

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA Y CONCEPTUALIZACIÓN DEL LABORATORIO

Ing. Kewin Rafael Castro Ortiz
e-mail: Kevin_r_castro@hotmail.com

Ing. Nixon Arle Pinzon Martinez
e-mail: nixon_arley@hotmail.com

Director: Ing. Diego Alexander tibaduiza Burgos
Asesor: Ing. Naibe Chio Cho

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
Escuela de Ciencias Naturales e Ingeniería
Facultad de Ingeniería Mecatrónica
2006

Resumen— Este artículo describe el diseño e implementación de prácticas para robótica y la conceptualización del laboratorio para la implementación de estas en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, el manual esta conformado por 16 prácticas en total, incluyendo hardware, software y unas combinando las dos anteriores, cubriendo temáticas como sensores, actuadores, análisis cinemático, modelamiento y simulación de robots manipuladores y móviles en 3D, generación de trayectorias en robots móviles, mediante el apoyo de del software RoboWorks y la Toolbox Hemero de Matlab, abarcando el contenido del curso de de robótica de pregrado.

Índice de Términos— Actuadores, Cinemática directa e inversa de robots, Campos de Potencia, Robótica, Sensores.

I INTRODUCCIÓN

Con el fin de contribuir en la formación de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica o cualquier persona interesada en el área de robótica, La Universidad Autónoma de Bucaramanga cuenta con los equipos hardware y software necesarios como, osciloscopios, generadores de funciones, multímetros, sensores, Software como Matlab, Step7, Labview entre otros. Para que el estudiante pueda desarrollar habilidades y competencias con las que logra desempeñarse sin problema en ésta área; sin embargo aún no existe un Laboratorio de Robótica y una guía práctica que le permita al estudiante acceder a trabajar con los equipos de una manera mucho mas cómoda y descentralizada para fortalecer sus competencias, esto generó la importancia del desarrollo de unas guías para el trabajo complementario del área.

II METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

El manual de prácticas se diseño, de acuerdo con la guía cátedra de la materia de robótica, conformado por 16 prácticas para desarrollar durante un semestre académico. El diseño de las prácticas se hizo contando con los laboratorios de electrónica, automatización industrial de la universidad autónoma de Bucaramanga y está conformado por un libro que contiene dieciséis guías distribuidas con seis de hardware (sensores y

actuadores), ocho de software (RoboWorks, Hemero) y dos de hardware y software.

El material esta destinado para ser utilizado por los estudiantes de la asignatura de robótica o para el personal profesional y técnico de áreas afines que pretendan ampliar sus conocimientos básicos y profundizar aún mas en el área.

En la **figura 1** se describen uno a uno los pasos del procedimiento de desarrollo del proyecto, diseño y elaboración de prácticas para el laboratorio de robótica de la facultad de ingeniería mecatrónica en la Universidad Autónoma de Bucaramanga y conceptualización del laboratorio.

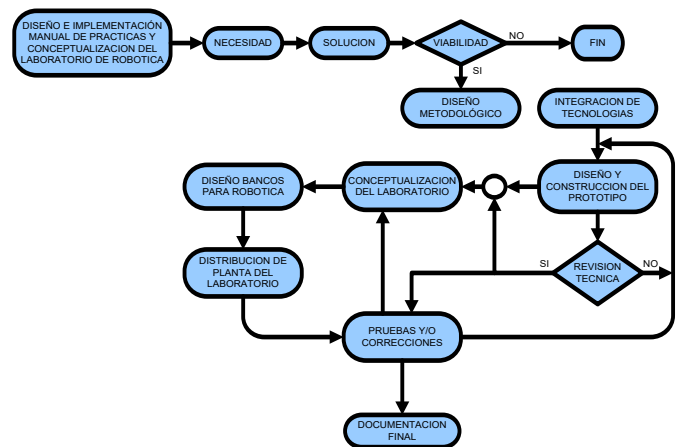


FIGURA 1. Diagrama esquemático de la metodología del proyecto.

Para la realizaron del proyecto existió, en todo momento, la necesidad de incrementar el conocimiento teórico y práctico, la búsqueda constante de más información especializada, así como la interacción multi-direccional de todas las ramas que se involucran en la robótica.

El diseño metodológico del manual y la conceptualización se baso primero en la búsqueda de información partiendo por el estudio del estado del arte y profundizar en los temas y ramas relacionados con la robótica, ya que para el desarrollo es

necesario tener amplio dominio de los temas y de esta manera presentar una excelente herramienta didáctica, además se realizó una clasificación de los elementos de los laboratorios de automatización industrial y electrónica.

Fue necesario tomar una capacitación en metodologías de aprendizaje y de esta manera proceder al desarrollo del prototipo.

La formación del ingeniero mecatrónico esta concebida como la sinergia de distintas áreas como la mecánica, el control, la electrónica y sistemas (ver figura 2), por esta razón las áreas que se integran en este proyecto son las que forman parte de un modelo robótico, no solo del modelo final, sino también desde su concepción y diseño, haciendo parte de esta la simulación en software CAD y CAE, la selección de sensores, la programación del sistema de control, el diseño electrónico y el diseño mecánico.

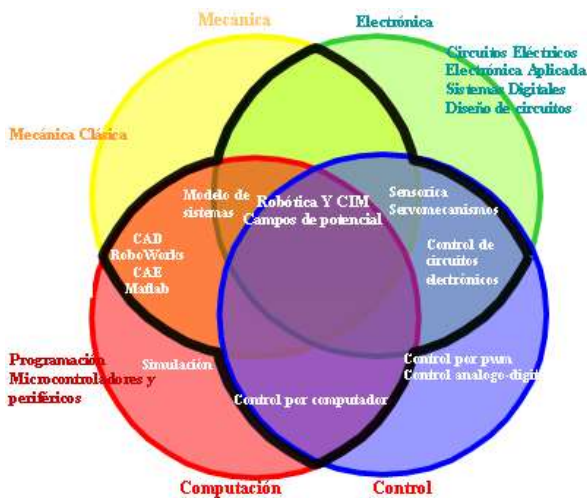


FIGURA 2. Integración de tecnologías

III DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

Debido a que por medio del manual de práctica se busca ampliar los conocimientos y competencias de los estudiantes, se diseñaron en 16 guías optando por realizar el diseño de una pagina Web en Publisher, creando un ejecutable, para que el manejo del curso por parte del docente sea más fácil. Para el desarrollo y la implementación se realizaron los siguientes pasos, siguiendo la metodología planteada:

Selección de la metodología de aprendizaje

Luego de investigar acerca de las diferentes metodologías de enseñanza y de contar con la experiencia por parte de uno de los integrantes del grupo en la materia, ya que este cursó el diplomado de, *Introducción a la docencia universitaria, formación de monitores*, se escogió la metodología de aprendizaje basada en problemas ABP, debido a que por sus características organizadas e integradoras del desarrollo de problemas que se le pueden presentar al estudiante para que ponga a prueba el conocimiento que se le suministro, permitiendo una mayor motivación, un aprendizaje mas significativo, el desarrollo de habilidades de pensamiento y aprendizaje, la integración de un modelo de trabajo, mayor posibilidad de retención de información, la integración del

conocimiento, siendo esta causal por la cual las destrezas que se desarrollan son mas perdurables, obteniendo así el incremento de su autoaprendizaje, el mejoramiento de comprensión, el desarrollo de destrezas, de habilidades interpersonales, de trabajo en equipo y la actitud auto motivada que es una manera mas natural de aprender.

Manual de prácticas

Con el diseño de las practicas se busca permitir al estudiante instruirse y capacitarse en el área de la robótica básica, como la caracterización, manejo de sensores y actuadores, software para la simulación en 3D, así como también, para el estudio de los diferentes tipos de robots como lo son RoboWorks y HEMERO (Herramienta Matlab/Simulink para el estudio de manipuladores y robots móviles) por lo cual la totalidad de estas practicas se integraron en un manual y además se disponen en una pagina Web que se presenta como un apoyo para el docente en la instrucción de la materia.

1 Diseño del contenido de la práctica

El contenido de la practicas fue determinado luego de la elección de la metodología de aprendizaje, que da las pautas de lo que debe componer generalmente a cada una de las practicas. Se determino como contenido de las prácticas lo siguiente:

1. **INTRODUCCION:** En la introducción se da una breve explicación del tema que se desarrollara durante la práctica.
2. **OBJETIVOS:** Se traza el objetivo general y los objetivos especificos que determinan el desarrollo del tema de la práctica.
3. **FUNDAMENTO TEORICO:** En el fundamento teórico se le da al estudiante la información necesaria relacionada con el tema a desarrollar para que este cuente con las herramientas de conocimiento necesarias antes de enfrentarse al desarrollo metodológico.
4. **MATERIALES:** Esta es una lista de los elementos que necesitara el estudiante para desarrollar la practica.
5. **PROCEDIMIENTO:** El procedimiento de la practica esta compuesto por varias actividades que son las siguientes:
 - 1 **ACTIVIDAD PREVIA:** Con la actividad previa se pretende que el estudiante investigue los temas relacionados con la práctica que le servirán como apoyo para el desarrollo de la misma, así como también pequeñas ejercicios que son el complemento del desarrollo metodológico de la práctica. Se diseño un formato guía para el desarrollo de esta el cual se puede ver en el **ANEXO 1**, además se sugiere que esta tenga un peso sobre el ponderado final y sea un requisito indispensable para la realización de la práctica.
 - 2 **DESARROLLO METODOLOGICO:** En el desarrollo metodológico se plantea la actividad a través de la cual el estudiante debe aplicar los conocimientos que se adquirió en la actividad previa y en el fundamento teórico.

3 EJERCICIO COMPLEMENTARIO: Este ejercicio es un problema, lo más posiblemente parecido a un problema de la industria real, a través del cual se evalúan las habilidades que el alumno adquirió respecto al tema desarrollado.

6. BIBLIOGRAFIA: En este apartado se dispone de la bibliografía a la cual se puede referir el alumno para profundizar sus conocimientos y la bibliografía o enlaces de Internet de donde se extrajo el contenido teórico dispuesto en la práctica.

Todas las prácticas poseen el esquema de contenido mencionado anteriormente.

1 Diseño del formato

El formato que se diseñó para contener las prácticas, está conformado por un encabezado en el que se muestra una imagen institucional a través del escudo de la UNAB y el título, que es el nombre de la facultad. También se encuentra un indicador de el número de práctica en el que se está, el título de la misma y la duración en horas del desarrollo de esta en condiciones de trabajo normal. El pie de página del formato cuenta con tres casillas en las que figuran los autores, quien revisó las prácticas, y quien las aprobó.

2 Temario de prácticas

Teniendo como base la guía cátedra establecida por el docente de la asignatura de robótica, en especial el apartado de contenidos temáticos se escogieron los temas que hacen parte de las prácticas para que estos fuesen aprobados por el docente, teniendo en cuenta que estas prácticas serán utilizadas como apoyo para periodos académicos de 16 semanas y que este es un curso de robótica básica.

Del resultado del análisis y evaluación de la guía cátedra, se plantearon y aprobaron las siguientes prácticas:

PRÁCTICAS ROBOTICA

Práctica 0 Practica Introdutoria

Práctica 1 Sensores de presencia

Práctica 2 Transformador diferencial de variación lineal (LVDT)

Práctica 3 Sensor de Temperatura

Práctica 4 Servomotores

Práctica 5 Motores paso a paso

Práctica 6 Motores DC

Práctica 7 ROBOWORKS, reconocimiento del entorno de programación

Práctica 8 Modelado y animación de robots en 3D

Práctica 9 Representación de posición y orientación

Práctica 10 Matrices de transformación compuestas

Práctica 11 Modelo cinemático directo de robots

Práctica 12 Cinemática directa de robots

Práctica 13 Cinemática inversa de robots

Práctica 14 Roboworks: Animación desde Matlab

Práctica 15 Robots móviles: Análisis Cinemática

Práctica 16 Generación de trayectorias de robots móviles

La práctica cero es una práctica introductoria, en la que el docente debe dejar claras las reglas del curso a los alumnos, allí

también se describen los parámetros que deben tener en cuenta los estudiantes para la entrega de los informes que se debe presentar después del desarrollo de cada práctica.

Con las 6 primeras prácticas se busca que el estudiante desarrolle las capacidades necesarias en cuanto a la caracterización, control y aplicación de sensores y actuadores, para tener conocimiento a la hora de diseñar y/o implementar un sistema robótico, que necesite de algunos de estos elementos. Con las prácticas 7 y 8 el estudiante aprenderá a modelar sistemas robóticos (robots manipuladores, móviles y CIM) mediante un software de apoyo en 3D, brindándole de esta manera una visión en cuanto al comportamiento de lo que se quiere diseñar.

Con las prácticas de la 9 a la 14 el estudiante realizará el estudio de los robots manipuladores, mediante una herramienta de apoyo como lo es la toolbox Hemero de Matlab, en donde estará en capacidad de realizar cualquier diseño de un robot manipulador, haciendo tanto cálculos cinemáticos como su control; integrando Matlab y RoboWorks.

Las prácticas 15 y 16 están diseñadas para que el estudiante conozca las diferentes maneras de configuración de los robots móviles, realizando el modelo cinemático de estos, analizando mediante Matlab, además se incluye una aplicación en la que será capaz de generar una trayectoria a un robot móvil aplicando la técnica de campos de potencial, realizando una comunicación de Matlab con el prototipo ya sea a través de comunicación inalámbrica, radiofrecuencia u otra que el estudiante domine.

Diseño y montaje de página Web

La página Web está conformada por las dieciséis prácticas que se diseñaron y recopilaron en un manual, además de Links de importancia como los documentos de apoyo, la guía cátedra de la asignatura de robótica y el portal de la UNAB.

La funcionalidad de la página Web es la de ofrecer otra alternativa al concepto del manual de prácticas, que no solo es un formato en documento de texto, sino que también es una alternativa flexible y adaptable que permite al docente y al estudiante tener un medio fácil de acceso al área de la robótica desde cualquier lugar en el que se disponga de los medios para hacerlo.

3 Diseño de la página Web

Se elaboró este medio didáctico para la implementación del manual, a través de una plataforma que le permite:

1. Ser visible en diferentes equipos.
2. Ser flexible en cuanto a tamaño o peso del archivo completo.
3. Estar estructurado de forma modular, así, cuando se presente algún cambio, no implique la modificación del archivo completo.
4. Ser fácilmente modificado por personal autorizado.

4 Características especiales

La página Web está conformada por una imagen institucional que acompaña el título de la misma, *LABORATORIO DE ROBOTICA*, en la página principal. En esta primera ventana se encuentran cuatro enlaces principales, *Manual de Prácticas*,

Material de Apoyo, Guía Cátedra de Robótica y Créditos, ubicados en la parte izquierda de la ventana. En la parte inferior existe otro enlace que es el de acceso al portal de la UNAB. Ver figura 3.



FIGURA 3. Distribución de los links en la ventana principal

Dentro del enlace de Manual de prácticas se encuentra el listado de todas estas (diecisiete en total incluyendo la practica cero), compuesto por el nombre de la práctica y una pequeña figura representativa, conformando así el link de cada una de ellas. Ver figura 4.

FIGURA 4. Ventana del manual de prácticas

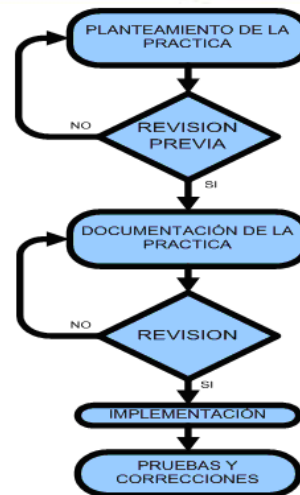


FIGURA 5. Diagrama de la metodología de revisión

5 Estructura de la información (En un CD)

Se creo un CD, que contiene el archivo ejecutable del diseño de la página Web en formato HTML, debido a que así podemos garantizar la flexibilidad del medio didáctico. De esta manera docente y estudiantes no necesariamente deben tener una conexión a Internet disponible para poder acceder al Manual de prácticas en versión Web, basta con tener programas como Internet Explore o Netscape. Además se adjunta el archivo de Microsoft Office Publisher, plataforma en la que se diseño la página Web, junto con las prácticas en formato de texto Microsoft office Word, así se hace posible que el personal autorizado, modifique y mejore no solo el diseño de la plataforma sino también el contenido de las practicas. La carpeta *Laboratorio_de_Robótica_archivos* contiene todas las imágenes que se utilizaron en el diseño de la página Web.

IV REVISION TECNICA Y PRUEBAS

En la revisión técnica se cumplió con el seguimiento de una metodología que garantiza que las prácticas estén bien diseñadas y cumplan su objetivo principal a la hora de ser implementadas por los alumnos. Este diseño mitológico se puede observar en la figura 5.

Se inicio con el planteamiento de la practica, para luego pasar a la etapa de evaluación previa, que es una evaluación realizada por los autores, es decir en la que se comprueba la viabilidad de esta practica, en caso de no ser viable se inicia nuevamente con el planteamiento de una nueva practica.

Cuando se supera esta etapa se continúa con la documentación de la práctica, allí se detalla el fundamento teórico que hace parte de la práctica y se finaliza con el ejercicio complementario que es un punto importante ya que este es la aplicación del fundamento teórico que se le impartió al estudiante.

Después de la documentación el paso a seguir es la evaluación por parte del director del proyecto, es el quien se encarga de estudiar si a practica cumple con todos los requisitos para que el estudiante pueda adquirir de una forma didáctica y aplicada el fundamento teórico que se le intenta ofrecer a través de la practica. Se decide que correcciones o ajustes son necesarios para la práctica y de ser necesarios se regresa a la etapa de documentación de la práctica.

Luego de obtener la validación por parte del director, se procede a implementar la práctica, consistiendo esto en la aplicación directa a los estudiantes

V CONCEPTUALIZACION DEL LABORATORIO DE ROBOTICA

Primero se diseñó un banco de trabajo para poder desarrollar las prácticas, el cual está conformado por equipos (generador de funciones, osciloscopio, entrenadores de micros, fuentes de poder); convenientes para el buen desarrollo de la asignatura (ver figura 6) y se para trabajar en grupos de 3 estudiantes.



Figura 6. Modelo del banco de trabajo para robótica

Después se continuó con el estudio del espacio de trabajo existente para robótica y con base en ello se elaboró una propuesta para la distribución de área del laboratorio actual (ver figura 7), en la que solo se ubicaron 2 bancos y 2 robots que se plantean como apoyo, ya que este es un espacio reducido y además dispone de dos centros de mecanizado. Luego de esto se elaboraron otras propuestas basadas en la proyección de la facultad de ingeniería Mecatrónica de la UNAB.



FIGURA 7. Distribución de área del Laboratorio de CIM y Robótica

Propuesta de Distribución de planta de laboratorio No.2

En esta propuesta, se diseñó una distribución de área ideal, que nada tiene que ver con los espacios físicos disponibles en la universidad. El área tiene las siguientes dimensiones: 12 m de largo por 11,5 m de ancho. En este lugar se distribuyeron seis

bancos de trabajo (utilizando el diseño de banco realizado), que podría albergar un grupo total de 18 estudiantes a la vez (tres por banco), cubriendo así la cantidad de estudiantes promedio en el curso de robótica (ver figura 8).

Para esta distribución se propuso la ubicación de 3 robots, uno por cada dos bancos de trabajo, rogándole un área de trabajo a los manipuladores igual a la de una circunferencia con radio de 1,50 m.

Se tuvo en cuenta unas canaletas que se distribuyeron por cada banco, para la alimentación (líneas de 110 v, neumática e Internet); que necesita normalmente para el funcionamiento de los equipos (Osciloscopio, fuente de alimentación, generador de funciones, PC, robots). También se dispuso de un organizador, en el que se pueden guardar los elementos, una oficina para el encargado del laboratorio.

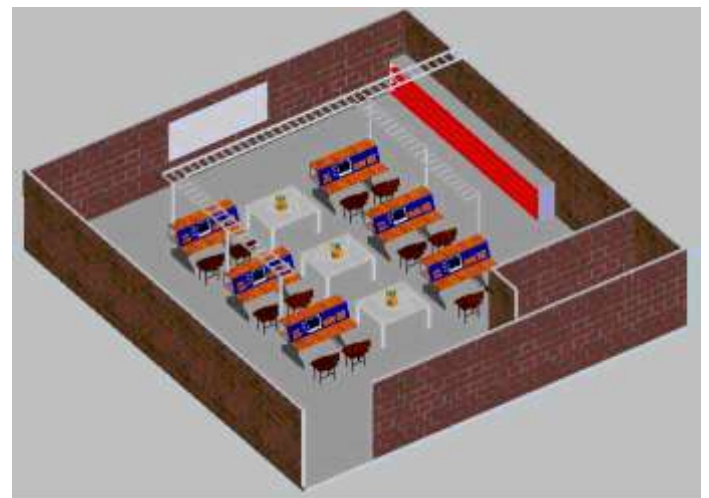


FIGURA 8. Distribución de área No.2

Propuesta de Distribución de planta de laboratorio No.3

En la propuesta No.3 de la distribución de área del laboratorio de robótica se cuenta en general con la misma distribución de área de la propuesta dos, la variación que se presenta en esta propuesta es la de la adición de un área específica y dividida del resto del laboratorio para el trabajo de la robótica móvil (ver figura 9). Esto tiene como valor agregado que a futuro la UNAB pueda pensar en abrir especializaciones o maestrías en el área de robótica, dependiendo del grado de evolución que tenga el área y se pueda contar con un espacio en el cual trabajar proyectos relacionados con visión artificial, ya que para ello se debe utilizar un espacio con condiciones especiales de iluminación, en este mismo espacio se puede trabajar la robótica móvil, para realizar allí las pruebas necesarias sin necesidad de interrumpir el área designada para los bancos de trabajo de la robótica básica.

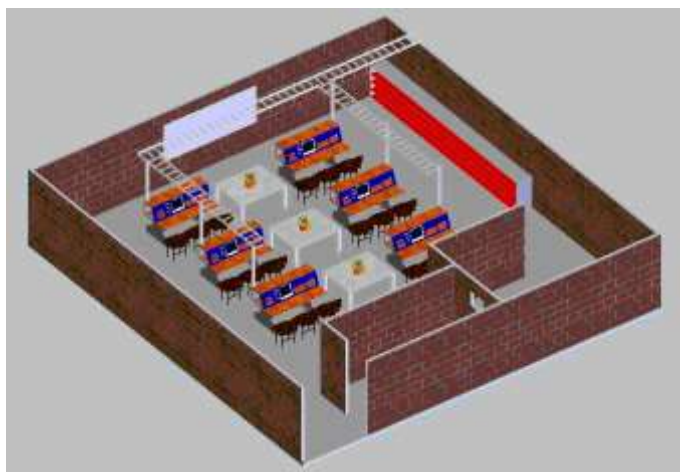


FIGURA 9. Distribución de área No3.

VI CONCLUSIONES

La responsabilidad que implica diseñar, crear e implementar material didáctico exige tener claridad de los objetivos que se buscan y definir una metodología que esté respaldada por estudios e investigaciones sobre los procesos de aprendizaje y los mecanismos mas adecuados para la enseñanza.

Para el diseño e implementación del manual fue necesario una capacitación en metodologías de aprendizaje, además de una buena recopilación de información en metodologías de aprendizaje, para de esta forma poder crear un material que estimule el aprendizaje en los alumnos de forma eficaz.

Se diseñaron en SolidWorks tres distribuciones de laboratorio, en las cuales se muestra la distribución de dos bancos para robótica en el área actual. En la segunda se plantea un área requerida para trabajar la parte práctica de robótica y la tercera sería el espacio ideal para el laboratorio de robótica, ya que esta última integra diferentes ramas como son la inteligencia artificial, robots manipuladores, robótica móvil, y un espacio suficiente para realizar el montaje de una celda integrada de manufactura (CIM).

Se elaboró un manual de prácticas de laboratorio que consiste en 16 guías distribuidas en tres grupos: Hardware, Software y la combinación de los dos anteriores, permitiendo a los estudiantes que cursen la materia cubrir el contenido del curso de robótica, en áreas como diseño, análisis y simulación.

Se verificó que el trabajar con una metodología de aprendizaje como lo es la basada en problemas (ABP), permite que el estudiante desarrolle sus conocimientos al enfrentarse con problemas que se encuentran en el área de la robótica de manera ordenada, clara y eficaz.

Se logró incluir el estudio de la cinemática de robótica móvil en dos prácticas dentro del curso de robótica, debido a que este tema no se encontraba contemplado dentro de la guía cátedra de la asignatura.

Se integró una herramienta de simulación 3D en el curso de robótica como RoboWorks, debido a que anteriormente no se había trabajado en la facultad con modelado de robots mediante estas aplicaciones; aunque se utiliza una versión demo se pueden

lograr buenos resultados en el aprendizaje por parte de los estudiantes, mejorando notablemente sus competencias en el área.

Se realizó una página Web para montar las prácticas, diseñada en Microsoft Publisher, permitiéndole al estudiante disponer de las guías de manera descentralizada y mejor manejo del grupo al docente. La página se puede actualizar de manera sencilla.

Para el desarrollo práctico de la asignatura de robótica se hace necesario un espacio de trabajo debidamente adecuado y equipado con los elementos para el análisis, simulación, control y modelación de robots.

El desarrollo de este proyecto permitió una mayor capacitación y amplio dominio en áreas como la robótica, a la vez brinda una visión mas completa en cuanto a celdas flexibles de manufactura se refiere, el cual es un punto a favor para afrontar la vida laboral.

Con la herramienta Matlab HEMERO se puede enfocar a etapas de diseño, control y programación de rutinas ya que este facilita las operaciones complicadas y repetitivas reduciendo el tiempo y la probabilidad de error en cuanto al desarrollo de modelos para robots.

Con el programa RoboWorks se cuenta con un software a través del cual los estudiantes pueden diseñar cualquier tipo de robot, crear un prototipo tridimensional virtual y programar secuencias de movimientos para poder determinar si el modelo no presenta problemas como colisiones o desperfectos mecánicos.

Las prácticas que fueron diseñadas han sido probadas por los estudiantes del curso de robótica del segundo semestre del 2006, adaptándose con facilidad y expresando una gran conformidad con algunas críticas y recomendaciones de las cuales se hicieron los pertinentes cambios y correcciones. Por lo tanto el manual de practicas contiene las correcciones señaladas sin embargo la flexibilidad de este trabajo permite futuras mejoras, pues lo referente al conocimiento no tiene limite y esta sujeto a cambios

VII RECOMENDACIONES

Debido a que la robótica es un área de aplicación muy amplia, en las prácticas diseñadas se lograron especificar los temas de la cinemática de robots manipuladores y móviles, por lo tanto se debería desarrollar lo referente a la dinámica de robots móviles y manipuladores en donde la herramienta Hemero brinda excelentes resultados.

RoboWorks presenta opciones de comunicación especiales, lo que permite que se pueda utilizar en el desarrollo de proyectos que utilicen plataformas como lenguaje C, LabView y en general comunicación de larga distancia a través de protocolo TCP/IP. El RoboTalk es otra herramienta que permite la comunicación con otros programas como Matlab permitiendo así controlar la simulación que se esta haciendo.

Las prestaciones del software RoboWorks en el área del modelado de mecanismos, puede utilizarse para diseñar y presentar sistemas en 3D de ciertas asignaturas como Mecánica, Automatización, Sistemas de control y en general todas en las

que se involucren movimientos y relaciones tridimensionales permitiendo observar desde ángulos imposibles en el mundo físico y ver detalladamente elementos específicos durante la animación en tiempo real.

El espacio para el laboratorio de robótica es de vital importancia, ya que sin este no se puede proyectar la evolución del área en la facultad, por lo tanto se debería considerar la posibilidad de adquirir un sitio de trabajo mas amplio que permita realizar una distribución de planta adecuada con los elementos que se diseñaron para este.

Para el estudio de la cinemática y la dinámica de robots, se hace necesario contar con prototipos de robots que posean una interfaz de comunicación robusta, un buen diseño mecánico y un sistema de control adecuado, por esta razón se sugiere la adquisición de prototipos de robots o repotenciación a través de proyectos de grado de los modelos existentes con un nivel de exigencia alto para garantizar un buen prototipo que se pueda utilizar no solo en el nivel de pregrado sino también en futuros cursos de especializaciones o maestrías en el área robótica.

Una de las mejores formas de aplicar la robótica es a través de celdas integradas de manufactura (CIM), para lograr esta aplicación es necesario emplear centros de mecanizado totalmente automáticos. Los centros de mecanizado que tiene la facultad no permitirían realizar integración de tecnologías ya que no poseen un sistema de puerta y cambio de herramienta automático. Por tanto se recomienda la adquisición de equipos que permitan aplicar la robótica, automatización etc.

La página Web diseñada para la asignatura es de gran ayuda didáctica por que a través de esta, docentes y alumnos acceden a la información de una manera más cómoda y descentralizada, por lo tanto se debería brindar por parte de la UNAB un espacio en el servidor de la institución.

BIBLIOGRAFIA

ANGULO USATEGUI, José. *Microcontroladores PIC. Diseño practico de aplicaciones 2^{da} Parte*. McGraw Hill. 2004. 263 p.

ARENY-PALLAS, Ramon. WEBSERTER, John G. *Sensors and signal conditioning*. John Wiley & Sons. 2001. 587 p.

ASADA, H. SLOTINE J.J. *Robot Analysis and Control*. John Wiley & Sons, 1986. 266 p.

BARRIENTOS, Antonio et All. *Fundamentos de robótica*. Universidad Politécnica de Madrid. McGraw Hill. 1997, Madrid 1997. 336 p.

BALCELLS, Joseph. ROMERAL, José L. *Autómatas Programables*. Alfaomega. 1998. Primera Edición. 439 p.

CHAPMAN, Stephen J. *Máquinas Eléctricas*. McGrawHill. 2000. Tercera Edición. 786 p.

Diccionario Kapelusz de la lengua española. Buenos Aires, Argentina. Editorial Kapelusz.1979. 1518 p.

EVERETT. *Sensors for Mobile Robots. Theory and application*. Naval Command, Control and Ocean Surveillance Center San Diego, California. A K Peters, Ltd. 1995. 527 p.

FU K. S., GONZALES R. LEE C. S. G. *“Robótica: Control, Detección, Visión e inteligencia”*. McGraw Hill 1998. 384 p.

FUERETT, H.R. *Senor for Mobile Robots. Theory and Aplication*. AK Peters, ltd, 1995. 528 p.

GARCIA MORENO, Emilio. *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega. 2001. Primera Edición. 377 p.

GIAMARCHI, Frédéric. *Robots móviles*. Madrid. Paraninfo. 2001. 141 p.

GONZALEZ VASQUEZ, José Adolfo. *Introducción a los microcontroladores: hardware, software y aplicaciones*. Madrid, McGraw Hill, 1992, 292 p.

GOMEZ DURAN, Orlando. *Representación visual de modelos robóticos para aplicaciones didácticas*. Trabajo de grado.2005. 170p.

IOVINE, Jhon. *PIC Robotics*. McGraw Hill. 2004. 275 p.

LEMUS, Luís Arturo. *Pedagogía. Temas fundamentales*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Kapelusz. 1969. 352 p.

MARTINEZ, Roberto. MONTAÑEZ, Javier. MUJICA, Eduardo. *Laboratorio de sistemas de control, Manual de Practicas*. 2000.

MENDOZA, Yesith. TORRES, Carlos. TIBADUIZA, Diego. *Control de dos móviles en un entorno dinámico*. Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, año 2006. 150 p.

MORALES Magda. VESLIN Elkin. *Diseño e implementación de un manual de prácticas para el área de automatización industrial*. Tesis de Grado 2005. 252 p.

OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna*. Tercera Edición. Prentice-Hall hispanoamericana, S.A. 1998. 902 p.

OLLERO Aníbal, MAZA Jesús Iván. HEMERO, Herramienta Matlab/Simulink para el estudio de manipuladores y robots móviles. Editorial Marcombo. 374 p.

OLLERO BATURONE, Aníbal. *Robótica: manipuladores y robots móviles*. Barcelona. Marcombo. 2001. 447 p.

SERWAY. *Física Tomo II*. McGrawHill. 1997. Cuarta Edición. 1452 p.

TIBADUIZA, Diego. MARTINEZ, Ángel. *Algoritmos de Planificación de Trayectorias para un robot móvil*. CWRA 2006.” Artículo. *EEE Colombian Workshop on Robotics and Automation”*.

TIBADUIZA, Diego. MARTINEZ, Ángel. Planeamiento de trayectorias de un robot móvil. Trabajo de investigación de maestría. Universidad Industrial de Santander. 2006. 174 p.

TOCCI, Ronald J. Sistemas digitales: principios y aplicaciones. 8 ed. México. Pearson Educación. 2003. xxvi, 884 p.

VALVERDE, Luís. Sensores y Acondicionadores de señal. 25 p.

ENLACES DE INTERNET

NOVASEN S.A. Fabricante en productos de medición control industriales. Página Web. <http://www.novasen.com.ar/index.htm>

Universidad de Sevilla España. Grupos de laboratorio. Página Web. <http://www.eup.us.es>

WALES, Jimmy. SANGER, Larry. Wikipedia La Enciclopedia Libre. Artículo: Robot. <http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>

GIMAIC S.p.A. Italia. Productos: Sensores. Página Web. www.gimatic.com

GEM Welding. Italia. Welding Guns. Página Web. www.gemwelding.com/img_genr/pinzas

TECNOLÓGICO DE MONTERREY, Documentos y publicaciones. Página de Internet: www.sistema.itesm.mx/va/dide/documentos/docuemntos.htm