuencia de cruce, se escoge la frecuencia de esquina $\omega = 1/T_2$ del cero del compensador de atraso, de manera que este una década debajo de la nueva frecuencia de cruce, en $\omega = 0.224\text{rad/s}$.

Teniendo en cuenta que el máximo adelanto de ángulo de fase ϕ_m se obtiene mediante

$$\text{sen}\phi_m = \frac{\beta - 1}{\beta + 1}$$

Con $\beta = 10$, el valor de ϕ_m es 54.9° , y aunque se requiere un margen de fase de 50° , se seleccionará dicho valor para β . En consecuencia, la frecuencia correspondiente al polo de la parte de atraso es

$$\omega = \frac{1}{\beta T_2} = 0.0224\text{rad/s}$$

y la función de transferencia de la parte de atraso es

$$\frac{s + 0.224}{s + 0.0224} = 10 \left(\frac{4.46s + 1}{44.6s + 1} \right)$$

La parte correspondiente al adelanto de fase debe contribuir con la atenuación necesaria para que la nueva frecuencia de cruce sea $\omega = 2.24\text{rad/s}$. En dicha frecuencia, el valor

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

de la magnitud del sistema con compensación de ganancia es de 10.5dB. Para determinar las frecuencias correspondientes al cero y al polo de la parte de adelanto de fase, trazamos una línea con pendiente de 20dB que pase por el punto ($\omega = 2.24rad / s, 10.5dB$), y se observan los valores de frecuencia en las intersecciones con las líneas de 0dB y -20dB, respectivamente. De esta manera encontramos que la frecuencia del cero es $\omega = 0.75rad / s$ y la frecuencia del polo es $\omega = 7.5rad / s$. Con base en lo anterior, la función de transferencia del compensador de adelanto es

$$\frac{s + 0.75}{s + 7.5} = \frac{1}{10} \left(\frac{1.33s + 1}{0.133s + 1} \right)$$

Finalmente las funciones de transferencia del compensador de adelanto – atraso y el sistema compensado en lazo abierto son:

$$G_c(s) = \left(\frac{s + 0.224}{s + 0.0224} \right) \left(\frac{s + 0.75}{s + 7.5} \right) = \left(\frac{4.46s + 1}{44.6s + 1} \right) \left(\frac{1.33s + 1}{0.133s + 1} \right)$$

$$G_c(s)G(s) = \frac{100(s + 0.224)(s + 0.75)}{(s + 0.0224)(s + 7.5)s(s + 1)(s + 5)} = \frac{20(4.46s + 1)(1.33s + 1)}{(44.6s + 1)(0.133s + 1)s(s + 1)(0.2s + 1)}$$

Las trazas de Bode del sistema compensado se muestran en la figura 50. Dicho sistema presenta un margen de fase de 49.4° , un margen de ganancia de 13.6dB, y su frecuencia de cruce de ganancia esta en $\omega = 2.25rad / s$, por lo que se logró una buena aproximación de las especificaciones de diseño.

Sus polos en lazo cerrado se ubican en $s = -1.46 \pm j2.89$, $s = -9.71$, $s = -0.255$, $s = -0.65$.

El tercer polo está muy cerca del cero del compensador, ubicado en $s = -0.224$, lo que crea una cola larga de pequeña amplitud en la respuesta transitoria. El cuarto polo está muy cerca del cero del compensador, ubicado en $s = -0.75$, aumentando la amplitud a la cola larga mencionada anteriormente. Dichos efectos sobre la respuesta transitoria del sistema se observan en la figura 51.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p align="center">AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p align="center">REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	--	--

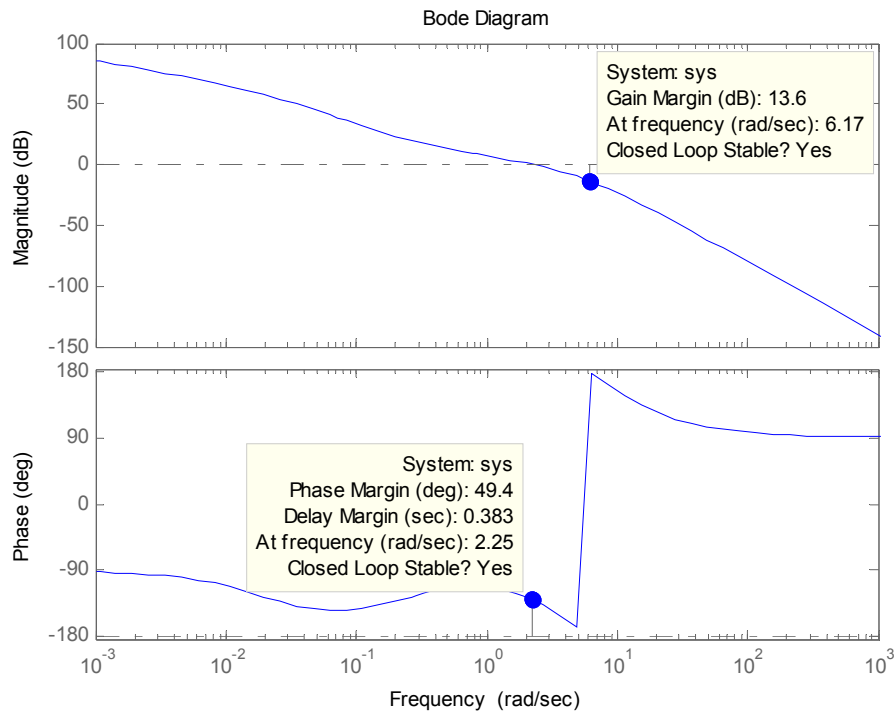


Figura 50. Trazas de Bode del sistema compensado

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA ESCALÓN UNITARIO

La comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario se presenta en la figura 51. Con base en dicha gráfica, se puede notar que el sistema compensado tiene una respuesta transitoria mucho más rápida, en comparación con el sistema sin compensación. Además, presenta un sobrepaso aceptable y una cola larga de pequeña amplitud, como efecto de los dos pares polo – cero mencionados anteriormente.

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---

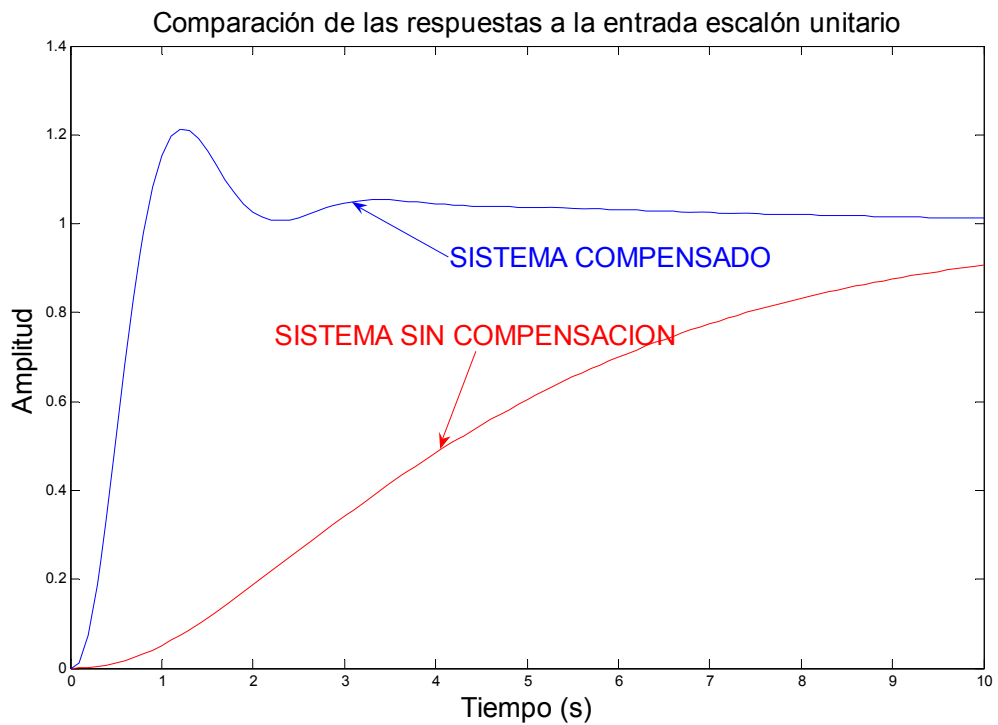


Figura 51. Comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS A LA ENTRADA RAMPA UNITARIA

Con respecto a las respuestas en estado estable, el sistema compensado presenta mayor precisión en estado estable, como se observa en la figura 52.

IAE e ITAE

El cálculo de los valores de IAE e ITAE, para los sistemas, sin compensación y compensado, se visualiza en las figuras 53 y 54, respectivamente. La compensación de la parte de adelanto de fase del compensador permite obtener valores menores de IAE e ITAE con respecto al sistema sin compensación, como efecto del mejoramiento del comportamiento transitorio del sistema.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

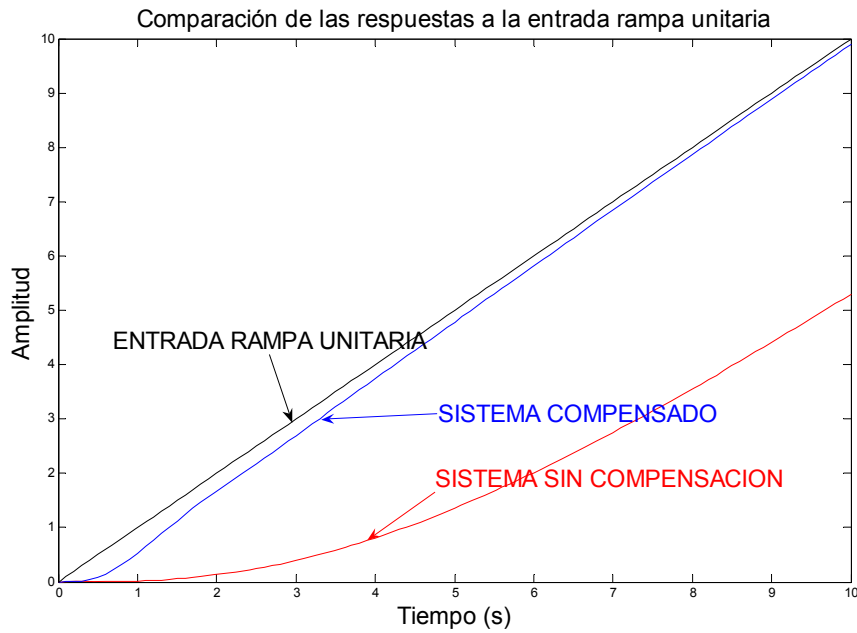


Figura 52. Comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria

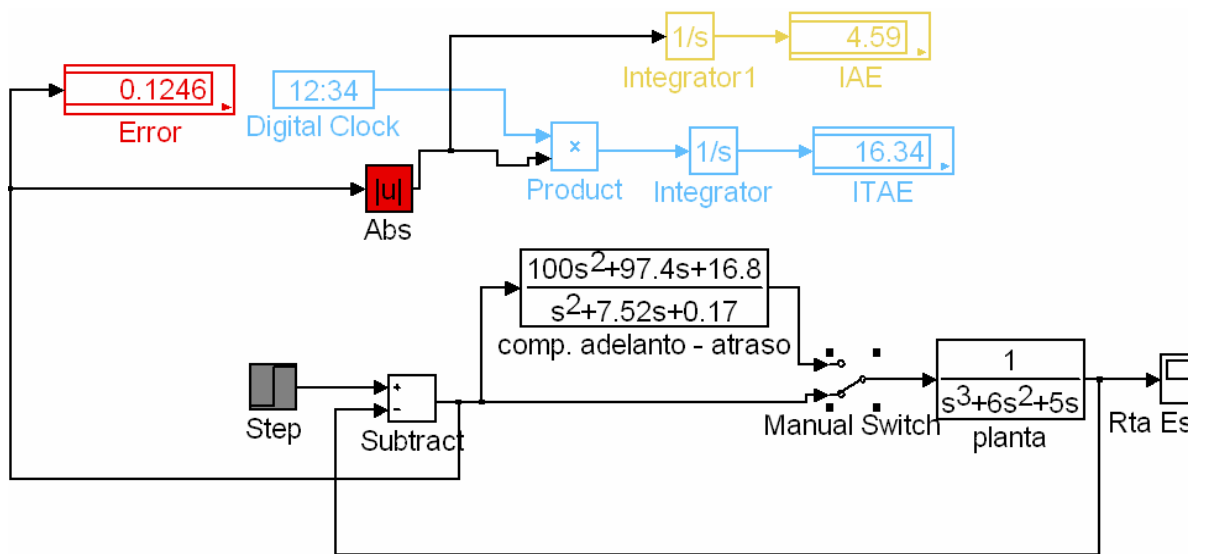


Figura 53. Cálculo del IAE y el ITAE para el sistema sin compensación

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

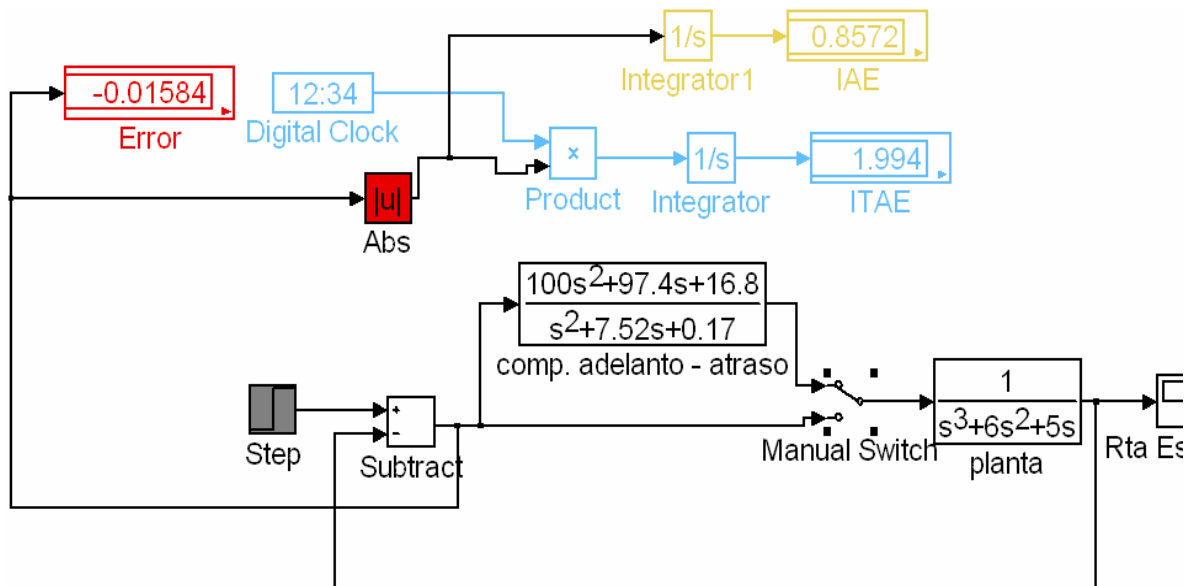


Figura 54. Cálculo del IAE y el ITAE para el sistema compensado

7. CONCLUSIONES

- ✓ La compensación de adelanto de fase contribuye a mejorar la respuesta transitoria de un sistema, pero deteriora la respuesta en estado estable del mismo. Se puede mejorar el tiempo de establecimiento de la respuesta transitoria y a la vez mejorar la respuesta en estado estable con el aumento de la constante de error estático de velocidad, pero aumenta el valor de sobrepaso del sistema.
- ✓ La compensación de atraso de fase permite mejorar la respuesta en estado estable, pero deteriora la respuesta transitoria del sistema.
- ✓ La compensación de adelanto - atraso de fase permite mejorar, tanto la respuesta transitoria como la respuesta en estado estable del sistema.
- ✓ La técnica del lugar geométrico de las raíces es una técnica muy sencilla y se utiliza para el diseño de compensadores de sistemas SISO cuando las especificaciones de desempeño están dadas en el dominio del tiempo.
- ✓ La técnica de las trazas de Bode es muy útil para el diseño de compensadores de sistemas SISO cuando las especificaciones de desempeño están dadas en el dominio de la frecuencia.
- ✓ Los valores de IAE e ITAE de un sistema se pueden disminuir aplicando un tipo de compensación que contribuya a mejorar su respuesta transitoria.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE FLUJO DE DOS TANQUES

Para modelar un sistema de dos tanques de almacenamiento de líquidos debemos tener en cuenta los siguientes parámetros (fig. 1):

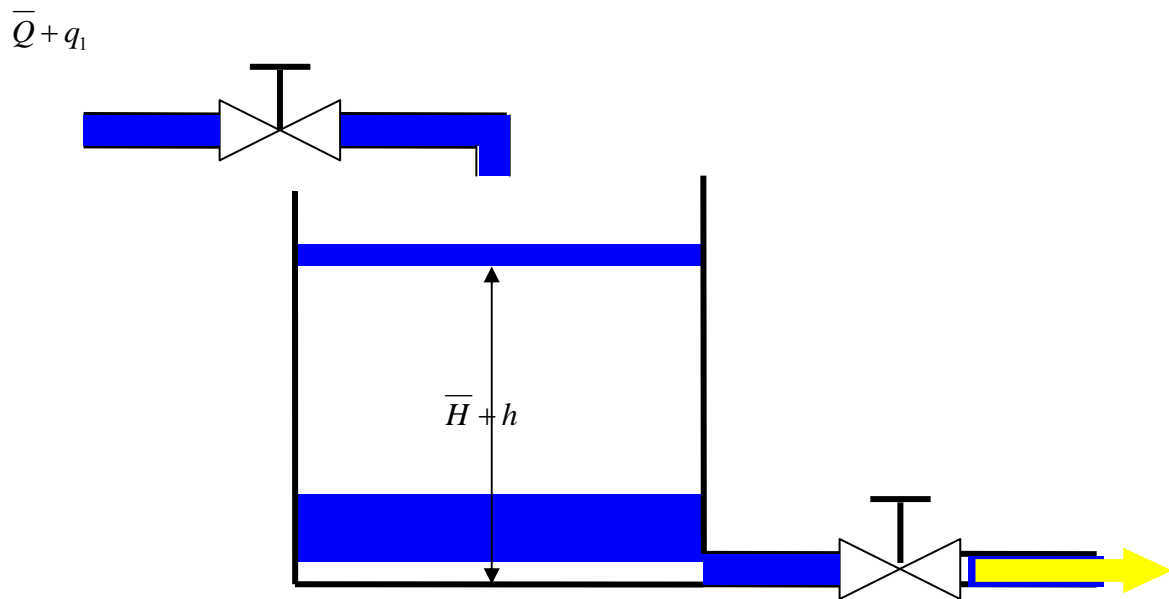
Q = velocidad del flujo del líquido en estado estable, m³/seg

K = coeficiente, m²/seg

H = altura en estado estable, m

Figura 1. Parámetros de un sistema hidráulico

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



Haciendo la analogía con los sistemas eléctricos también podemos establecer la resistencia y la capacitancia en un sistema hidráulico. En el caso de la resistencia se tienen dos definiciones, una para el flujo laminar y una para el flujo turbulento:

$$R_{laminar} = \frac{H}{Q} \left[\frac{s}{m^2} \right]$$

$$R_{turbulento} = \frac{2H}{Q} \left[\frac{s}{m^2} \right]$$

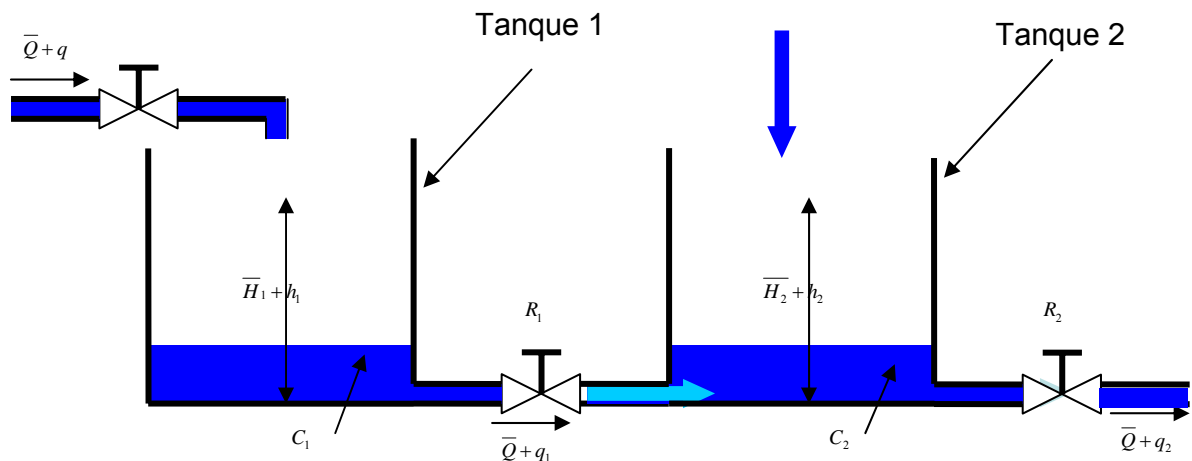
y la capacitancia se define de la siguiente forma:

$$C = \frac{\text{cambio en el volumen del liquido del tanque}}{\text{cambio en la altura del liquido del tanque}} \left[m^2 \right]$$

La función de transferencia que modela el comportamiento del nivel del segundo tanque en función del flujo de entrada de un sistema hidráulico de dos tanques, como el mostrado en la figura 2 es:

$$\frac{H_2(s)}{Q(s)} = \frac{R_2}{R_1 C_1 R_2 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_2 C_1) s + 1} \quad (1)$$

Figura 2. Sistema hidráulico de dos tanques



Si por ejemplo tenemos los siguientes valores de resistencia y capacitancia:

$$R_1 = 2.5 \frac{s}{m^2}$$

$$R_2 = 4 \frac{s}{m^2}$$

$$C_1 = 10m^2$$

$$C_2 = 7m^2$$

Reemplazando estos valores en (1) obtenemos:

$$\frac{H_2(s)}{Q(s)} = \frac{4}{700s^2 + 93s + 1} \quad (2)$$

Este es un sistema de segundo orden sobreamortiguado. Graficando su lugar de las raíces y su respuesta al escalón obtenemos las figuras 3 y 4.

Figura 3. Lugar geométrico de las raíces del sistema hidráulico de dos tanques (2)

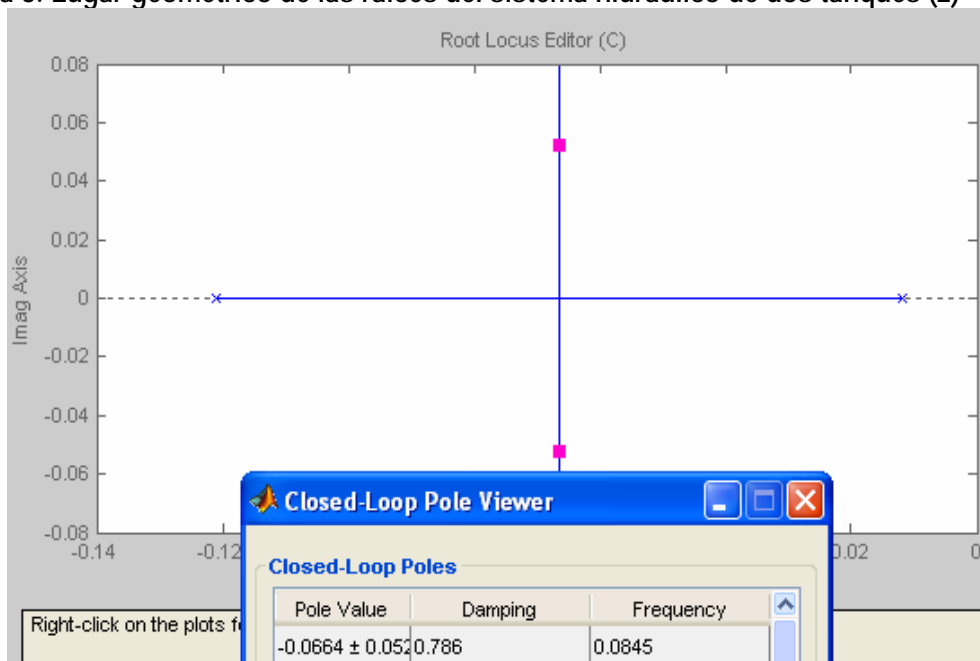
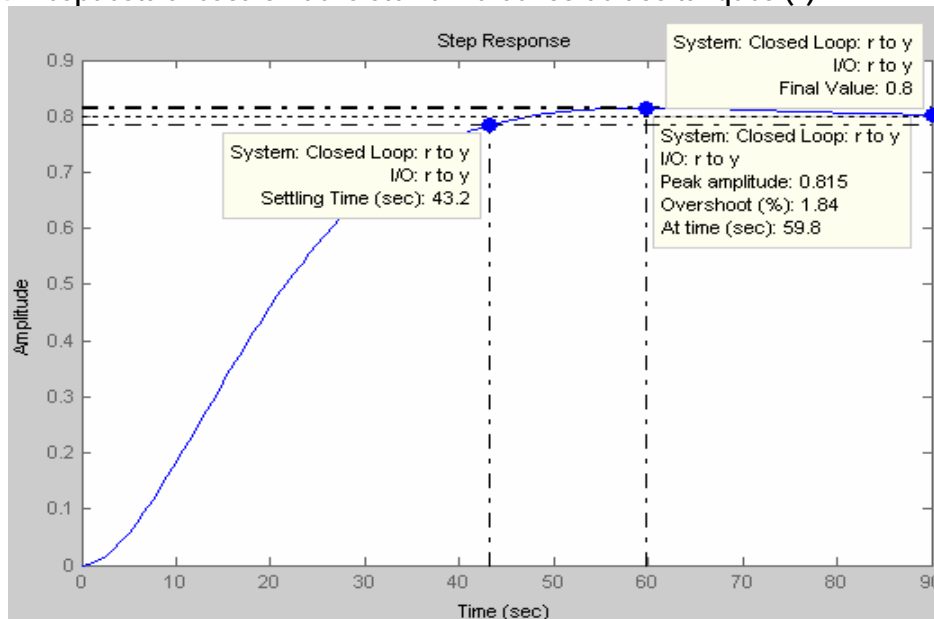


Figura 4. Respuesta al escalón del sistema hidráulico de dos tanques (2)



Como se observa el sistema presenta un error en estado estable para la entrada escalón de 0.2 y un tiempo de establecimiento de 43.2 s.

DISEÑO DE UN COMPENSADOR DE ADELANTO DE FASE SEGÚN EL LUGAR GEOMÉTRICO DE LAS RAICES

Se desea que el sistema hidráulico descrito en (2) cumpla con las siguientes especificaciones:

- ✓ Factor de amortiguamiento de los polos dominantes en lazo cerrado $\zeta = 0.5$
- ✓ Frecuencia natural no amortiguada $\omega_n = 1 \text{ rad/s}$.
- ✓ Error en estado estable para entrada escalón unitario de 0.01.

Con base en las especificaciones dadas, se espera que el sistema tenga un sobrepaso del 16% y un tiempo de asentamiento de 8s.

Por las definiciones de ζ y ω_n tenemos las siguientes ecuaciones:

$$\xi = \cos(\beta) = 0.5 \Rightarrow \beta = 60^\circ \quad (3)$$

$$\omega_n = \sqrt{a^2 + b^2} = 1 \quad (4)$$

$$\tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) = 60^\circ \quad (5)$$

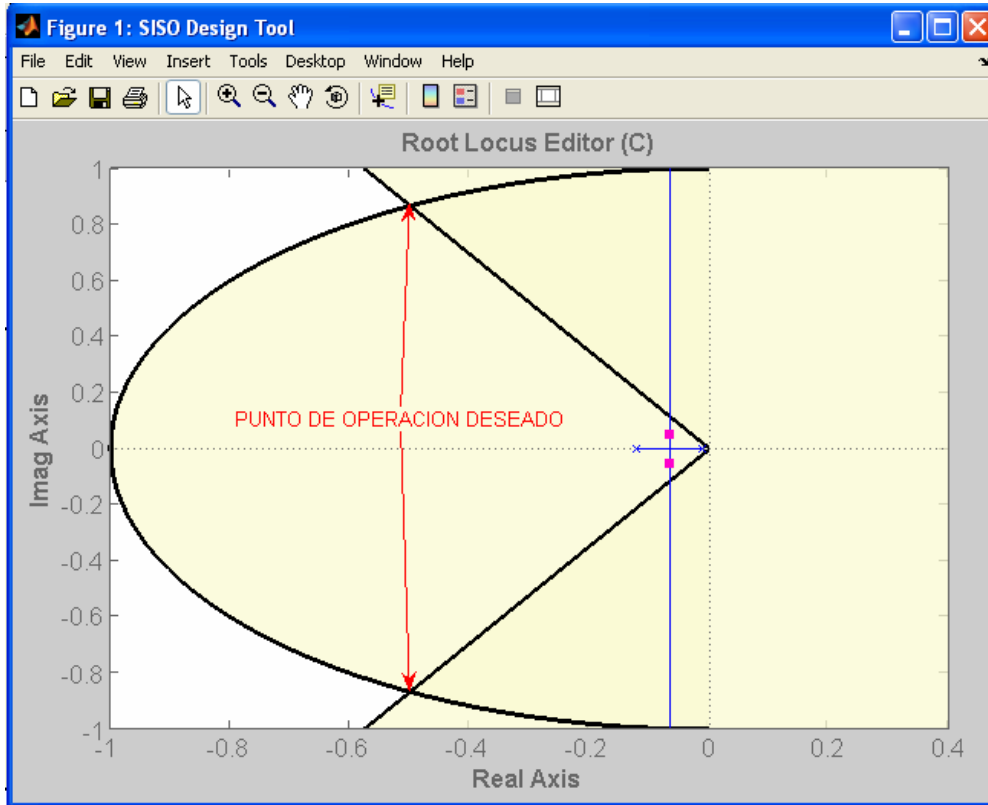
Con base en lo anterior, nuestro punto de operación S_{op} es:

$$S_{op} = -0.5 \pm j0.87$$

Como se observa en la Figura 5, S_{op} , representado en dicha figura por la intersección de las rectas de amortiguamiento constante de 0.5 con la recta de tiempo de asentamiento constante de 8s, no pertenece al lugar geométrico de las raíces del sistema, por lo que hay que compensar dicho sistema.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

Figura 5. Punto de operación deseado y ubicación de los polos en lazo cerrado de la planta



Ahora determinamos el déficit angular que debe cubrir el compensador de adelanto

$$\begin{aligned}
 -\angle(s + 0.012)_{Sop} - \angle(s + 0.12)_{Sop} + \phi &= -180^\circ \\
 -119.39^\circ - 113.59^\circ + \phi &= -180^\circ \\
 \phi &= 53^\circ
 \end{aligned}$$

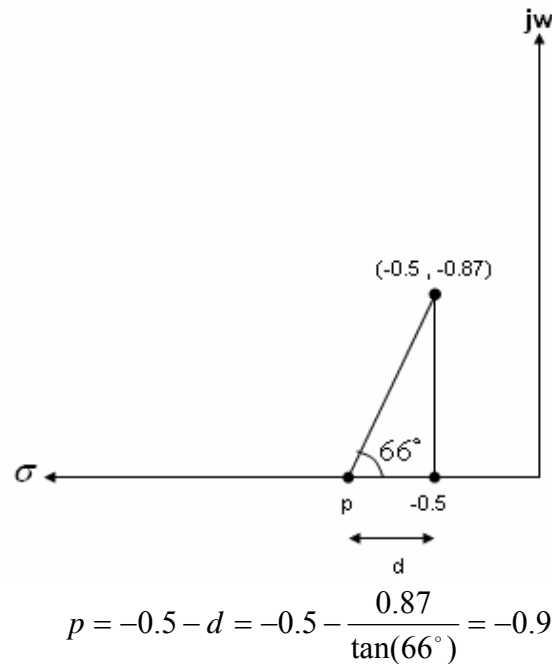
Ahora ubicamos el cero del compensador de adelanto en $s = -0.012$, con el fin de cancelar el efecto del polo de la planta ubicado en el mismo punto del plano s . Entonces el aporte angular del polo del compensador de adelanto es:

$$\phi_p = \phi_c - \phi = 119.39^\circ - 53^\circ \cong 66^\circ$$

Observando la figura 6, por simple geometría se puede determinar la posición del polo del compensador de adelanto

<p>FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007</p>	<p>AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala</p>	<p>REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo</p>
---	---	---

Figura 6. Determinación de la ubicación del polo del compensador de adelanto



Luego el compensador de adelanto tiene la función de transferencia

$$G_{c_{ad}}(s) = K_c \frac{s + 0.012}{s + 0.9}$$

Ahora con la condición de magnitud obtenemos el valor de K_c

$$\left\| K_c \frac{s + 0.012}{s + 0.9} \frac{0.0057}{(s + 0.12)(s + 0.012)} \right\|_{Sop} = 1$$

$$K_c = 159.48$$

Entonces, el compensador de adelanto tiene como función de transferencia

$$G_c(s) = 159.48 \frac{s + 0.012}{s + 0.9} = 2.13 \frac{83.33s + 1}{1.11s + 1}$$

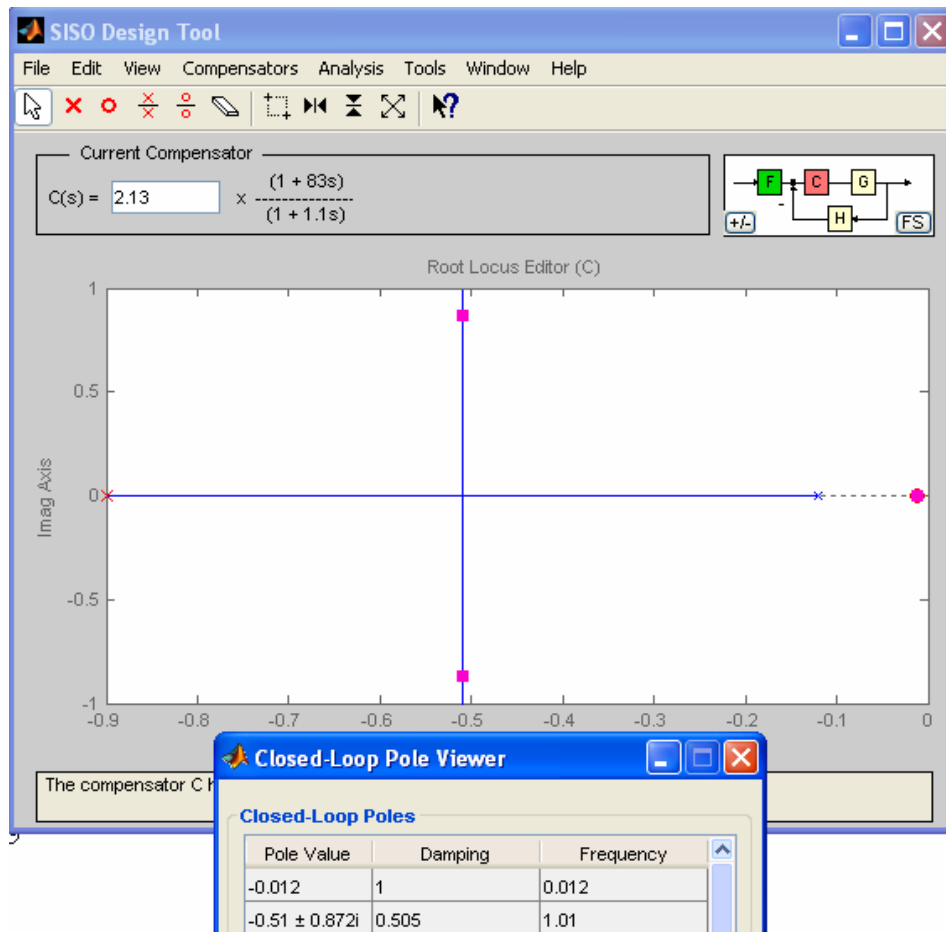
Finalmente, la función de transferencia del sistema compensado es

$$G_c(s)G(s) = 159.48 \frac{1}{s + 0.9} \frac{0.0057}{(s + 0.12)}$$

El lugar geométrico de las raíces del sistema compensado se muestra a continuación.

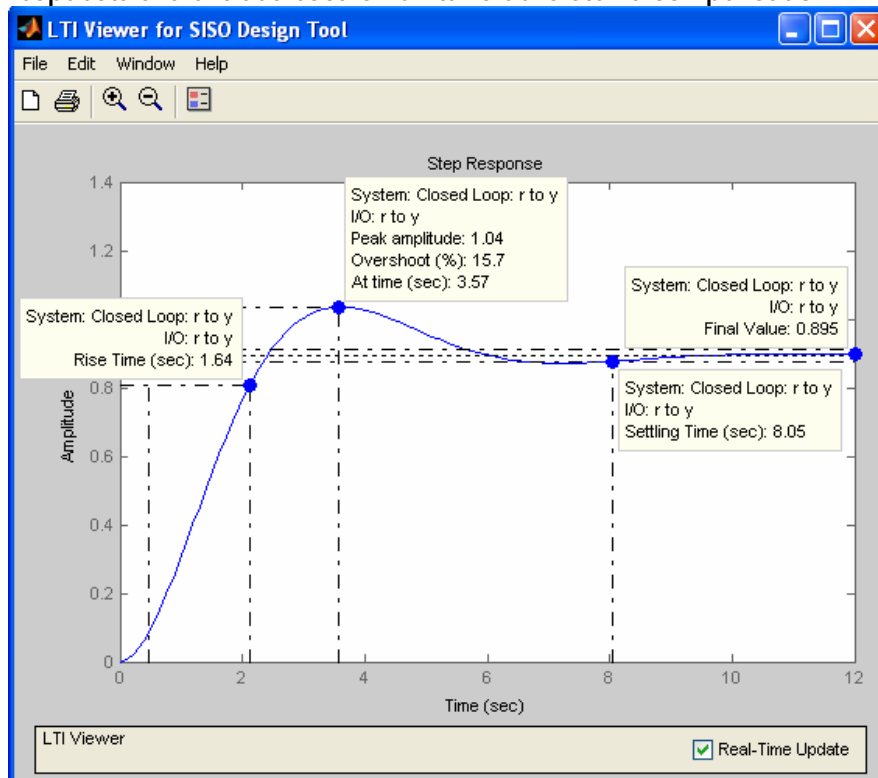
Figura 7. Lugar de las raíces del sistema con compensación de adelanto

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



La respuesta a la entrada escalón unitario del sistema compensado se observa en la siguiente figura. Observamos que se logró obtener los valores de sobrepaso y factor de amortiguamiento esperados.

Figura 8. Respuesta a la entrada escalón unitario del sistema compensado



Ahora vamos a realizar la comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario. Para esto digitamos en la ventana de comandos de Matlab

```
>> G=0.0057/((s+0.12)*(s+0.012))
```

```
Transfer function:
    0.0057
```

```
-----
s^2 + 0.132 s + 0.00144
```

```
>> GC=0.91/((s+0.9)*(s+0.12))
```

```
Transfer function:
    0.91
```

```
-----
s^2 + 1.02 s + 0.108
```

```
>> T=feedback(G,1)
```

```
Transfer function:
    0.0057
```

```
-----
s^2 + 0.132 s + 0.00714
```

```
>> T1=feedback(GC,1)
```

```
Transfer function:
    0.91
```

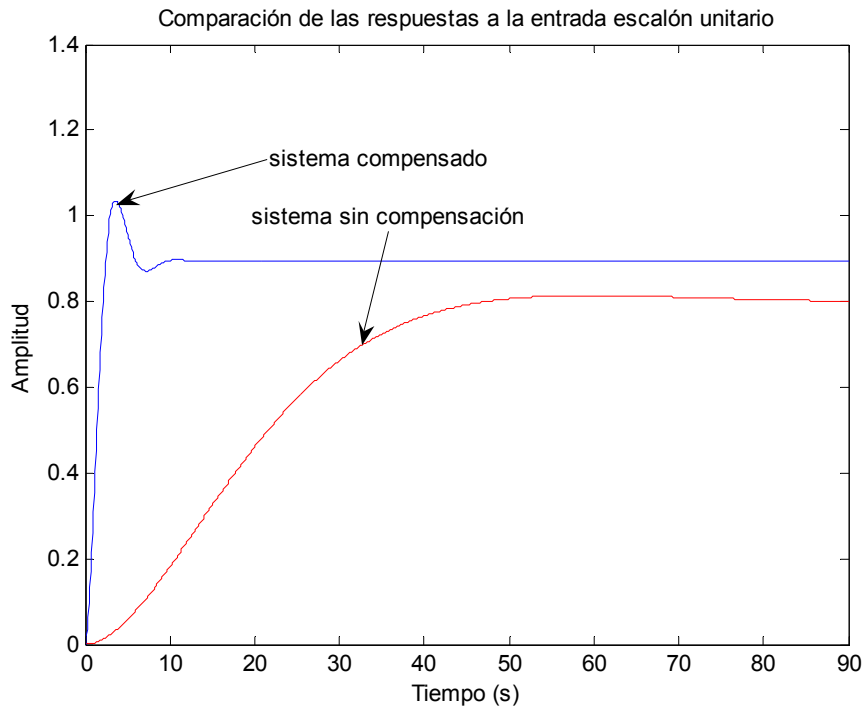
```
-----
s^2 + 1.02 s + 1.018
```

```
>> t=0:0.1:90;
```

```
>> c=step(T,t);
```

```
>> c1=step(T1,t);
>> plot(t,c,'r',t,c1,'b')
```

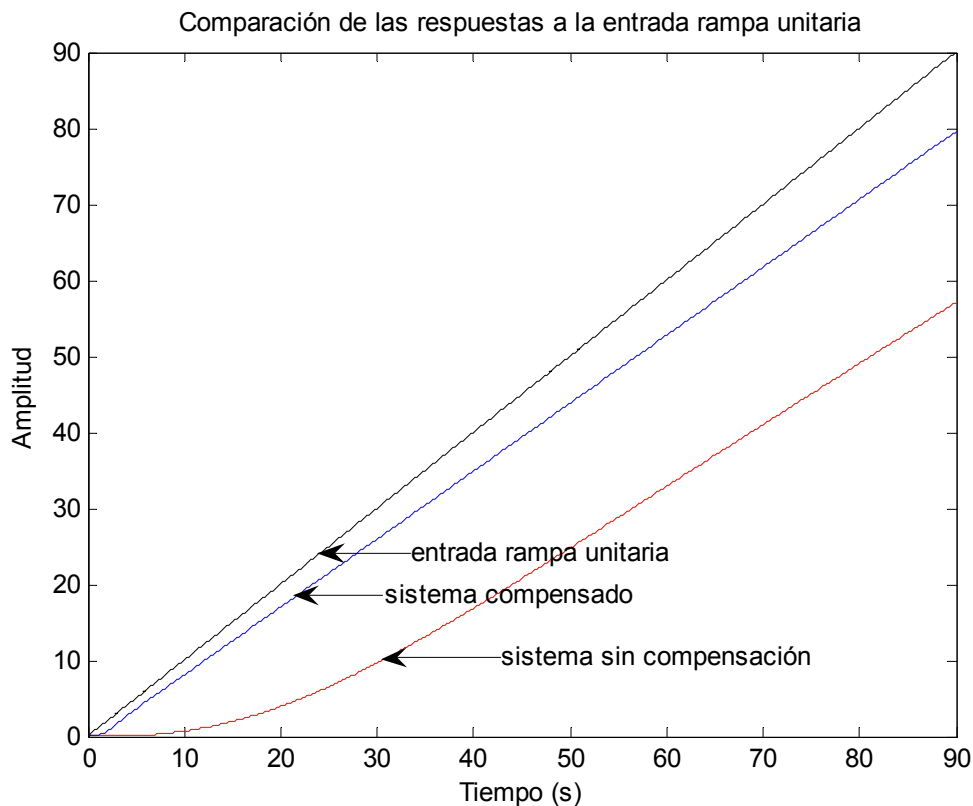
Figura 9. Comparación de las respuestas a la entrada escalón unitario



Para observar la variación en el comportamiento en estado estable como producto de la compensación, vamos a graficar las respuestas a la entrada rampa unitaria, para esto digitamos en la ventana de comandos

```
>> u=t;
>> r=lsim(T,u,t);
>> r1=lsim(T1,u,t);
>> figure
>> plot(t,r,'r',t,r1,'b',t,t,'black')
```

Figura 10. Comparación de las respuestas a la entrada rampa unitaria



Podemos observar que los sistemas, sin compensación y compensado, no pueden seguir la entrada, pues no tiene integraciones pura.

IAE e ITAE

Finalmente, como criterios de calidad del desempeño en el tiempo del compensador diseñado, se utilizan el IAE (Error Absoluto Integral) y el ITAE (Error Absoluto Producto Integral de Tiempo), los cuales se definen como

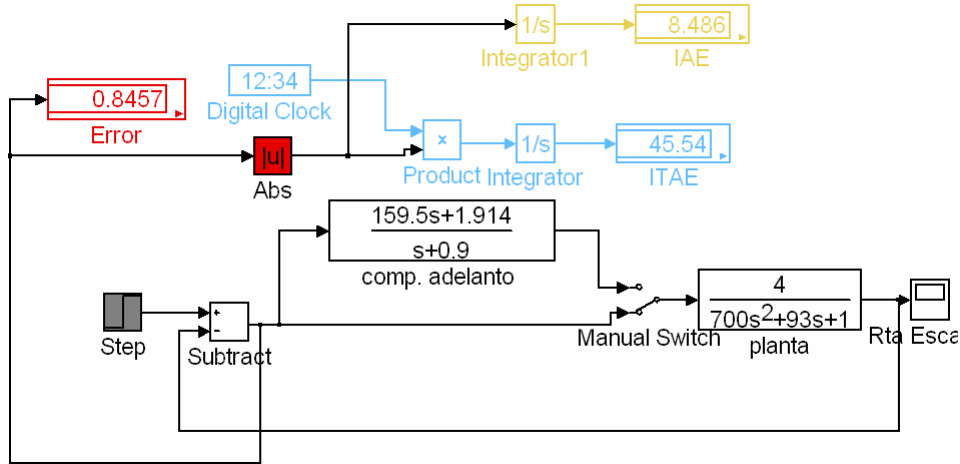
$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (5)$$

$$ITAE = \int_0^{\infty} |e(t)| * t dt$$

Observando su definición en (7), se puede intuir que entre menor sea el error del sistema para una señal de entrada, más bajos son los valores del IAE e ITAE, lo que indica un mejor comportamiento en el tiempo del sistema. De los dos indicadores, el más exigente es el ITAE, puesto que da más peso al error del sistema, multiplicándolo por el tiempo en el que ocurre. Para calcular los valores de dichos índices, se utiliza un montaje muy sencillo en Simulink, como se muestra en la figura 11.

FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---

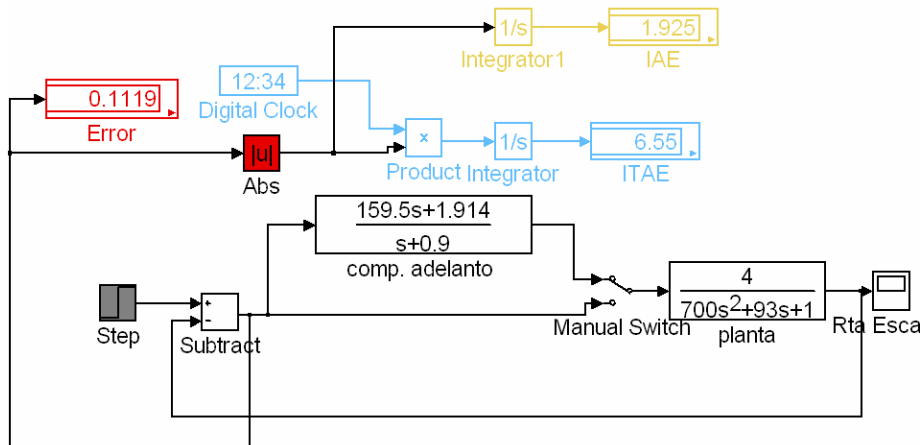
Figura 11. Cálculo del IAE y el ITAE para la planta



En primer lugar vamos a calcular el IAE y el ITAE del sistema sin compensación. Para esto, habilitamos únicamente la planta con el switch manual y obtenemos que el IAE=8.486 y que el ITAE=45.54.

Ahora habilitamos el compensador y al correr la simulación obtenemos que el IAE=1.925 y que el ITAE=6.55, estos valores son mucho menores en relación a los obtenidos anteriormente, demostrando el efecto de la compensación de adelanto.

Figura 12. Cálculo del IAE y el ITAE del sistema compensado



FECHA DE EMISIÓN: 30/10/2007	AUTOR Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	REVISIÓN: Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
---------------------------------	---	---



8. BIBLIOGRAFIA

Katsuhiko Ogata, Ingeniería de control moderna. Tercera edición. Editorial Prentice Hall, 1998.

Pedro Arafet y otros, Control de un servomecanismo no lineal por modo deslizante. Universidad de Oriente, Cuba. Páginas 3-4.

<i>FECHA DE EMISIÓN:</i> 30/10/2007	<i>AUTOR</i> Edgar Fabianny Ramirez Millan – Fredy Omar Ayala	<i>REVISIÓN:</i> Dr. Rodolfo Villamizar – MPE. Wilson Giraldo
--	--	--