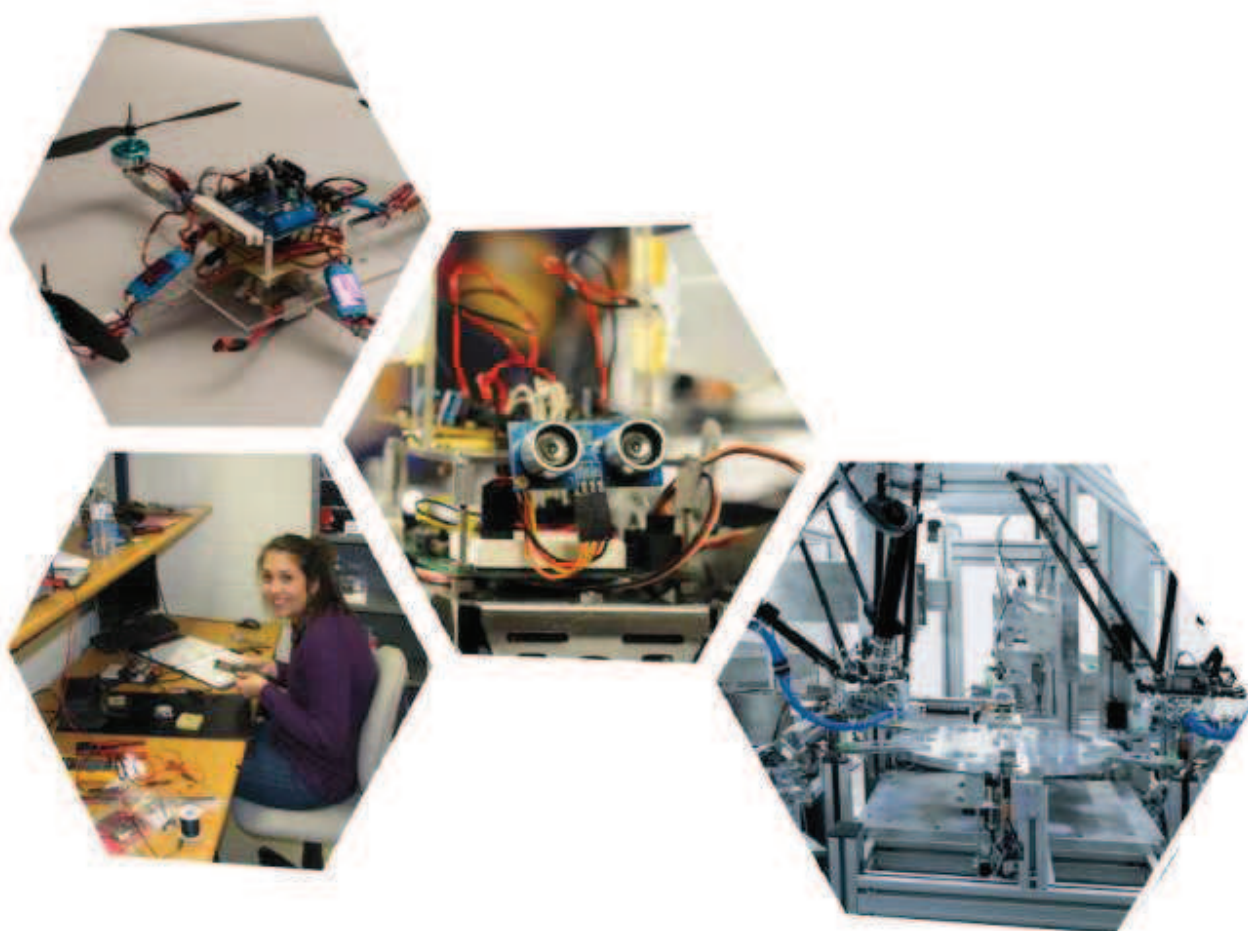


INGENIERÍA MECATRÓNICA

Proyectos y Aplicaciones

José Emilio Vargas Soto
Juan Manuel Ramos Arreguín
Jesús Carlos Pedraza Ortega



**ASOCIACION MEXICANA DE
MECATRONICA A.C.**

INGENIERÍA MECATRÓNICA. Proyectos y Aplicaciones

José Emilio Vargas Soto, Juan Manuel Ramos Arreguín
y Jesús Carlos Pedraza Ortega

ISBN: 978-607-9394-00-4

® Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C.
Primera edición.
México, Octubre 2014

Índice

Capítulo 26 <u>Aplicación en Telefonía Móvil para el Control de un Motor Trifásico Mediante Comunicación Bluetooth.</u>	141
Aceves Flores Julio Cesar, Flores Salazar Erick Eduardo y Aguilar Anastacio José Carlos A. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.	
Capítulo 27 <u>Laboratorio Virtual de Escenarios Industriales para el Adiestramiento en el Área de Automatización y Control.</u>	147
Barreiro Fabián A., Barreiro Aldo J. y Ortega-Moody Jorge Alberto Academic Division of ANT-Automation.	
Capítulo 28 <u>Desarrollo de una Plataforma de Simulación Basada en el Robot Antropomórfico K-680.</u>	152
González-Romero Dulce Isabel, Sánchez-Sánchez Pablo y Castañeda-Camacho Josefina. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.	
Capítulo 29 <u>Implementación de un Sistema Neurodifuso en la Optimización del Modelo de Control para el Ambiente de una Incubadora Avícola.</u>	158
Conde Camacho Julián, Sánchez Cuapio Iván Jesús y Atecpañecatl Gutiérrez Jonathan. Universidad Tecnológica de Tlaxcala.	
Capítulo 30 <u>Instrumentación de Señales de Frecuencia Cardíaca para un Sistema Ambulatorio en Dispositivo.</u>	164
Sánchez Medel Luis Humberto, Juan Manuel González Sobal, Olivia Labastida Puertos y Solís Jiménez Miguel Ángel. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.	
Capítulo 31 <u>Síntesis de un Sistema de Monitoreo del Consumo Eléctrico Implementado en un Dispositivo Móvil.</u>	168
Sánchez Medel Luis Humberto, Solís Jiménez Miguel Ángel y Ramírez Rebolledo Miguel Ángel. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.	
Capítulo 32 <u>Simulación del Modelo VegSyst para Determinar el Crecimiento de la Planta de Jitomate.</u>	173
Mancilla Morales J. Arturo, Tornero Campante Mario, López Cruz Irineo, Ríos Silva Eduardo y Regalado López José. Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Universidad Autónoma de Chapingo y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.	
Capítulo 33 <u>Simulador Applet de un Péndulo Simple Orientado a la Enseñanza de la Física a Nivel Secundaria.</u>	179
Altamirano Soria José Edgar, Jiménez Nava Jimena, Quijas Martínez Julio, Ramos Gutiérrez Jesús, Ulloa Calzada José Luis, José Emilio Vargas Soto y Jesús Carlos Pedraza Ortega. Universidad Autónoma de Querétaro.	

Capítulo 34	
<u>Control de un Robot con Dispositivos Móviles.</u>	185
Arana-González Lizet-Verenice, Cordero-Victoria Isaac-Jair, Avecilla-Rangel Francisco-Javier, Juan-Manuel Ramos-Arreguin y Efen Gorrostieta-Hurtado. Universidad Autónoma de Querétaro.	
Capítulo 35	
<u>Uso de los Software LinuxCNC y Eagle 6.4.0. en el Diseño y Fabricación de Circuitos Impresos por Medio de un Robot Cartesiano.</u>	193
Urbalejo Contreras Arturo, Jiménez López Eusebio, Luna Acosta Noé, Valdez Palafox Carlos Omar, José Antonio Cuadras Gerardo y Castro Bojórquez Julio Cesar. Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, Universidad La Salle Noroeste – CIAAM-UTS-IIMM, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora y Universidad Tecnológica de Tijuana.	
Capítulo 36	
<u>Diseño y Simulación de los Sistemas de Fundición, Instrumentación Electrónica y Diseño Mecánico para un Prototipo de Maquina Fundidora de PET.</u>	199
Guillermo Córdova Morales, Elmar Montiel Jiménez y Espinoza Hernández Andrés. Instituto Tecnológico Superior de Libres.	
Capítulo 37	
<u>Uso del Software Solidworks en el Diseño de Sistemas Mecatrónicos.</u>	205
Ruiz Domínguez Alejandra, Meléndez Campos Javier, Jiménez López Eusebio, Montoya Quezada Manuel Norberto, García Velásquez Luis Andrés, Lucero Velásquez Baldomero, Delfín Vázquez Juan José y Luna Sandoval Gabriel. Universidad La Salle Noroeste, Instituto Tecnológico de Sonora, Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y Universidad Estatal de Sonora.	
Capítulo 38	
<u>Control por Dinámica Inversa de un Manipulador Paralelo en el Espacio Articular.</u>	211
Alvarado-Juárez Diego Armando, Villarreal-Cervantes Miguel Gabriel y Sepúlveda-Cervantes Gabriel. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo - IPN.	
Capítulo 39	
<u>Metodología para la Detección del Desalineamiento en Motores de Inducción Alimentado con Variador de Velocidad.</u>	217
Mejía-Barrón A., García-Ramírez A.G., Osornio-Rios R.A. y Romero-Troncoso R.J. Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Guanajuato.	
Capítulo 40	
<u>Aproximación Metodológica en la Enseñanza de Lenguajes de Programación Orientados a Sistemas Mecatrónicos.</u>	223
Curiel Aguirre Fernando y Jiménez López Eusebio. Universidad Estatal de Sonora, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora y ULSA Noroeste.	

Índice

Capítulo 41 <u>Controlador PID de una Celda Termoeléctrica: Sintonización por medio de un Algoritmo Evolutivo.</u>	229
García Mejía Juan Fernando, Carlos Eduardo Torres Reyes y José Antonio García Mejía. Universidad Autónoma del Estado de México.	
Capítulo 42 <u>Diseño, Modelación y Simulación de un Brazo Robótico de cinco grados de libertad Utilizando LabVIEW y SolidWorks.</u>	233
Ramírez Escobar Raúl Alonso, Martínez Soto Luis Ángel, Vázquez Cuevas Ignacio Javier, Meranza Castellón Manuel Omar, González Ochoa Sara Bertha y Jiménez López Eusebio. Instituto Tecnológico de Nogales y Universidad La Salle Noroeste – CIAAM-UTS-IIMM.	
Capítulo 43 <u>Desarrollo de un Simulador de un Robot Cartesiano para Dispositivos Móviles Utilizado Solidworks y Open GL ES 2.0</u>	239
Meléndez Campos Javier, Jiménez López Eusebio, Ruiz Domínguez Alejandra, Urbalejo Contreras Arturo, Reyes Ávila Luis, Luna Acosta Noé y Vázquez Cuevas Ignacio. Universidad La Salle Noroeste, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, Instituto Mexicano del Transporte y Universidad Tecnológica de Nogales.	
Capítulo 44 <u>Integración Mecatrónica en el Desarrollo de un Robot Cartesiano Didáctico.</u>	245
Jiménez López Eusebio, Ruiz Domínguez Alejandra, Meléndez Campos Javier, Pereo Arvayo Gerardo, Carvajal Lavandazo Ivanna, Martínez Molina Víctor Manuel, López Figueroa Francisco y Luna Sandoval Gabriel. Universidad La Salle Noroeste, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora-ULSA Noroeste-CECATI 94 y Universidad Estatal de Sonora.	

Índice

Capítulo 26 <u>Aplicación en Telefonía Móvil para el Control de un Motor Trifásico Mediante Comunicación Bluetooth.</u>	141
Aceves Flores Julio Cesar, Flores Salazar Erick Eduardo y Aguilar Anastacio José Carlos A. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.	
Capítulo 27 <u>Laboratorio Virtual de Escenarios Industriales para el Adiestramiento en el Área de Automatización y Control.</u>	147
Barreiro Fabián A., Barreiro Aldo J. y Ortega-Moody Jorge Alberto Academic Division of ANT-Automation.	
Capítulo 28 <u>Desarrollo de una Plataforma de Simulación Basada en el Robot Antropomórfico K-680.</u>	152
González-Romero Dulce Isabel, Sánchez-Sánchez Pablo y Castañeda-Camacho Josefina. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.	
Capítulo 29 <u>Implementación de un Sistema Neurodifuso en la Optimización del Modelo de Control para el Ambiente de una Incubadora Avícola.</u>	158
Conde Camacho Julián, Sánchez Cuapio Iván Jesús y Atecpañecatl Gutiérrez Jonathan. Universidad Tecnológica de Tlaxcala.	
Capítulo 30 <u>Instrumentación de Señales de Frecuencia Cardíaca para un Sistema Ambulatorio en Dispositivo.</u>	164
Sánchez Medel Luis Humberto, Juan Manuel González Sobal, Olivia Labastida Puertos y Solís Jiménez Miguel Ángel. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.	
Capítulo 31 <u>Síntesis de un Sistema de Monitoreo del Consumo Eléctrico Implementado en un Dispositivo Móvil.</u>	168
Sánchez Medel Luis Humberto, Solís Jiménez Miguel Ángel y Ramírez Rebolledo Miguel Ángel. Instituto Tecnológico Superior de Huatusco.	
Capítulo 32 <u>Simulación del Modelo VegSyst para Determinar el Crecimiento de la Planta de Jitomate.</u>	173
Mancilla Morales J. Arturo, Tornero Campante Mario, López Cruz Irineo, Ríos Silva Eduardo y Regalado López José. Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Universidad Autónoma de Chapingo y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.	
Capítulo 33 <u>Simulador Applet de un Péndulo Simple Orientado a la Enseñanza de la Física a Nivel Secundaria.</u>	179
Altamirano Soria José Edgar, Jiménez Nava Jimena, Quijas Martínez Julio, Ramos Gutiérrez Jesús, Ulloa Calzada José Luis, José Emilio Vargas Soto y Jesús Carlos Pedraza Ortega. Universidad Autónoma de Querétaro.	

Capítulo 34		
<u>Control de un Robot con Dispositivos Móviles.</u>		185
Arana-González Lizet-Verenice, Cordero-Victoria Isaac-Jair, Avecilla-Rangel Francisco-Javier, Juan-Manuel Ramos-Arreguin y Efen Gorrostieta-Hurtado. Universidad Autónoma de Querétaro.		
Capítulo 35		
<u>Uso de los Software LinuxCNC y Eagle 6.4.0. en el Diseño y Fabricación de Circuitos Impresos por Medio de un Robot Cartesiano.</u>		193
Urbalejo Contreras Arturo, Jiménez López Eusebio, Luna Acosta Noé, Valdez Palafox Carlos Omar, José Antonio Cuadras Gerardo y Castro Bojórquez Julio Cesar. Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, Universidad La Salle Noroeste – CIAAM-UTS-IIMM, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora y Universidad Tecnológica de Tijuana.		
Capítulo 36		
<u>Diseño y Simulación de los Sistemas de Fundición, Instrumentación Electrónica y Diseño Mecánico para un Prototipo de Maquina Fundidora de PET.</u>		199
Guillermo Córdova Morales, Elmar Montiel Jiménez y Espinoza Hernández Andrés. Instituto Tecnológico Superior de Libres.		
Capítulo 37		
<u>Uso del Software Solidworks en el Diseño de Sistemas Mecatrónicos.</u>		205
Ruiz Domínguez Alejandra, Meléndez Campos Javier, Jiménez López Eusebio, Montoya Quezada Manuel Norberto, García Velásquez Luis Andrés, Lucero Velásquez Baldomero, Delfín Vázquez Juan José y Luna Sandoval Gabriel. Universidad La Salle Noroeste, Instituto Tecnológico de Sonora, Instituto Tecnológico Superior de Cajeme y Universidad Estatal de Sonora.		
Capítulo 38		
<u>Control por Dinámica Inversa de un Manipulador Paralelo en el Espacio Articular.</u>		211
Alvarado-Juárez Diego Armando, Villarreal-Cervantes Miguel Gabriel y Sepúlveda-Cervantes Gabriel. Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo - IPN.		
Capítulo 39		
<u>Metodología para la Detección del Desalineamiento en Motores de Inducción Alimentado con Variador de Velocidad.</u>		217
Mejía-Barrón A., García-Ramírez A.G., Osornio-Rios R.A. y Romero-Troncoso R.J. Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Guanajuato.		
Capítulo 40		
<u>Aproximación Metodológica en la Enseñanza de Lenguajes de Programación Orientados a Sistemas Mecatrónicos.</u>		223
Curiel Aguirre Fernando y Jiménez López Eusebio. Universidad Estatal de Sonora, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora y ULSA Noroeste.		

Índice

Capítulo 41 <u>Controlador PID de una Celda Termoeléctrica: Sintonización por medio de un Algoritmo Evolutivo.</u>	229
García Mejía Juan Fernando, Carlos Eduardo Torres Reyes y José Antonio García Mejía. Universidad Autónoma del Estado de México.	
Capítulo 42 <u>Diseño, Modelación y Simulación de un Brazo Robótico de cinco grados de libertad Utilizando LabVIEW y SolidWorks.</u>	233
Ramírez Escobar Raúl Alonso, Martínez Soto Luis Ángel, Vázquez Cuevas Ignacio Javier, Meranza Castellón Manuel Omar, González Ochoa Sara Bertha y Jiménez López Eusebio. Instituto Tecnológico de Nogales y Universidad La Salle Noroeste – CIAAM-UTS-IIMM.	
Capítulo 43 <u>Desarrollo de un Simulador de un Robot Cartesiano para Dispositivos Móviles Utilizado Solidworks y Open GL ES 2.0</u>	239
Meléndez Campos Javier, Jiménez López Eusebio, Ruiz Domínguez Alejandra, Urbalejo Contreras Arturo, Reyes Ávila Luis, Luna Acosta Noé y Vázquez Cuevas Ignacio. Universidad La Salle Noroeste, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, Instituto Mexicano del Transporte y Universidad Tecnológica de Nogales.	
Capítulo 44 <u>Integración Mecatrónica en el Desarrollo de un Robot Cartesiano Didáctico.</u>	245
Jiménez López Eusebio, Ruiz Domínguez Alejandra, Meléndez Campos Javier, Pereo Arvayo Gerardo, Carvajal Lavandazo Ivanna, Martínez Molina Víctor Manuel, López Figueroa Francisco y Luna Sandoval Gabriel. Universidad La Salle Noroeste, Universidad Tecnológica del Sur de Sonora-ULSA Noroeste-CECATI 94 y Universidad Estatal de Sonora.	

Simulador Applet de un Péndulo Simple Orientado a la Enseñanza de la Física a Nivel Secundaria

Altamirano Soria José Edgar; Jimenez Nava Jimena, Quijas Martínez Julio, Ramos Gutiérrez Jesús, Ulloa Calzada José Luis, José Emilio Vargas Soto y Jesús Carlos Pedraza Ortega.

Universidad Autónoma de Querétaro – Facultad de Informática
Av. de las Ciencias Sin Número, Campus Juriquilla, Juriquilla, Querétaro, Qro. C.P. 76230 México

Resumen

Java es un lenguaje moderno, tiene buenas características como lo es la programación orientada a objetos, su compatibilidad con diversos sistemas operativos entre otros. Se utiliza NetBeans para construir este proyecto de aplicación práctica en java, que nos permite simular las ecuaciones que modelan el funcionamiento del péndulo simple mediante un Applet, todo como un elemento tecnológico para una mejor enseñanza a nivel secundaria de este fenómeno.

Palabras clave: Java, Applet.

1. Introducción

Como punto de partida conoceremos un poco de historia sobre la invención del péndulo, Jean-Bernard-León Foucault es la persona a quien se le atribuye la invención del péndulo que lleva su nombre. Fue la primera demostración física de la rotación de la tierra, indujo que la oscilación de un péndulo también sería independiente del movimiento de rotación del punto de sujeción al techo, y lo comprobó el 8 de enero de 1851.¹

El lenguaje de programación en Java, es una herramienta muy importante y necesaria que puede utilizarse en diversas áreas como en la industria, educación, entretenimiento, etc., cabe destacar que el beneficio de utilizar Java es la portabilidad. Una de las tareas fundamentales en este proyecto y en cualquier otro es que no existe una metodología definida para la solución, es por ello que hay que hacer un análisis previo tanto del mercado al cual va dirigido tu producto, como del alcance y el impacto del proyecto, para posteriormente de acuerdo a las experiencias del diseñador y a las necesidades del proyecto se tomen en cuenta los diversos modelos matemáticos que hay y las distintas formas de solucionar el problema en cuestión, tomando en cuenta que la educación secundaria presenta un reto

constante. Al trabajar con adolescentes es altamente recomendable la didáctica, dinámicas de grupo, y desde luego tecnología educativa.² Por ello, el propósito de este proyecto es apoyar a los alumnos y reforzar su aprendizaje tanto en el aula como al momento de comprobar resultados; nuestra meta es que se utilice la instrumentación virtual como elemento tecnológico para la enseñanza a nivel secundaria de un fenómeno físico.

2. Comparación de lenguajes de programación

Es importante, antes de comenzar con la programación, saber qué lenguaje utilizar para trabajar. A fin de comprender mejor las ventajas y desventajas de algunos lenguajes de programación, analizaremos la siguiente tabla:

Características	C	C++	Java
Expresividad	Regular	Muy buena	Muy buena
Bien definido	Regular	Muy buena	Muy buena
Estructura de datos	Deficiente	Muy buena	Muy buena
Modularidad	Regular	Muy buena	Muy buena
Facilidades de entrada/salida	Buena	Buena	Buena
Portabilidad	Buena	Buena	Excelente
Eficiencia	Excelente	Excelente	Muy Buena
Estandarización	Buena	Buena	Excelente
Evolución	Estable	Estable	Acelerada
Soporte de librerías	Buena	Muy buena	Excelente

Tabla 1.- Tabla comparativa³

1. Expresividad: Facilidad del lenguaje para expresar los algoritmos.
2. Bien definido: Consistencia y falta de ambigüedad.
3. Tipos y estructuras de datos.
4. Modularidad: Permitir el desarrollo de componentes independientemente.
5. Facilidades de entrada-salida: Soporte para interacción con el entorno.
6. Portabilidad.
7. Eficiencia.

Es importante tomar en cuenta que existen más de tres lenguajes de programación, para fines prácticos solo se mencionan algunos para realizar la comparación.

3. Metodología del proyecto

En la metodología que realizamos, comprende que con anterioridad ya se tenía contemplado el lenguaje de programación a utilizar, tanto por portabilidad como por diseño.

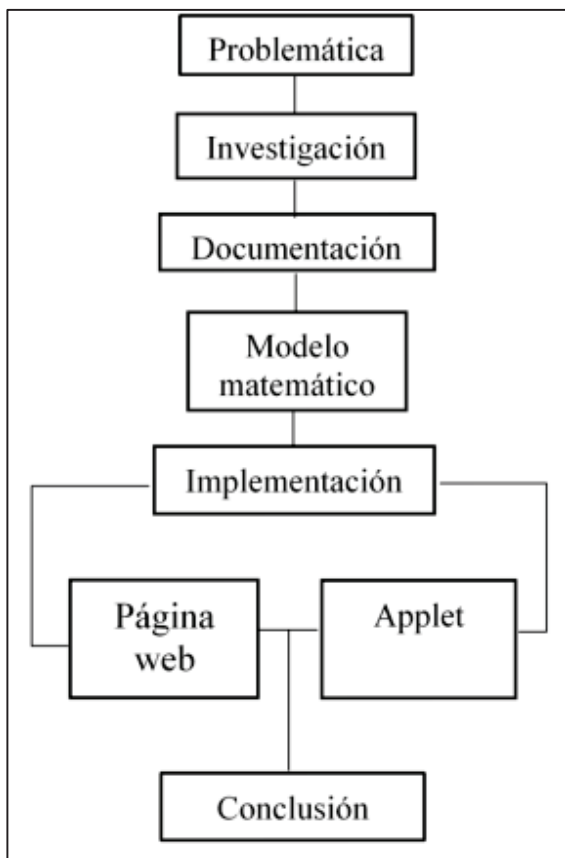


Fig. 1 Metodología del proyecto

La metodología podría cambiar dependiendo de las necesidades que se vayan dando o de las prioridades que se tengan, puede ser por diseño, tiempo en el proceso de implementación, etc. Son muchos factores los que podrían afectar, pero es necesario una metodología ya sea general o particular al momento de comenzar un proyecto, esto nos ayuda a seguir la forma de trabajo dependiendo los requerimientos que tengamos para poder concluir satisfactoriamente.

3.1 Impacto al sector educativo

El sector educativo es decisivo para la formación y el desarrollo del capital humano de cada nación, ya que permite trabajar en la innovación para lograr un crecimiento sostenible. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), de los mexicanos que asisten actualmente a la escuela, 56% utiliza Internet y 69% usa o ha empleado una computadora en el último año. La importancia del manejo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el contexto actual es crucial para el desempeño económico y educativo del país.⁴

4. Desarrollo del proyecto

Partiremos de lo general a lo particular para poder completar el proyecto, el modelo que se implementó así mismo como información relacionada a la resolución de nuestra problemática.

4.1 El péndulo simple

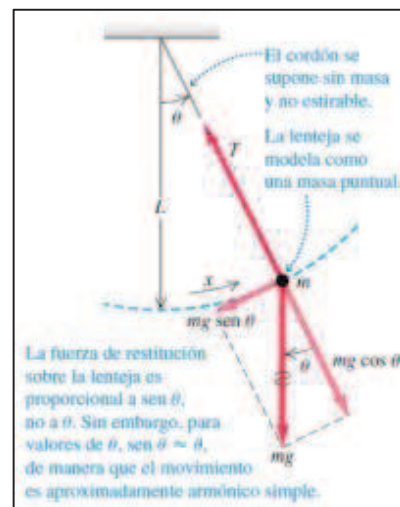


Fig. 3 Péndulo simple idealizado.⁵

Se trata de un sistema con un solo grado de libertad que puede describirse expresando en función del tiempo su distancia angular θ a una dirección de referencia, tal como la vertical en un determinado punto (elongación). Sin embargo, la ecuación diferencial (1) que describe este movimiento tiene una solución analítica en absoluto sencilla.⁶

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + w^2 \text{sen } \theta = 0 \quad (1)^6$$

La pulsación de w depende de la longitud del péndulo L y de la aceleración de la gravedad g ; el término $\text{sen } \theta$ suele tratarse en la mayoría de los textos de física general [Tipler 1992] simplificando para el caso de pequeñas oscilaciones, es decir, cuando la amplitud del movimiento de oscilación alrededor de la posición de equilibrio es muy pequeña. Entonces puede sustituirse la función seno por el ángulo correspondiente, lo cual conduce a una solución de la forma:⁶

$$\theta = \theta_0 \cos(wt + \varphi) \quad (2)^6$$

Donde θ_0 representa la amplitud y φ es una fase inicial que puede ser elegida a voluntad para situar la elongación en un valor conveniente al tomar el origen de tiempos. Con esta hipótesis simplificadora, el periodo de la oscilación está dado por:⁶

$$T = \frac{2\pi}{w} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (3)^6$$

Sin embargo, un estudio más cuidadoso del problema [Kittel et al. 1968; Pippard 1989; Rañada 1990], entrando a considerar la solución analítica de la ecuación (1), permite escribir el periodo de oscilación para cualquier amplitud θ_0 , siendo el resultado dependiente de dicha amplitud como muestra la ecuación (4):⁶

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1 \cdot 3 \dots (2n-1)}{2 \cdot 4 \dots 2n} \right]^2 \text{sen}^{2n} \frac{\theta_0}{2} \right\} \quad (4)^6$$

4.2 El péndulo en Java

Una vez habiendo resuelto la problemática matemática, procedemos a interpretarla en código para poder crear el Applet en Java.

Una de las partes más importantes en la programación es estructurar nuestro sistema de acuerdo a las necesidades que se nos presentan. La manera más eficiente de comenzar es creando nuestro

diagrama de flujo para poder interpretar las acciones que nuestro sistema va a realizar.

En la Fig. 4 se puede observar el diagrama de flujo, que de manera general nos muestra el funcionamiento de nuestro sistema. Una vez habiendo realizado nuestro diagrama de flujo procedemos a estructurar la interfaz de nuestro Applet.

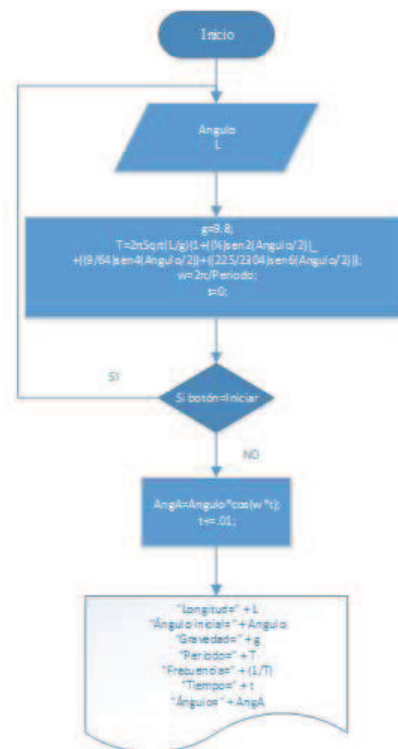


Fig. 4 Diagrama de flujo de nuestro Applet

La interfaz del sistema va a estar estructurado por dos pantallas: 1) Pantalla de presentación, y 2) pantalla de simulación.

1. La pantalla de presentación (Fig. 5) muestra los datos de la universidad de procedencia, los nombres de los integrantes y las instrucciones para poder utilizar el Applet. Se muestran las siguientes barras de Scroll:
 - a. Velocidad de Simulación. Permite manipular la velocidad de la simulación la cual puede contener valores de 0 a 5. Siendo 0 el valor que simula al péndulo en tiempo real (de acuerdo a las capacidades del dispositivo que se utiliza para la ejecución del Applet); los siguientes valores simulan la animación del péndulo

- aumentando el tiempo en 0.01s cada 0.05s en 1, 0.1s en 2, 0.2s en 3, 0.4s en 4 y 0.8s en 5. Esto permite observar la simulación de manera detallada, para cuestiones prácticas.
- b. **Ángulo inicial.** Permite especificarle al sistema qué ángulo deseamos para que se simule en el péndulo, pudiendo ingresar valores de entre 0.25° a 90°, con intervalos de 0.25°.
- c. **Longitud de cuerda.** Permite especificar la longitud de la cuerda, pudiendo especificarle valores entre 1m y 15m con intervalos de 0.25m.

También cuenta con un botón llamado "Iniciar", el cual permite, mientras esté la pantalla de presentación, iniciar la simulación del péndulo de acuerdo a los valores que se establecieron en cada una de las barras de Scroll.

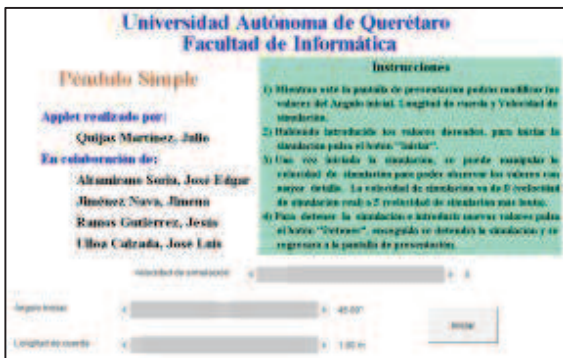


Fig. 5 Pantalla de Presentación



Fig. 6 Pantalla de Simulación

2. En la pantalla de simulación (Fig. 6), se puede observar la simulación del péndulo simple de acuerdo a los datos ingresados. También se muestra más información acerca del sistema como son: el periodo, la frecuencia, el tiempo actual desde que se inició la simulación en segundos y la posición angular del péndulo de acuerdo al tiempo actual.

Los dos siguientes extractos de código hacen referencia a las dos funciones esenciales para poder simular y determinar los valores del péndulo simple. La función **Calcular**, permite calcular el periodo y la velocidad angular, además de inicializar los valores. La función **Péndulo**, permite determinar el valor del ángulo conforme al tiempo, además de dibujar el péndulo en pantalla con la posición angular.

```
public void Calcular(double ang,double l,double G)
{
    Angulo=ang;
    L=l;
    g=G;
    T = 2 * Math.PI * Math.sqrt( L / g ) * ( 1d + (( 1d / 4d ) * Math.pow(
        Math.sin( Math.toRadians(ang / 2d)), 2d)) + (( 9d / 64d ) * Math.pow(
        Math.sin(Math.toRadians(ang/2d)), 4d)) + (( 225d / 2304d ) * Math.pow(
        Math.sin( Math.toRadians( ang / 2d)), 6d)));
    w=(2*Math.PI)/T;
    tiempo=0;
    tiempoi=(double)System.currentTimeMillis();
}

public void Pendulo(double ang,double t)
{
    AngA=(Math.toRadians(ang)*Math.cos(w*t))+Math.toRadians(90);
    gra.setColor(Color.BLACK);
    gra.drawLine((int)tX(0), (int)tY(0), (int)tX(AngToX(AngA)), (int)
    tY(AngToY(AngA)));
    gra.setColor(Color.blue);
    gra.fillOval((int)tX(AngToX(AngA))-10, (int)tY(AngToY(AngA))-10,
    20, 20);
}
```

5. Análisis de resultados

Se procedió a resolver cada una de las ecuaciones, se generó una tabla para observar de mejor manera cada uno de los resultados, para esto, a la longitud de la cuerda L le asignamos el valor de 1m., a la gravedad se le asigna la gravedad de la tierra suponiendo que esta es aproximada a 9.8m/s^2 y los ángulos manejados son de 90° a 10° , representados en la Tabla 2.

Los pasos realizados fueron los siguientes:

1. Mediante la ecuación (4) se procedió a determinar el periodo (T) de cada uno de los ángulos, tal y como se muestra el resultado en la Tabla 2.

2. Gracias a la ecuación (3), y ya teniendo el valor del periodo para cada uno de los ángulos, podemos obtener la frecuencia angular (w), que también se muestra el resultado para cada uno de los ángulos en la Tabla 2.

θ_0 ($^\circ$)	L (m)	g (m/s^2)	T (s)	w (rad/s)
90	1	9.8	2.353039	2.670243
80	1	9.8	2.276419	2.760118
70	1	9.8	2.209696	2.843461
60	1	9.8	2.153236	2.918020
50	1	9.8	2.106830	2.982293
40	1	9.8	2.069962	3.035411
30	1	9.8	2.042028	3.076934
20	1	9.8	2.022482	3.106670
10	1	9.8	2.010918	3.124536

Tabla 2. Cálculo del periodo y velocidad angular.

3. Una vez obtenido el periodo y la frecuencia angular, se procedió a utilizar la ecuación (2), para determinar el ángulo en un tiempo definido.

La Tabla 3, nos muestran una comparación entre los resultados matemáticos y la simulación en el Applet de la posición angular del péndulo en distintos lapsos de tiempo.

θ_0 ($^\circ$)	$\theta(t)$ $t=0.5s$ ($^\circ$)	Simulación $\theta(t)$ $t=0.5s$	$\theta(t)$ $t=1s$ ($^\circ$)	Simulación $\theta(t)$ $t=1s$
90	21.014917	21.01	-80.186073	-80.19
80	15.166630	15.17	-74.249333	-74.25
70	10.396001	10.40	-66.912090	-66.91
60	6.693227	6.69	-58.506690	-58.51
50	3.978273	3.98	-49.366934	-49.37
40	2.122640	2.12	-39.774720	-39.77
30	0.969706	0.97	-29.937311	-29.94
20	0.349206	0.35	-19.987805	-19.99
10	0.085282	0.09	-9.998545	-10.00

θ_0 ($^\circ$)	$\theta(t)$ $t=1.5s$ ($^\circ$)	Simulación $\theta(t)$ $t=1.5s$	$\theta(t)$ $t=2s$ ($^\circ$)	Simulación $\theta(t)$ $t=2s$
90	-58.461665	-58.46	52.884583	52.88
80	-43.319435	-43.32	57.824087	57.82
70	-30.270806	-30.27	57.920795	57.92
60	-19.746513	-19.75	54.101094	54.10
50	-11.834079	-11.83	47.483766	47.48
40	-6.344010	-6.34	39.101417	39.10
30	-2.905065	-2.91	29.749508	29.75
20	-1.047194	-1.05	19.951237	19.95
10	-0.255821	-0.26	9.994182	9.99

Tabla 3. Ángulo resultante en diferentes tiempos

En la Fig.7, a medida de ejemplo, podemos observar el Applet con los resultados de la simulación, con un ángulo inicial de 10° y una longitud de cuerda de 1m.



Fig. 7 Simulación en Applet

Por diseño, únicamente se tomaron dos decimales de precisión en los resultados de la simulación, ya que de esta manera resulta más cómoda la lectura de los valores. El tiempo a excepción de la velocidad de simulación real, aumenta 0.01s por lo cual las mediciones pueden llegar a tener variaciones con las soluciones matemáticas.

5.1 Alcances

Una vez montado el sistema en la web, cualquier persona con acceso a la red, puede utilizarlo de la manera que más le convenga. Este sistema puede ser útil, además de contar con el apoyo de un maestro, para mostrar a niños de educación

secundaria el fenómeno físico de manera más detalla, fácil y agradable.

5.2 Limitaciones

Aunque la mayor parte de la gente ya cuenta con dispositivos capaces visualizar los Applets de Java, es necesario que la gente cuente con el acceso a internet para poder apreciar y trabajar con el Applet.

6. Conclusión

Gracias a las tecnologías de información, las posibilidades de seguir adquiriendo conocimientos, día con día, resulta más eficaz. Cada vez hay más personas que cuentan con dispositivos capaces de conectarse a internet, lo cual para nuestro propósito se ha vuelto esencial.

Internet a nivel mundial se ha vuelto uno de los principales medios que captan la mayor atención de los usuarios. Aprovechando esto, y las características multiplataforma que nos ofrece Java, podemos realizar aplicaciones didácticas para diferentes niveles de estudio, con el propósito de mostrar de manera virtual los diversos fenómenos que en ocasiones no se pueden captar de manera sencilla en nuestro ambiente cotidiano, pero que simulados podemos visualizarlos y modificarlos a nuestro antojo.

Referencias

1. Cuervo.A (). Fomento a la investigación educativa. [ONLINE] Available at: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2543/A04.pdf?sequence=1> [Recopilado el 17 de Junio de 2014].
2. Cabrera, R. (). Breve historia del péndulo de Foucault. [ONLINE] Available at: <http://neuro.qi.fcen.uba.ar/ricuti/foucault/historia.html> [Recopilado el 17 de junio de 2014].
3. (). Ventajas y desventajas de comparación de los lenguajes. [ONLINE] Available at: http://www.limadata.com/doc/ventajas_c.pdf. [Recopilado el 14 de junio de 2014].
4. Podolsky, R. “La era digital y el impacto educativo”, az Revista de educación y cultura. No. 71
5. Hugh. D, Roger A. “Física universitaria”, Addison Wesley, México, Decimosegunda, 2009.
6. Antonio J. Barbero, Fernando Picazo, Antonio García Cifuentes “Resolución del problema del péndulo sometido a oscilaciones de gran amplitud” [ONLINE] Available at: http://www.uclm.es/ab/educacion/ensayos/pdf/revista8/8_18.pdf [Recopilado el 8 de septiembre de 2014].