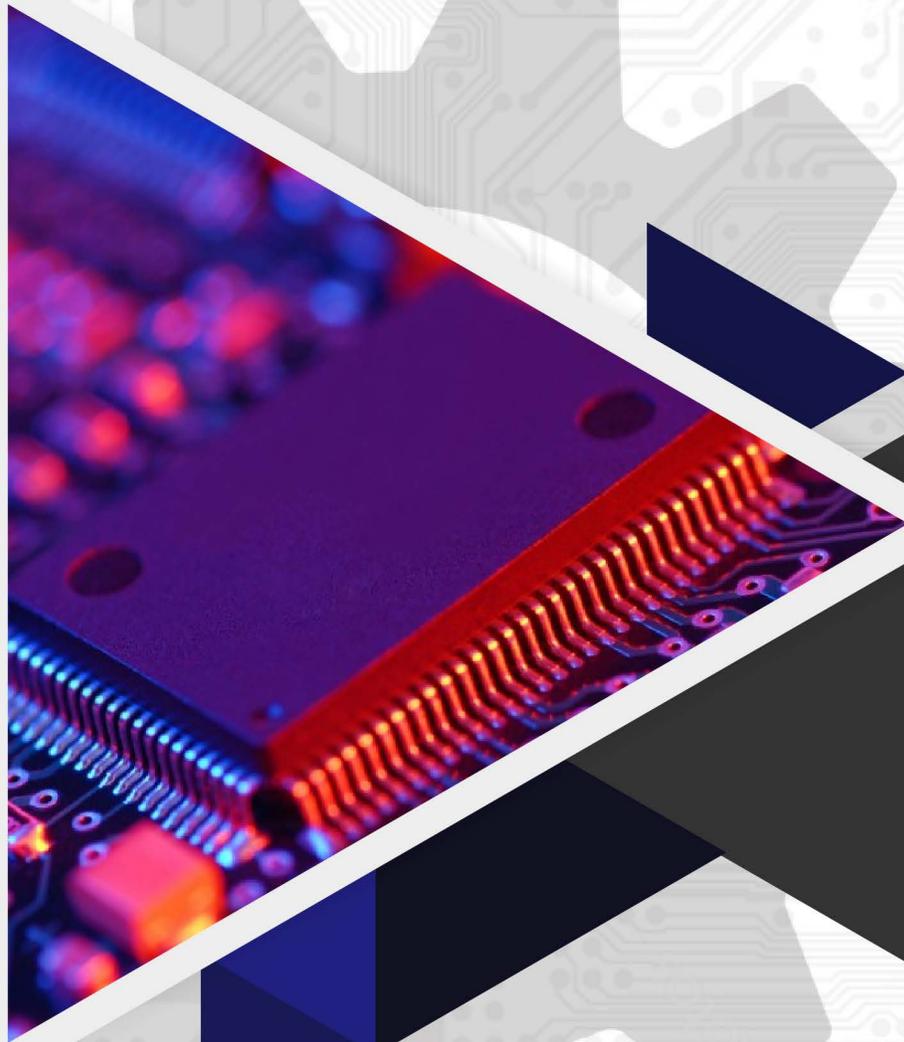


NEXTIA

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS



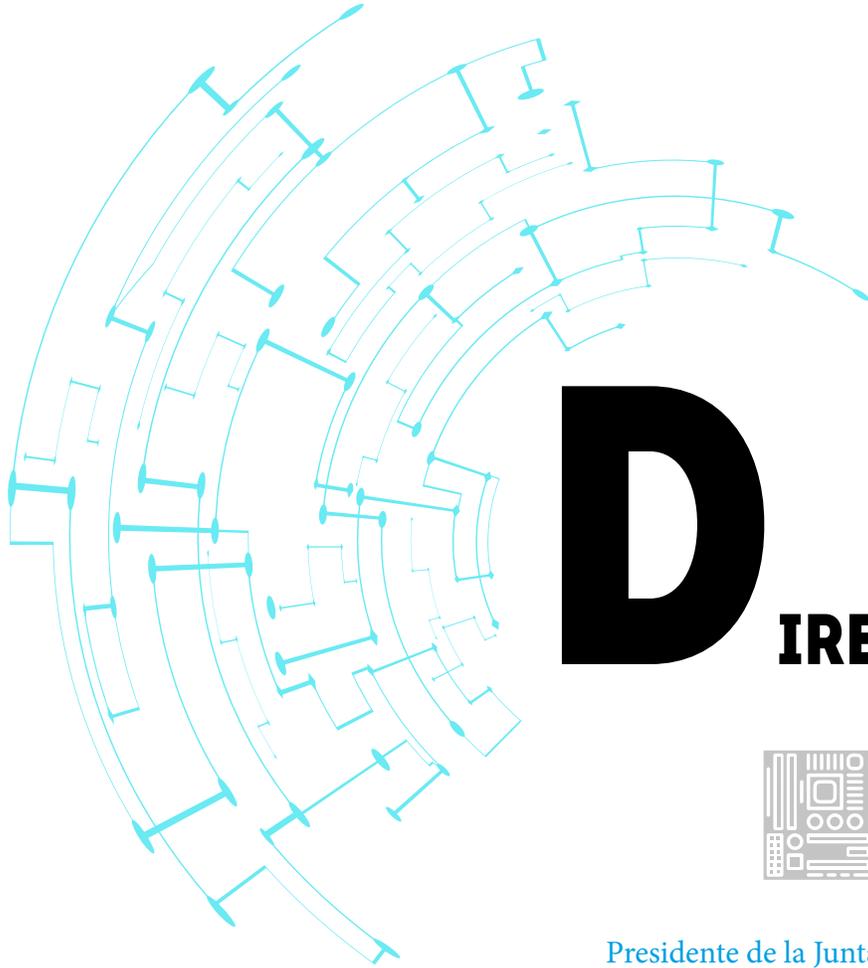
DISEÑO DE JUEGO DE DISPAROS CON
REALIDAD AUMENTADA Y ARDUINO

MOTORES SIN ESCOBILLAS Y TARJETAS
ELECTRÓNICAS DE CONTROL DE VELOCIDAD

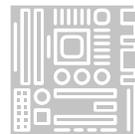
BANDA TRANSPORTADORA PARA ESTUDIO
DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

SISTEMA DE CULTIVO LUCRATIVO EN PRO DEL
MEDIO AMBIENTE APLICADO A UN INVERNADERO

ALEKSANDR MIKHAILOVICH LYAPUNOV



DIRECTORIO



Presidente de la Junta de Gobierno
Mtro. Jaime Illescas López

Rectora
Dra. Ma. H. Irma Lozano e Islas

Director de la División de Ingenierías
Mtro. Harold Vásquez Chavarría

Dirección de Investigación y Educación
Dra. Adela Ramos Jiménez

Coordinadora Editorial y de Publicaciones
Lic. Cristhian Coyotl Coyotl

Diseño Editorial
Lic. Jorge Alberto Hernández Pérez

Nextia, revista semestral. Junio 2017. Editor responsable: Cristhian Coyotl Coyotl. Número de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de autor: en trámite. Número de certificado y licitud de contenido: en trámite. Domicilio de la publicación: Universidad del Valle de Puebla S.C. Calle 3 sur 5759, El cerrito. C, P. 72440, Puebla, Pue.



DISEÑO DE JUEGO DE DISPAROS CON REALIDAD AUMENTADA Y ARDUINO

Ana Luisa Ballinas Hernández
Alejandro Rangel Huerta
Iván Jiménez Morales

6



MOTORES SIN ESCOBILLAS Y TARJETAS ELECTRÓNICAS DE CONTROL DE VELOCIDAD

José Rodrigo Cuautle Parodi

16



BANDA TRANSPORTADORA PARA ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Andrea Karen Stefanoni Hernández
Orlando Cano Melgarejo
Estephania Vázquez Valderrábano
Sandra Paola Vargas Pedrón
Itzel Acevedo Ramírez
Cathya Rojas Juárez

20



SISTEMA DE CULTIVO LUCRATIVO EN PRO DEL MEDIO AMBIENTE APLICADO A UN INVERNADERO

José Alberto Jiménez García
Arturo Herrera Irra

26



ALEKSANDR MIKHAILOVICH LYAPUNOV

Pablo Sánchez Sánchez

35

EDITORIAL

Las ingenierías tienen la característica de no ser áreas de estudio aisladas; trabajan y colaboran con otras ramas del conocimiento para lograr importantes aportes a la humanidad. Así, vemos cómo los sistemas computacionales y las tecnologías de la información colaboran con la medicina para crear dispositivos o cómo la ingeniería civil va de la mano con la química para descubrir materiales más económicos y resistentes para las futuras obras de construcción. Así mismo, la mecatrónica diseña mecanismos para el progreso de la agricultura y las cosechas. Industrial se apoya de las matemáticas para optimizar los medios de abastecimiento y distribución de los productos. Finalmente, en automotriz confluyen muchas áreas de conocimiento para mejorar los autos del presente y hacer posibles los del futuro.

Este trabajo multidisciplinario obliga a nuestros estudiantes a estar atentos a las nuevas tendencias en las ciencias e ingenierías haciendo necesaria la creación y mantenimiento de medios de difusión como Nextia. Estos espacios son la mejor forma de mostrar a la comunidad universitaria y público externo lo que se puede lograr con el trabajo arduo de nuestros estudiantes y docentes.



Los trabajos aquí mostrados son el resultado de un aprendizaje basado en proyectos y no sólo memorización de teoremas y fórmulas; la aplicación del conocimiento permite a los estudiantes vivenciar cómo una fórmula matemática puede convertirse en un prototipo con grandes posibilidades de llegar a ser un producto final útil a la humanidad.

Es por ello que en esta edición, se pretende divulgar estos logros que no descansan en este punto, sino que continúan en su mejora constante para mantenernos fieles a nuestro lema: “Aplicar la ciencia para beneficio del hombre”.

Mtro. Harold Vásquez Chavarría
Director del área académica de Ingenierías



DISEÑO DE JUEGO DE DISPAROS CON REALIDAD AUMENTADA Y ARDUINO

Ana Luisa Ballinas Hernández | Alejandro Rangel Huerta | Iván Jiménez Morales

RE SU MEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar el prototipo de un novedoso juego de disparos tipo gotcha haciendo uso de la tecnología de realidad aumentada. Inicialmente se realiza el análisis del lenguaje de programación y de las librerías más adecuadas para la elaboración del proyecto; la selección de los componentes del mundo real montados en una placa Arduino y de la técnica de realidad aumentada a utilizar. Posteriormente se muestran los pasos a seguir para el desarrollo del prototipo. Se concluye que las herramientas y componentes electrónicos seleccionados fueron adecuados para lograr un buen funcionamiento del juego y se proponen mejoras al proyecto.

Palabras clave - Dispositivos de visualización, realidad aumentada, processing, arduino, fotoresistor.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la realidad aumentada (RA) ha jugado un papel protagónico en diversas áreas y se ha ido insertando cada vez más en la sociedad actual debido a los grandes desafíos que promete proporcionar. Esta tecnología, derivada de la realidad virtual, tiene diversas aplicaciones para la industria, museos, educación, arte, publicidad, etc. (Prendes, 2015). Además, la realidad aumentada tiene un papel fundamental en el desarrollo de los videojuegos actuales que aprovechan las capacidades de los dispositivos móviles y el avance de la visión por computadora.

Diversas herramientas y dispositivos comerciales se han desarrollado sobre la realidad aumentada. Uno de los más populares son los lentes *Google* llamados *Glass*, una de las últimas innovaciones del *wearable computing* (Lee, 2013). Estos dispositivos son pegados al cuerpo para permitir una interacción sin interrupciones y una integración directa a nuestra vida diaria. Además, ha sido posible desarrollar minijuegos con esta plataforma tales como: *Tennis*, *Shape Splitter*, *Balance*, *Clay Shooter* y *Matcher*. El Nintendo 3Ds ha desarrollado varios videojuegos de realidad aumentada con consola, tales como: juegos *AR*, *Star Pics*, *Mii Pics*, *Fishing*, *Spirit*, *AR Shot*, entre otros (SA., s.f.)

Por otro lado, el dispositivo *Kinect* de *Microsoft* también ha sido usado para desarrollar videojuegos haciendo uso de la visión por computadora. Un ejemplo es el videojuego *Rayman Rabbids* que sigue el cuerpo del jugador que interactúa con elementos virtuales.

La investigación en el campo de la realidad aumentada no está concluida y diversas tecnologías de hardware y software pueden ser incluidas para desarrollar videojuegos con sensaciones cada vez más realistas.

Diversos videojuegos de realidad aumentada han sido desarrollados en Android. Uno de ellos es el juego *Runners* cuyo objetivo es ir cazando fantasmas que aparecen en un espacio físico. Utiliza el GPS del móvil y google maps para mostrar la

ubicación del jugador. Otro juego es *SpecTrek Light* basado en geolocalización con la finalidad de llegar de un punto a otro del mapa sobreviviendo a zombies (SA, Soriando, González, y Gutiérrez).

El presente trabajo muestra un prototipo de un juego de disparos tipo gotcha combinando el entorno físico por medio del control de un arma con la placa Arduino, en un ambiente virtual para recargar las balas del arma con realidad aumentada. Además, se describen las herramientas, lenguajes y librerías utilizadas para el desarrollo del prototipo así como los resultados obtenidos.



METODOLOGÍA

La realidad aumentada tiene como objetivo complementar el mundo real con objetos sintéticos. De esta manera, el ambiente real enriquecido o guiado con objetos virtuales, puede resultar de mayor utilidad a los usuarios (Grubert y Grasset, 2013). Los sistemas AR basados en sensores y en la visión por computadora, utilizan la pantalla para ver a través de un video, contando también con la cámara y la pantalla del teléfono móvil o de una computadora (ver figura 1).

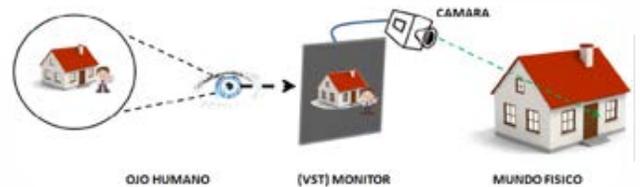


Figura 1. Visualización de la RA

En las aplicaciones dinámicas de realidad aumentada, está permitido utilizar los objetos que pueden ser por ejemplo, para mover algunos personajes virtuales, hablar con un agente virtual que aparece en el móvil o para organizar una reunión.

Existen distintas técnicas de interacción para sistemas con realidad aumentada basadas en marcadores, imágenes, movimiento corporal, geoposicionamiento, entre otras (Garrido y García, 2008).

En el primer tipo de RA, el usuario manipula un elemento real a través de un marcador (símbolos básicos impresos en papel) en los que se superpone algún tipo de información (imágenes, objetos 3D, etc.); los resultados del entorno real son vistos en el dispositivo de visualización. Para el segundo tipo, a diferencia del anterior, utiliza imágenes a color y más complejas que los marcadores. El tercer tipo consiste en la detección y seguimiento del movimiento del cuerpo o un objeto para interactuar con objetos virtuales en un mundo real. El cuarto tipo de interacción es el basado en geoposicionamiento que muestra información basada en la posición del usuario, utilizando GPS, acelerómetro, brújula o triangulación.



REALMORE
3D AUGMENTED REALITY SOLUTIONS

REALMORE
3D AUGMENTED REALITY SOLUTIONS

Para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada existen una serie de herramientas y librerías que permiten interactuar con esta tecnología. En la tabla 1 se muestra una lista de aplicaciones para incorporar realidad aumentada a escenarios sin necesidad de programación. En la tabla 2 se muestra una lista y su descripción de algunas librerías de realidad aumentada que pueden ser importadas en los lenguajes de programación que se mencionan.

El lenguaje utilizado para el diseño de la realidad aumentada es Processing utilizando la librería NyARToolkit. Processing es un entorno de programación basado en Java para la creación de ambientes 3D con fácil integración de librerías gráficas como OpenGL (Mullen, 2011).

TABLA 1
Software de Realidad Aumentada

APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
BuildAR	Funcionalidad básica para asociar modelos 3D a marcadores.
AR-media	Permite visualizar modelos 3D creados con Google Sketchup o Autodesk 3ds Max
Atomic Authoring Tool	Proporciona una herramienta open source

TABLA 2
Librerías de Realidad Aumentada

LIBRERÍA	DESCRIPCIÓN
NyARToolKit	Compatible con Android, Python, Java y Processing
Vuforia de Qualcomm	Trabaja con tecnología de visión por computadora. Soporte para iOS, Android y Unity
GART	Creada para la construcción de aplicaciones de RA para Windows Phone

Para la parte física de este proyecto se hace uso de la placa Arduino que es una plataforma de hardware libre basada en una placa con un microcontrolador, puertos de entrada/salida y un entorno de desarrollo (Massimo, 2009).

En esta sección se describe el trabajo realizado, contiene subsecciones, ecuaciones, tablas, gráficas etcétera.



DISEÑO DEL PROTOTIPO

El presente proyecto elabora un prototipo para un juego de disparos tipo gotcha que consiste en que cada jugador tenga un chaleco con sensores de fotorresistencia. El oponente puede disparar un láser que impacta la fotorresistencia por N milisegundos. En caso de haber disparado se van quitando “puntos de vida”. Para regenerar la vida, existen “tags de salud” en el escenario que se podrán “capturar” escaneándolos con el PC. Cada tag proporciona un determinado nivel de salud de acuerdo a la siguiente lista:

- Baja- Una barra de vida
- Media- Tres barras de vida
- Alta- 100 % de vida

Existen dos tipos de armas:

Pistola - Emite un rayo de N milisegundos. Entre cada disparo hay una intermitencia de $N*5$ milisegundos.

Metralleta - Emite un rayo de $4N$ milisegundos con una intermitencia de $N/2$ milisegundos. La metralleta lanza un láser que emite un rayo continuo durante $20 N$ milisegundos (después de esto, se transforma en pistola).

Para la elaboración del prototipo de realidad aumentada de este proyecto se necesitan los siguientes componentes de software y de hardware:

- Monitor y cámara.
- Lenguaje processing y librería NyARToolkit.
- Marcadores: 3 niveles distintos de salud.
- Arduino: 2 chalecos con sensores de fotorresistencia, 4 leds, 1 potenciómetro, 1 módulo bluetooth, 2 metralletas con láser y 2 pistolas.



MONITOR Y CÁMARA

La aplicación ha sido desarrollada únicamente para correr en una PC. Para esto se ha utilizado como dispositivo de visualización la pantalla de una laptop.

En segundo lugar se necesita una cámara, para lo cual se utiliza la cámara integrada de la laptop.

PROCESSING Y NYARTOOLKIT

El siguiente paso consiste en implementar la realidad aumentada en el lenguaje de programación Processing. El código para configurar el escenario de la RA se muestra en el fragmento de código 1. Como se puede observar, se deben importar las librerías necesarias para utilizar los comandos de realidad aumentada, de video y el serial para la comunicación con un módulo *bluetooth* para comunicar al Arduino. Además en el programa se establecen los distintos patrones que activa la RA.

```
import processing.video.*;
import jp.nyatra.nyatra4psg.*;
import processing.serial.*;
Capture cam;
MultiMarker nya;
Serial s;
int puerto=4;
void setup() {
  size(640,480,P3D);
  colorMode(RGB, 100);
  println(MultiMarker.VERSION);
  cam=new Capture(this,640,480);
  nya=new
  MultiMarker(this,width,height,"camera_para.
  dat",NyAR4PsgConfig.CONFIG_PSG);
  nya.addARMarker(loadImage("vida.png"),16,25,80);
  println(Serial.list());
  println(Serial.list()[puerto]);
  s=new Serial(this, Serial.list()[puerto], 9600);
  println("Abriendo puerto");
}
```

Fragmento de código 1. Configuración de escenario de RA

El fragmento de código 2 muestra el código para ejecutar la aplicación. Como se puede observar, la cámara escanea el mundo real y en tiempo de ejecución revisa la existencia de algún marcador. En caso de haber alguno, se envía un valor numérico para que posteriormente sea leído por la tarjeta Arduino mediante comunicación serial.

```

void draw()
{
  if (cam.available() !=true) { return; }
  cam.read();
  nya.detect(cam);
  background(0);
  nya.drawBackground(cam);
  if((nya.isExistMarker(0))){
    nya.beginTransform(0);
    box(40);
    nya.endTransform();
    s.write(0x35);
    println("5");
  }
  if((nya.isExistMarker(1))){
    s.write(0x36);
    println("6");
  }
}

```

Fragmento de código 2. Ejecución de la RA al activar un marcador

MARCADORES

El siguiente paso consiste en la elaboración de los marcadores físicos en papel para representar los distintos niveles de vida que puede ganar al leer dicho patrón por RA (ver figura 2). Estos marcadores deben tener colores blanco y negro ya que son colores muy contrastantes para lograr una buena precisión al momento de que la cámara lea el mundo real.



Figura 2. Marcadores para niveles de salud

ARDUINO

El último paso consiste en el montaje de los componentes a la placa Arduino (ver figura 3).

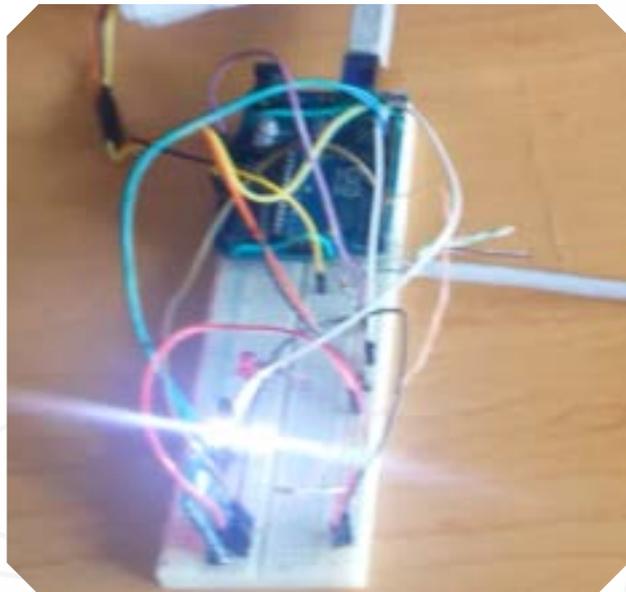


Figura 3. Montaje de la placa Arduino

Después del montaje se procede a programar la tarjeta en el entorno de desarrollo de Arduino (IDE). El fragmento de código 3 muestra la programación de la tarjeta para controlar el envío de datos por *bluetooth*, la lectura del sensor fotorresistor y las salidas de los leds donde se visualizan las vidas del jugador. Cabe mencionar que este programa se comunica con *Processing* para que el sensor lea valores que se vincularán con la capacidad de realidad aumentada.

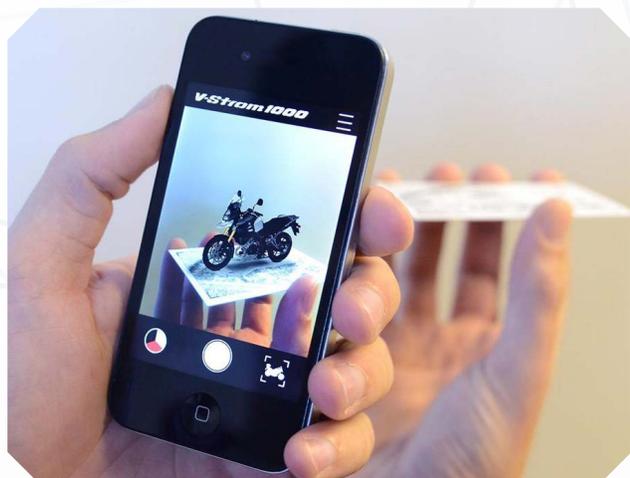


Foto recuperada de www.techmind.mx

```

//Enviar datos con modulo Bluetooth para Arduino
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial blue(2, 3);
int retardo = 10;
int disparo = 0;
int arma = 0;
int botiquin = 0;

int sensorPinA0 = A0; // seleccionar el pin del potenciómetro
int ledPin12 = 12; // selecciona el pin del led
int sensorValue = 0; // almacena el valor del sensor

const int laserPin13 = 13;
int ledState = LOW;
const int ciclosUnaVida=10;
int contadorCiclosVida=0;
int vida = 4;
int blik =0;

//int pot=0;
char txt;
void setup(){
  blue.begin(9600);
  blue.println("Conectado");
  pinMode(laserPin13, OUTPUT);
  pinMode(ledPin12, OUTPUT);
}

```

Fragmento de código 3. Programación de placa Arduino

Al probar el prototipo, el láser es montado en una pistola de papel. Dicha luz láser al momento de rebotar en chaleco y de regresar a la tarjeta Arduino, es sensada por el fotorresistor y en ese momento se restan vidas al jugador (ver figura 4)



Figura 4. Disparo de láser y rebote de luz

Los leds que inicialmente estaban encendidos como en la figura 3, se van apagando por la disminución de vidas. Una vez apagados todos los leds, el jugador ya no podrá seguir disparando y deberá recargar su arma buscando y escaneando los tags de salud en el mundo físico.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los componentes electrónicos y de software seleccionados fueron adecuados y suficientes para mostrar un buen desempeño del juego. En conclusión, el proyecto alcanzó los objetivos iniciales para los que fue elaborado y se integró adecuadamente la realidad física con la realidad virtual. No obstante, como trabajo a futuro, se propone hacer un prototipo más completo y estético que funcione en plataformas móviles. También se propone hacer otro tipo de realidad aumentada tal como detección de la geolocalización del jugador.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad del Valle de Puebla y a la maestría en Administración de Tecnologías de la Información por dar la cobertura para desarrollar este tipo de proyectos.

REFERENCIAS

- Garrido, R., & García, A. (2008). *Técnicas de interacción*. JOREVIR.
- Grubert, J., & Grasset, R. (2013). *Augmented Reality for Android Application Development*. Birmingham, UK: Pack publishing Open Source.
- Lee, J. (Enero de 2013). *Spectrum*. Obtenido de IEEE: www.spectrum.ieee.org
- Massimo, B. (2009). *Primeros pasos con Arduino*. O'Reilly Media.
- Mullen, T. (2011). *Prototyping Augmented Reality*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Prendes, C. (2015). Realidad Aumentada y Educación: Análisis de Experiencias Prácticas. *Píxel-Bit. Revista de medios y educación*, 187-203.
- SA. (s.f.). Obtenido de <http://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/rocket-racing-league-videojuego-hechorealidad.html>.
- SA, .. (s.f.). <https://www.nintendo.es/Familia-Nintendo-3DS/Software-instantaneo/Juegos-RA-la-realidad-aumentada/Juegos-RA-la-realidad-aumentada-115169.html>.
- SA, Soriando, A., González, J., & Gutiérrez, F. (s.f.). <http://www.realidadaumentada-fundaciontelefonica.com/realidad-aumentada.pdf>.



MOTORES SIN ESCOBILLAS Y TARJETAS ELECTRÓNICAS DE CONTROL DE VELOCIDAD

José Rodrigo Cuautle Parodi

Los motores eléctricos de corriente directa tradicionales tienen un sistema de conmutación que incluye escobillas y un colector de delgas o un par de anillos que trabajan por rozamiento, lo que disminuye el rendimiento, ocasiona desgaste y produce calor y ruido.

Los motores sin escobillas, también conocidos como motores conmutados electrónicamente o motores brushless, son motores electrónicos alimentados por corriente directa y con un sistema de conmutación electrónico en lugar de emplear uno mecánico (ver figura 1).



Figura. 1. Motor sin escobillas, adecuado para aplicaciones de radiocontrol

Esta diferencia va más allá de la sustitución de componentes electrónicos por mecánicos, ya que muchos parámetros como la sincronización, la formación de ondas y el nivel de control, son fácilmente manipulados con circuitos electrónicos; “la confección a medida” de características de motores se hace realidad. Muchos de los conflictos que por mucho tiempo aquejaron la selección de las características de un motor han perdido relevancia, aún más, los antiguos problemas de arranque, reversa, chispeo y comunicación, ya no se imponen en este tipo de motores.

Gran parte del ímpetu para el desarrollo de los motores sin escobillas viene de los periféricos de las computadoras y de la industria aeroespacial, donde se requiere un alto desempeño, confiabilidad y bajo mantenimiento.

Actualmente, los motores sin escobillas se fabrican en diversos tamaños y potencias, algunas versiones pequeñas son hechas frecuentemente con la electrónica de control integrada en un terminal del motor de modo que pueden constituir un reemplazo de motores dc convencionales.

En general, las características sobresalientes de los motores sin escobillas son:

- Velocidades mucho mayores que con los motores dc con escobillas, una comparación típica de 75000/6500 r.p.m.
- La inercia del rotor es más pequeña que en una armadura convencional, lo que significa que puede acelerar o frenar más rápidamente.
- Un alto torque y alta velocidad pueden ser producidos simultáneamente, y por lo tanto, una alta potencia de salida puede obtenerse de un motor relativamente pequeño y ligero.
- La emisión de ondas asociada con el chisporroteo de la conmutación mecánica es inexistente.
- Los motores sin escobillas son seguros en ambientes explosivos, por lo que muchas veces no será necesaria la construcción de compartimentos especiales.
- Las tareas de mantenimiento se reducen significativamente ya que no existen las escobillas y el conmutador.
- Los problemas térmicos se reducen debido a que el estator es el elemento embobinado y presenta una mejor disipación de calor.
- La construcción mecánica y eléctrica de un motor sin escobillas es más simple que la de uno con escobillas.



En contraparte, la desventaja del empleo de estos motores es la necesidad del módulo electrónico de control, sin embargo, cada vez son más accesibles en el mercado.

La figura 2 muestra una tarjeta electrónica para controlar la velocidad de un motor sin escobillas. La figura 3 muestra un diagrama típico de conexión.

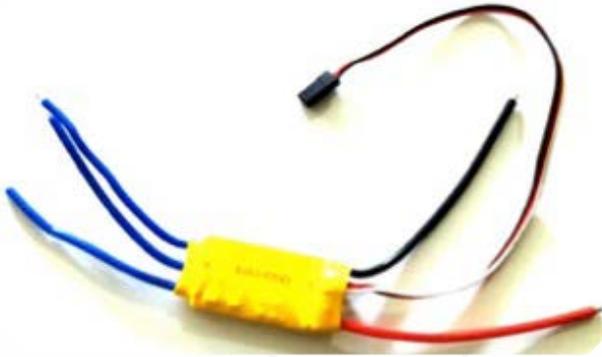


Figura 2. Tarjeta electrónica de control de velocidad (ESC por sus siglas en inglés)

Las tarjetas electrónicas de control de velocidad poseen diferentes modos de operación que se pueden configurar por medio de una interfaz de tonos emitidos por el motor bajo del control de la misma. La señal de entrada para la tarjeta de control corresponde a la de un servomotor, es decir, es un pulso con ancho de 1 a 2 ms.

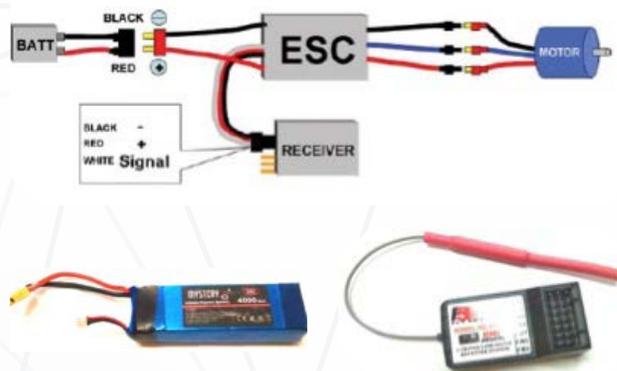


Figura 3. Diagrama típico para el control de un motor sin escobillas por radio control [1], batería de polímero de litio y receptor de siete canales

Frecuentemente se tienen tres modos de operación:

- Normal.
- Establecimiento del rango de operación.
- Configuración de parámetros.





El primero se emplea cuando se está controlando al motor en operación. El segundo es para establecer los anchos de pulso correspondientes a los valores máximos y mínimos provenientes del generador de la señal de control. El último es para establecer diversas formas de controlar al motor, como por el ejemplo la forma de frenar.

Actualmente en la Universidad del Valle de Puebla, se están empleando este tipo de motores para la implementación de un cuadricóptero (figura 4). Estos sistemas se pueden emplear en una gran variedad de proyectos educativos para ingeniería.



Figura 4. Cuadricóptero montado en una base para pruebas de estabilización de vuelo

REFERENCIAS

HobbyKing. (2015, Jan.) *HobbyKing*. [Online]. <http://www.hobbyking.com/>

Hughes A. *Electric Motors and Drives Fundamentals, Types and Applications, Third Edition* ed. Great Britain: Elsevier, 2006.

Gottlieb I. *Practical Electric Motor Handbook*. Burlington MA: Newnes, 2003.

Maxon Motor. (2015, Jan.) *Maxon Motor*. [Online]. <http://www.maxonmotor.es/>

Deal Extreme. (2015, Jan.) *DXDeal Extreme*. [Online]. <http://www.dx.com/es/>

FlySky. (2015, Jan.) *FlySky*. [Online]. <http://www.flysky-cn.com/>



BANDA TRANSPORTADORA PARA ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Andrea Karen Stefanoni Hernández | Orlando Cano Melgarejo | Estephania Vázquez Valderrábano
Sandra Paola Vargas Pedrón | Itzel Acevedo Ramírez | Cathya Rojas Juárez

RE SU MEN

La banda transportadora es el sistema de transporte más utilizado en la industria y sirve para trasladar objetos de forma continua, se activa a base de dos rodillos de PVC que son movidos por un motor reductor que a su vez manipulan constantemente la cinta. La banda transportadora se utilizará con la herramienta del takt time, que sirve para la mejora de procesos.

El mejor ejemplo para emplearla es al momento de diseñar un puesto de trabajo donde se debe hacer coincidir lo más que se pueda el tiempo ciclo con el tiempo tacto para obtener un proceso de mayor calidad y eficiencia en todos los aspectos.

Palabras clave- ensamblar, girar, mover, producción, transportar.

La banda transportadora es uno de los sistemas de transporte más utilizados en el siglo XXI, pero en realidad se dio a conocer a finales de los años cincuenta y a principios de los sesenta, debido a la Curtiduría Lorenzo Chiorino, que desde 1906 empezó su investigación en el curtido de cuero y esto permitió el desarrollo de artículos de diferentes sectores; es así como después de un tiempo, se da a conocer la banda transportadora que en los años setenta se convertiría en un componente fundamental para el movimiento de productos en todos los sectores industriales, ya que el producto puede ser desplazado a una gran distancia sin que éste sufra algún daño. Pronto se consolidarían en todo el mundo por su calidad y fiabilidad.

En la industria, las bandas transportadoras son utilizadas para realizar eficientemente el trabajo de almacenamiento, mano de obra, de selección y forma de distribuir los materiales, también es considerada como un sistema que minimiza el trabajo y que deja que los productos sean movidos de una forma rápida, permitiendo a la empresa embarcar o recibir volúmenes más altos con espacios de almacenamientos pequeños.

Existen diferentes tipos de bandas:

- **Bandas transportadoras de goma.** Este tipo de bandas sirven para agilizar el transporte. En éstas se emplean perfiles transversales y bordes de contención. Adquieren su disposición a las características del producto y transportador.
- **Banda lisa.** Para transporte horizontal o de poca inclinación.
- **Banda nervada.** Para instalaciones de elevado ángulo de transporte.
- **Banda rugosa.** Alto coeficiente de rozamiento para transporte horizontal y/o inclinado de productos manufacturados generalmente (García, s.f.).
- **Bandas transportadoras de PVC.** Éstas se utilizan principalmente para transportar cerámica y otros productos.
- **Bandas transportadoras modulares.** Son fabricadas principalmente de materiales como polietileno, polipropileno.
- **Bandas de malla metálica o teflón.** Hechas de metales y aleaciones. Es en los procesos donde más se utiliza como por ejemplo, en los hornos, sintetizado, entre otras cosas.

INTRODUCCIÓN

Aunque la utilidad principal de la banda transportadora sea conducir un ensamble o piezas de una estación a otra sin que el producto o ensamble sufra algún daño, al mismo tiempo ayuda a optimizar la productividad y disminuir la mano de obra que no es necesaria en el proceso, permite una distribución a menor y gran escala de una manera más eficaz y a la vez reduce los tiempos de espera y almacenaje.

Este proyecto tendrá beneficios eficientes tanto en la producción como en el ahorro de mano de obra y a la vez los trabajadores tendrán una mayor facilidad en el área de producción aplicando el proceso de transporte motorizado.

DESARROLLO

La banda transportadora (figura 1) está constituida por un motor que será programado con Arduino, éste también ayudará a detener la producción en un determinado tiempo (de acuerdo al Takt Time calculado) e implementar instrucciones basadas en un sensor, es decir, dependiendo el color en el que se encuentre el led, será la regla que deberá seguir el transporte de la banda que se asemejará a un semáforo. La banda será alimentada por una pila de 5V que le dará la energía necesaria al motor (figura 2).



Figura 1. Banda transportadora



Figura 2. Base de aluminio con la banda transportadora

Para la elaboración de esta banda se realizó un diseño a escala en el programa de sketchup; el siguiente dibujo muestra el diseño y el proceso con el que contará de una forma más desarrollada.

Observemos las figuras 3, 4 y 5 que están a continuación:

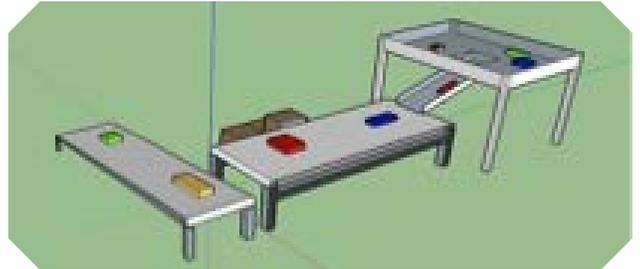


Figura 3. Diseño en sketchup, vista en eje X

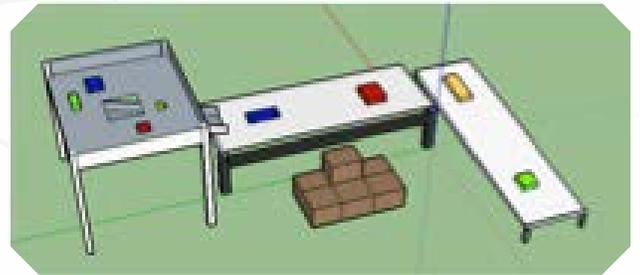


Figura 4. Diseño en sketchup, vista en eje Y

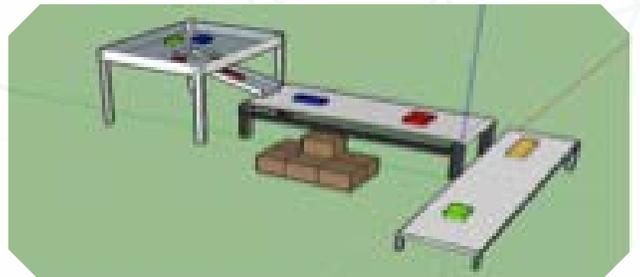


Figura 5. Diseño en sketchup, vista en el eje Z



El uso específico de dicha banda es el trabajo a través de una velocidad especificada. En la tabla 1 se marcan los tiempos totales de cada operario, el tiempo ciclo y las piezas elaboradas por hora; en la tabla 2 se muestra el tiempo de cada operario (suma de suplementos).

TABLA 1
Tiempos

Tiempo total operador [s]	38.5 seg
Tiempo total ciclo [s]	38.5 seg
Piezas por hora	3600/38.5 = 93.5064

TABLA 2
Tiempos de cada operario

Suma de suplementos:	Suplementos	TS = 38.5 x (1 + Suplementos)	TS = De acuerdo a cada operario
OPERARIO 1	0.17	45.045	12.1x(1+0.17) = 14.157seg
OPERARIO 2	0.15	44.275	13.5x(1+0.15) = 15.525seg
OPERARIO 3	0.08	41.58	12.9x(1+0.08) =13.932 seg

TABLA 3
Toma de tiempos del segundo (Moori Vivar) análisis

MUESTRAS	OPERARIO 1	OPERARIO 2	OPERARIO 3
1,2,3	5.41	10	9
4,5,6	8.94	8.95	6
7,8,9	9.08	10.96	8
10,11,12	7.23	6.15	9
13,14,15	9.86	0.27	9
16,17,18	5.4	5.30	11
19 Y 20		6.05	6.3
TOTAL POR OPERARIO	45.92	57.68	58.3



1 Analizar suplementos

TS = TN X (1 + SUPLEMENTOS)

HABILIDAD: + 0.06

ESFUERZO: + 0.10

CONDICIONES: + 0.02

CONSISTENCIA: + 0.03

SUMA TOTAL DE SUPLEMENTOS: 0.21

1 TIEMPO ESTÁNDAR

TIEMPO ESTÁNDAR = 8.095 X (1+0.21) = 9seg

Cálculo de la desviación estándar

$$= \sqrt{\frac{(5.41-9.7)^2+(8.94-9.7)^2+(9.08-9.7)^2+(7.23-9.7)^2+(9.86-9.7)^2+(5.4-9.7)^2+(10-9.7)^2+(8.95-9.7)^2+(10.96-9.7)^2+(6.15-9.7)^2+(0.27-9.7)^2+(5.30+9.7)^2+(6.05+9.7)^2+(9-9.7)^2+(6-9.7)^2+(8-9.7)^2+(9-9.7)^2+(9-9.7)^2+(11-9.7)^2+(6.3-9.7)^2}{20}}$$

20

$$\sqrt{\frac{(18.40+0.57+0.38+0.10+0.02+18.49+0.09+0.56+1.58+12.96+0.32+19.36+13.3+0.}{20}}$$

20

$$R = \frac{\sqrt{171.94}}{20} = 2.92745$$

El diagrama de flujo que se muestra a continuación, describe el proceso que lleva a cabo el proyecto.

CONCLUSIONES

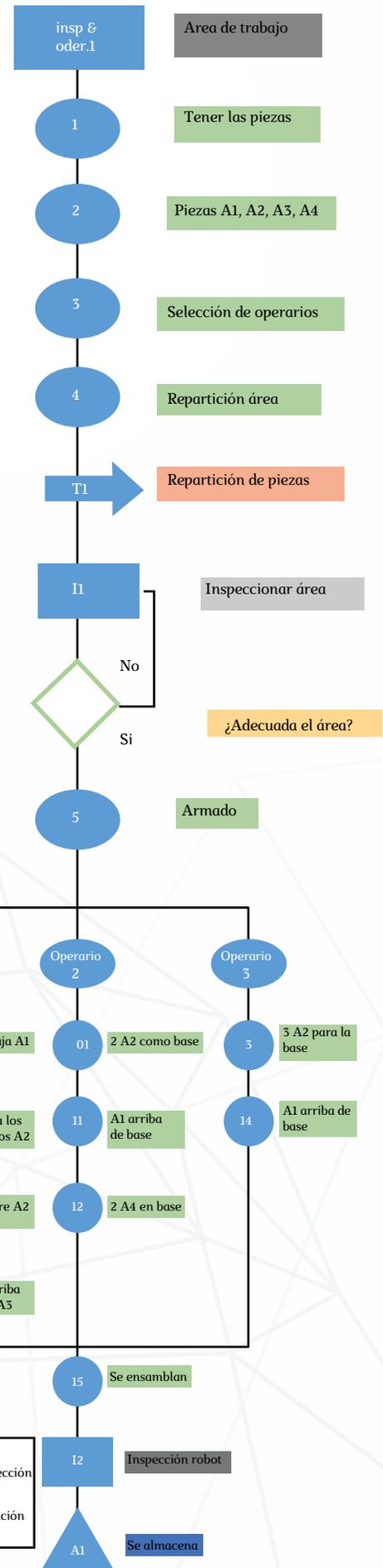
En este proyecto se realizó una banda transportadora controlada a través de una placa Arduino. La función de esta banda transportadora es que el armado de una pieza de lego llegue a un operario en un determinado tiempo y éste la armará. Este proceso evitará tener retardos en la producción de la pieza. Para poder realizar esta acción primero se tomó el tiempo de cada operario utilizando un cronómetro con lectura decimal y así poder calcular el tiempo que se tarda en realizar una tarea, es comúnmente usado cuando:

- Existen ciclos de trabajo repetitivos de corta o larga duración.
- Se desempeña una gran variedad de trabajo desigual.
- Los elementos del proceso de control son parte del ciclo de trabajo.

Los pasos importantes para tener un buen armado eficaz y consistente fueron:

1. Estudiar la meta a conseguir.
2. Recopilar los tiempos.
3. Análisis de datos.
4. Reportar los resultados.

La recopilación de tiempos se puede realizar de varias formas, dependiendo de la meta del estudio y las condiciones ambientales.



REFERENCIAS

Moori Vivar, G. J. (s.f.). *Medición del trabajo*. Obtenido de Tiempo normal, tiempo estándar: <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esc=s&frm=1&source=web&cd=10&ved=0CEY-QFjAJ&url=http%3A%2F%2Fucvvirtual.edu.pe%2Fcampus%2FHDDVirtual%2F700439803%2FSemana%252007%2F7000503345%2FPresentaci%25C3%25B3n%2520E.T%2520Sesi%25C3%25B3n%252007.pdf&ei=PMtfV>

Salazar López, B. (2012). *Cálculo del tiempo estándar o tiempo tipo*. (E-Resources, Training and Technology) Obtenido de Estudio de Tiempos (ingenieriaindustrialonline): <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%3%A1culo-del-tiempo-est%3%A1ndar-o-tipo/>



SISTEMA DE CULTIVO LUCRATIVO EN PRO DEL MEDIO AMBIENTE APLICADO A UN INVERNADERO

José Alberto Jiménez García | Arturo Herrera Irra

RESUMEN

En el presente trabajo se ha implementado un prototipo de sistema de riego autónomo para cultivos agrícolas integrando un microcontrolador de hardware libre y conocimientos de la Ingeniería Mecatrónica para el proceso de automatización. Este proyecto beneficia al campo mexicano en diversos aspectos por la reducción de costos, esfuerzo físico y control de la humedad, consiguiendo un aumento en la calidad de la cosecha. Tiene como fin su activación en el campo agrícola, beneficiando a personas directa e indirectamente.

INTRODUCCIÓN

Según un estudio realizado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el 80% de campesinos nacionales producen sin tecnología automatizada, de esta porción, el 40% son de escasos recursos, producen sólo para autoconsumo; el resto se consideran productores en transición, es decir,

producen para autoconsumo y comienzan a comercializar; el 20% restante son productores industriales, sólo producen para comercializar.

A partir del Tratado de Libre Comercio, es más barato consumir productos agrícolas provenientes de E.U. y Canadá, que consumir los producidos en México, desalentando a los productores a seguir produciendo y comercializando.



Por esta razón, los productores adultos y jóvenes deciden emigrar hacia otro país (E.U.) y a otras ciudades, lo cual genera desintegración familiar, social y pérdida de conocimiento agrícola adquirido por tradición a lo largo de los siglos.

Existe una gran necesidad de apoyar la transferencia de tecnología al campo para mejorar la producción, lo cual reeditarán en el mejoramiento de la calidad de vida de los productores y por lo tanto en la integración familiar así como en el desarrollo económico del país. Para comenzar con este proyecto se necesita saber qué es un invernadero y sus características.

En la revista *Hortofloricultura Italiana*, Gorini define al Invernadero como una construcción de madera, hierro u otro material, cubierta por cristales, provista por calefacción que a veces está iluminada artificialmente y en donde se pueden cultivar las hortalizas tempranas, flores y plantas, en épocas en las que la temperatura y la luz del lugar en donde se están cultivando, sería insuficiente para su crecimiento y fructificación.

ESTADO DEL ARTE

En esta sección se describirán brevemente los principales componentes utilizados en este proyecto.

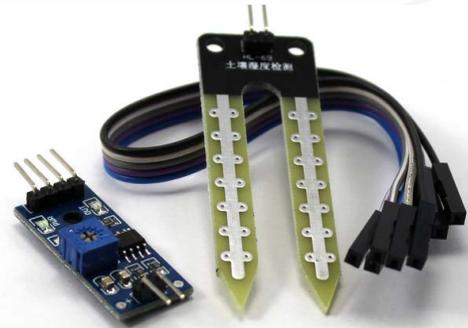
Arduino

Arduino es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto basado en flexibilidad, hardware y software fácil de usar. Está dirigido a artistas, diseñadores, aficionados y cualquier persona interesada en la creación de objetos o entornos interactivos.

Sensor YL-69

El YL-69 es un sensor de bajo costo y gran beneficio para la medición de la humedad. Por medio de este sensor se obtuvo porcentaje de humedad y punto de rocío entre otros.

Imagen 2
Sensor YL-69



Fuente: D-Robotics, 2010

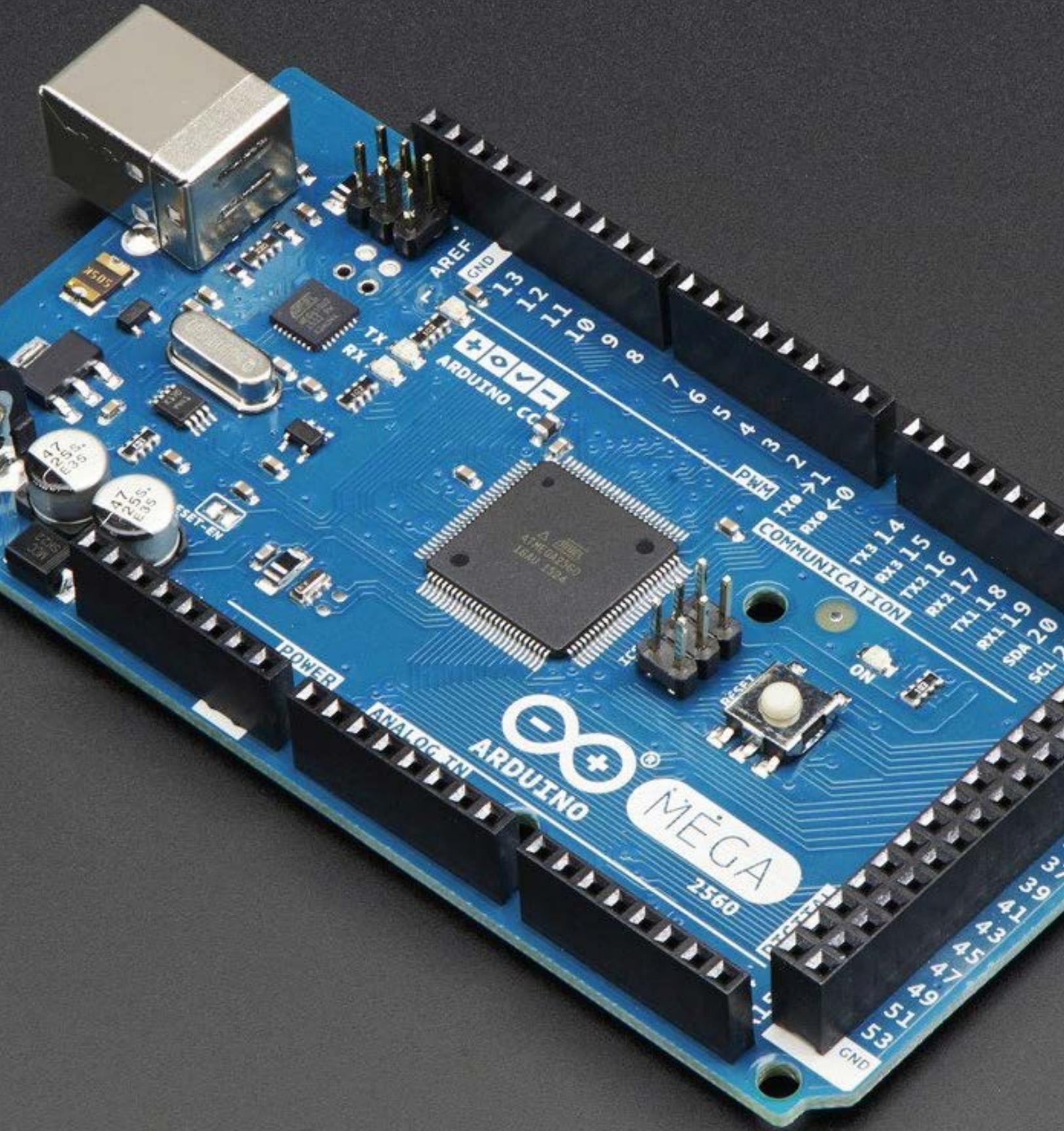
Electro válvula con regadera

Es una válvula electromecánica que cuenta con una bobina senoidal que debe ser energizada para poder controlar el flujo de agua.

Imagen 3
Electroválvula con Regadera



Fuente: Edmundo González García (2014)



Base de datos

Una base de datos es una herramienta para recopilar y organizar información. Además, se puede almacenar información sobre personas, productos, pedidos, o cualquier otra cosa.

Lámpara LED Ultravioleta

Las plantas y los humanos usan la luz de diferentes maneras. Esta obviedad no es tan simple como parece. La verdad más básica es que los humanos usamos la luz para ver y las plantas para crecer. Para nosotros, el sol es una luz brillante y cálida que nos permite ver, mientras las plantas usan diferentes espectros de los rayos solares para crecer; a este proceso se le llama fotosíntesis.

Duplicando la longitud de las ondas de luz en el interior, es posible hacer crecer las plantas con poca o ninguna exposición al sol. Si bien es verdad que se pueden cultivar plantas usando cualquier fuente de luz (incandescente, lámparas de haluro metálico [HID], fluorescente y LED), las LED son más eficientes porque pueden ser diseñadas para emitir una específica longitud de onda usando una fracción de la energía necesaria para hacer funcionar las otras opciones de iluminación. Además, las lámparas LED duran más, haciendo la inversión más rentable.

Imagen 4

Lámpara LED ultravioleta por dentro del prototipo de invernadero



Fuente: Arturo Herrera Irra (2014)

Medición de pH

Mide qué tan ácida o básica es una sustancia. Varía de 0 a 14. Un pH de 7 es neutro. Si el pH es inferior a 7, es ácido, y si es superior a 7, es básico. Cada valor entero de pH por debajo de 7 es diez veces más ácido que el valor siguiente más alto. La ecuación 1 es la utilizada para obtener el nivel de pH mediante los datos obtenidos por el sensor YL-69.

$$\square \square \square \log \square \square \square \square \square \square \quad (1)$$

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿De qué manera se puede implementar la ingeniería para el apoyo de las necesidades de los cultivos agrícolas?

JUSTIFICACIÓN

Integración del sistema. Automatizando parte del proceso agrícola se resuelve la necesidad. Es importante realizar este proyecto para demostrar que la Ing. Mecatrónica no sólo se desempeña en ámbitos industriales, sino que también aporta ideas y tecnificación para la agricultura a precios accesibles para los productores. Con esto se podrá impulsar la tecnología e innovación en procesos de agricultura, posicionando en un mejor lugar a nivel tecnológico agrícola al país, ya que hoy en día los agricultores siguen produciendo de forma tradicional (manual) lo que implica mayor trabajo y esfuerzo para ellos.



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se desarrolla con el fin de facilitar el trabajo en el campo y obtener mejores resultados ya que se automatizarán invernaderos y sectores del campo. Se pretende llevar la tecnología aplicada al campo y automatizar el riego del invernadero de manera general.

Este proceso funcionará con una tarjeta controladora Arduino, la tarjeta está conectada a un sensor de humedad (YL-69) el cual toma los datos del cultivo y los envía a una base de datos creada en MySQL enlazada

Objeto

Se debe estudiar a fondo la planta que se cultivará en el invernadero para poder poner las características específicas y que el nuevo sistema funcione correctamente.

La Hydrangea es un arbusto de hasta 1.5m de altura, ya sea que se cultive en el suelo o en un contenedor. Sus hojas son de hasta 20cm de longitud. En jardinería destacan por su inflorescencia, formadas por capítulos con flores blancas muy pequeñas rodeadas de brácteas blancas, fucsias, rosadas o azules que son las que proporcionan el color de la inflorescencia, su color depende del grado de acidez del suelo, en suelos muy ácidos son azules, en suelos alcalinos serán de colores rojizos.

Florecen de la primavera al verano, teniendo un periodo de floración muy prolongado ya que pueden mantenerse hasta mes y medio siempre que la temperatura no supere los 25°C o no baje de los 10°C. La temperatura ideal para tener su máxima duración se encuentra entre los 15 y 20°C.

Se puede cambiar el pH del suelo agregándole productos, por ejemplo, si se agrega cal, se reduce la acidez produciendo flores rosas, y si se añade sulfato de aluminio o turba, se obtienen flores azules; se debe aclarar que estos productos se agregan al agua de riego antes de su periodo de floración.

Su clima ideal es con temperaturas suaves y abundante humedad, donde no haya tanto sol. Deben cultivarse a semi-sombra. Las principales plagas son los ácaros y los pulgones que se generan con el aumento de temperatura.

a un sistema desarrollado con la plataforma NetBeans y al Arduino, que a su vez va al sistema de riego. El sistema evalúa si la planta necesita riego o está estable, además, en qué tiempo se debe regar dentro del invernadero, dependiendo del tipo de plantación y el requerimiento de humedad de las mismas, esto se logra gracias a un sistema inteligente y totalmente automatizado de riego para aplicaciones domésticas o agrícolas en México, ayudando a tener una mejor calidad de plantaciones y cosechas.



Imagen 5
Color de la Hydrangea según el PH del suelo



Fuente: Viveros del Sueve, 1998

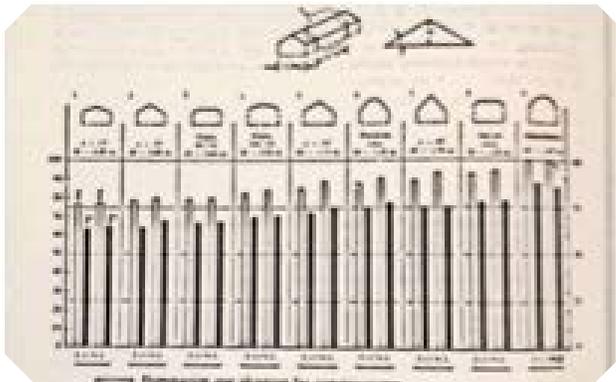
Durante la floración de abril a junio pueden mantenerse en interiores en un lugar iluminado junto a la ventana, porque si no tienen luz sus hojas se debilitan y se ponen amarillentas (clorosis), pasando esta temporada, se llevan al exterior para que vuelvan a florecer. No es necesario que la humedad ambiental sea muy elevada, con que tengan un 50% de humedad será suficiente para su desarrollo, evitando que se encharque, porque se pudrirá o desarrollará hongos y tampoco deberá resecarse. Con regar por la mañana la planta será suficiente para mantener la humedad en el día.

Diseño

Para el diseño del invernadero se tomó en cuenta la siguiente imagen (imagen 6), donde se muestran los diseños de acuerdo a las necesidades de la planta, en este caso se requiere una cantidad de sombra, por lo que utilizamos una tapa semicircular.

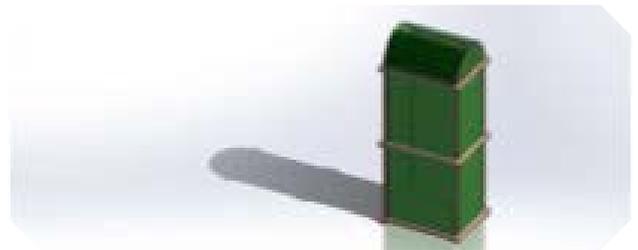
Se realizó un modelo con ayuda del software Solid Works, para observar claramente los resultados a obtener.

Imagen 6
Formas de cubierta para invernaderos



Fuente: Edmundo González García (2014)

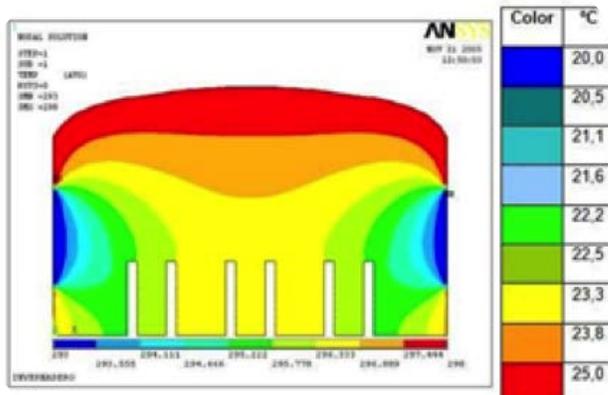
Imagen 8
Diseño del Prototipo en Solid Works



Fuente: Imagen de Arturo Herrera Irra (2014)

En la siguiente imagen (imagen 7) se puede observar una aproximación de cómo actuará la luz solar en el invernadero.

Imagen 7
Simulación de temperaturas en el invernadero por la luz solar



Fuente: Universidad de los Andes Venezuela

OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es tecnificar el campo mexicano para lograr una mejor producción agrícola. Se pretende mejorar la tierra de manera considerable, ya que además de regar, el agua puede ser adicionada con los abonos y nutrientes necesarios para el cultivo del invernadero.

En este proyecto se realizará el prototipo de un invernadero de Hydrangeas, de las cuales se tendrá la información necesaria para adecuar el invernadero a sus necesidades. Otro objetivo es mostrar la mejora del producto con este tipo de sistema de toma de decisiones.

Se espera una buena aceptación de este proyecto por parte de los productores agrícolas, ya que se cuenta con las especificaciones del regado ideal de diferentes especies de cultivos, el cual podrán seleccionar mediante las ecuaciones de acuerdo a las características de cada planta. Los usuarios de este sistema podrán adquirir los valores censados de su invernadero, siempre y cuando se encuentren en la base de datos, además que el software desarrollado en NetBeans nos da la opción de exportar la base de datos a excel para una mejor manipulación de los usuarios. Además, se dará a conocer en las universidades que cuenten con carreras enfocadas al sector agrícola, para su implementación en el campo.

ACTIVIDADES

Se manufacturó el invernadero con las especificaciones ya estudiadas anteriormente, obteniendo los siguientes resultados:

Imagen 9

Fotografía del Prototipo de Invernadero en campo agrícola



Fuente: Edmundo González García (2014)

Ahora, la actividad principal es implementar todo lo antes mencionado en una planta específica para empezar a ver el correcto funcionamiento del sensor YL-69 con el microcontrolador durante un largo periodo de tiempo y verificar que la información esté llegando correcta a la base de datos.

1.- Recursos materiales

- Cultivo a tecnificar
- Tarjeta Arduino
- Computadora con: Arduino, NetBeans y MySQL
- Sensor YL-69
- Electroválvula para el rocío
- Lámpara de LED ultravioleta

2.- Recursos humanos

Personal con conocimientos en electrónica básica, programación, bases de datos y agricultura. También se requiere el apoyo económico para financiar el proyecto y el campo para la ejecución del mismo.

3.- Resultados esperados

Obtener la atención de instituciones dedicadas al cultivo agrícola para implementar el proyecto con óptimos resultados, disminuyendo el esfuerzo.



CONCLUSIONES

Esta investigación se eligió por la importancia que tienen los campos mexicanos, de donde se obtienen los alimentos que se consumen principalmente en el país y que constituyen la principal fuente alimenticia con la finalidad de hacer que los agricultores y horticultores realicen su trabajo con menor esfuerzo y mayor eficacia contribuyendo al sustento de las familias que viven de sus cultivos.

REFERENCIAS

Arduino. (2014). Obtenido de <http://www.arduino.cc/>

Baker, S. a. (1991). *Algorithms, Comparisons and Source References*. Obtenido de http://wahiduddin.net/calc/density_algorithms.htm

Bakken, J. (S.f.). *La eficiencia de las lámparas de LED para el crecimiento de las plantas*. Obtenido de: http://www.ehowenespanol.com/eficiencia-lamparas-led-crecimiento-plantas-info_330053/

D-Robotics. (30 de 7 de 2010). YL-69 *Humidity & Sensor*. Obtenido de <http://www.micro4you.com/files/sensor/DHT11.pdf> Environmental Protection Agency. (2012). Obtenido de ¿Qué es el pH?: <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html> Fórmulas de conversión de temperatura. (s.f.).

Miliarium. (2004). *Cálculo del Punto de Rocío*. Obtenido de: http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Arquitectur_a_Sostenible/Clima/Calculo_Punto_Rocio.asp

NetBeans. (2013). NetBeans IDE. Obtenido de: <https://netbeans.org/>

Office. (2014). *Conceptos básicos sobre bases de datos*. Obtenido de: <http://office.microsoft.com/es-mx/access-help/conceptos-basicos-sobre-bases-de-datos-HA010064450.aspx>

Viveros del Suevo. (1998). *Las hortensias, cuidados y mantenimiento*. Obtenido de: <http://tienda.delsuevo.com/Las-hortensias-cuidados-y-mantenimiento>





ALEKSANDR MIKHAILOVICH LYAPUNOV

Pablo Sánchez Sánchez

Aleksandr Mikhailovich Lyapunov (1857-1918), matemático, mecánico y físico ruso, nació el 06 de junio de 1857 en la ciudad de Yaroslavl en la Rusia Imperialista.

Realizó sus estudios en el departamento de fisicomatemáticas de la universidad de San Petersburgo siendo condiscípulo de Andrey Andreyevich Markov (1856-1922); el cual realizó aportaciones en la teoría de procesos estocásticos. Tomó clases de matemáticas con Pafnuty Lvovich Chebyshev (1821-1894); destacado matemático ruso que realizó contribuciones en álgebra, cálculo, probabilidad y estadística; y tuvo como compañeros a Aleksandr Nikolaevich Korkin (1837-1908) y Yegor Ivanovich Zolotarev (1847-1878), dos grandes matemáticos rusos que realizaron aportaciones en cálculo diferencial.

La universidad de San Petersburgo le otorgó a Lyapunov, en su cuarto año de estancia, la medalla del oro por su trabajo en hidrostática, graduándose en 1880; su trabajo en esta rama le sirvió como base

para sus primeras publicaciones científicas: *The equilibrium of solid bodies in vessels with arbitrary forms, filled with dense fluids* y *The potential of hydrostatic pressure*, en ambos trabajos utilizó nuevas aproximaciones y desarrolló rigurosas comprobaciones de teoremas incompletos de la hidrostática.

Lyapunov escribió sus primeros trabajos científicos independientes bajo la guía del profesor de mecánica D. K. Bobylev. Recibió el grado de maestro en matemática aplicada en 1884 con la tesis *The stability of elliptic forms in the equilibrium of turbulent fluid*. Este trabajo trató sobre la importante y difícil tarea de entender la forma de los cuerpos celestes.

Lyapunov ya había empezado a estudiar la estabilidad en sus dos años anteriores. En 1885 suplió como conferencista de la universidad de Kharkov en el área de mecánica con el profesor V. G. Imshenecky; quien había sido escogido como un miembro de la academia rusa de ciencias.

Durante esta etapa disertó sobre diversos temas tales como la mecánica, las matemáticas y la probabilidad, estas conferencias nunca fueron publicadas. Lyapunov dividió sus conferencias en seis áreas: la cinemática, la dinámica de un cuerpo puntual, la dinámica de un sistema formado por cuerpos puntuales, la teoría de fuerza de atracción, la teoría de la deformación de cuerpos sólidos y la hidrostática. Entre 1887 y 1893 expuso en el Instituto Tecnológico de Kharkov sobre la mecánica analítica. El 30 de septiembre de 1892 Lyapunov obtuvo el grado de doctor con la defensa de la tesis titulada *The general problem of the stability of motion*. En este trabajo de tesis se analizan generalidades de la estabilidad, sistemas de ecuaciones no lineales, se estudia el movimiento continuo, las perturbaciones del movimiento, el movimiento periódico y propone métodos de análisis de estabilidad; todo con una formalidad matemática impecable. Una tesis similar se había defendido diez años antes por el científico ruso Nikolai Yegorovich Zhukovsky (1847-1921), fundador del The Central Aerohydrodynamic Institute.

Luego del doctorado, Lyapunov se hizo profesor de tiempo completo en la Universidad de Kharkov y después de la muerte de Chebyshev en 1894, se volvió parte fundamental del departamento de matemáticas aplicadas en la universidad San Petersburg, donde se consagró completamente a la tutoría y al trabajo de investigación.

Sus principales preocupaciones eran: la estabilidad de los cuerpos en equilibrio, el movimiento de sistemas mecánicos, la estabilidad de líquidos turbulentos uniformes, y el comportamiento de las partículas bajo la influencia de la gravedad. Su trabajo en el área de las ecuaciones diferenciales, la teoría potencial, la estabilidad de los sistemas, y la teoría de la probabilidad, son hoy en día muy importantes.

Realizó investigaciones sobre las propiedades del potencial alrededor de las cargas y los dipolos continuamente distribuidos a lo largo de cualquier superficie, su disertación en este campo está relacionado íntimamente con el trabajo de Steklov. Otra de sus aportaciones fue el desarrollo de métodos de aproximación (1899) hoy nombrados como métodos de Lyapunov; técnicas que hacen posible definir la estabilidad de un conjunto de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Elaboró una teoría rigurosa para comprobar la estabilidad de un sistema y analizó el movimiento de un sistema mecánico con base a un número finito de parámetros. En probabilidad generalizó los trabajos de Chebyshev y Markov demostrando el teorema del límite central; método que en la actualidad es fundamental en la teoría de probabilidad.

Con sus investigaciones en mecánica de cuerpos celestes, él abrió una nueva página en la historia de ciencia global, y mostró la inexactitud en el conocimiento de varios científicos extranjeros. En 1908 participó en el cuarto congreso matemático que se realizó en Roma, siendo editor y formando parte en la publicación de los trabajos seleccionados de Euler.

A finales de junio de 1917, se trasladó con su esposa Natalia Rafailovna, que estaba gravemente enferma de tuberculosis pulmonar a la casa de su hermano Boris en Odessa, Rusia (ahora Ucrania). La inminente muerte de su esposa, su ceguera parcial provocada por sus largas noches de estudio, y las condiciones generalmente malas para la vida, contribuyeron a agravar su ansiedad. A pesar de su estado, Lyapunov entregó su última conferencia sobre la forma de cuerpos celestes cumpliendo con la invitación realizada por la sección de física y matemáticas de Odessa. El 31 de octubre su esposa murió y tres días después él se disparó.





REVISTA

Nº 3

NEXTIA

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS



UVP

UNIVERSIDAD
DEL VALLE DE PUEBLA