

Diseño y construcción de un jaguar *Animatronic*.

Design and construction of an *animatronic* jaguar.

Raúl Moreno Rincón* (1).

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México.
rmoreno@ittg.edu.mx.

Juan Luis Gómez Escandón (2). Estudiante del I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
jlescandon95@hotmail.com.

Álvaro Hernández Sol (3). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, ing_sol10@yahoo.com.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, jzepeda@ittg.edu.mx.

Osbaldo Ysaac García Ramos (5). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México, ogarcia@ittg.edu.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (6). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional de México,
aaguilarc@ittg.edu.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en junio 24, 2019; aceptado en julio 16, 2019.

Resumen

En este artículo se explica el diseño y la construcción de un animatronic, (específicamente un jaguar) que simula la representación exacta del animal, la metodología que se decidió utilizar es la obtención de una unidad básica de medida que calcula cada uno de los huesos básicos que forman la estructura anatómica del animatronic de forma proporcional entre ellos, lo que permitirá que con el simple hecho de cambiar el valor de esta medida se pueda escalar el animal representado, al tamaño deseado sin perder su proporcionalidad. Al mismo tiempo y en conjunto con el sistema de mecanismos y control, se puede realizar la simulación de los movimientos básicos naturales del animatronic previamente programados. El mecanismo diseñado para cumplir con los movimientos deseados se centra en el uso de pistones neumáticos y sus respectivas electroválvulas y sensores, mientras que el sistema de control se basa en un controlador lógico programable (PLC). La sofisticación del sistema de mecanismos y del programa del PLC depende del uso o servicio que vaya a cumplir el animatronic.

Palabras clave: animatrónicas, diseño asistido por computadora, PLC.

Abstract

This paper explains the design and construction of an animatronic, (specifically a jaguar) that simulates the exact representation of the animal, the decided methodology to use is to obtain a basic unit of measure that calculates each of the basic bones that form the anatomical structure of the animatronic proportionally between them, which will allow the represented animal to be scaled, simply by changing the value of this measure, to the desired size without losing its proportionality. At the same time and in conjunction with the mechanism and control system, simulation of the basic natural movements of the animatronic previously programmed can be performed. The mechanism designed to fulfill the desired movements focuses on the use of pneumatic pistons and their respective solenoid valves and sensors, while

the control system is based on a programmable logic controller (PLC). The sophistication of the mechanism system and the PLC program depends on the use or service that animatronic will fulfill.

Keywords: animatronics, computer-aided design, PLC.

1. Introducción.

Cuando se habla sobre Animatronic, se habla de la imitación de la vida animal, figuras animadas en tres dimensiones, ya sea un humano o un animal y, usualmente, del tamaño real. Cabe recalcar que estas figuras no son robots y generalmente no tienen total libertad ni recaban información de su alrededor. Los Animatronic's son controlados y alimentados externamente y no tienen otro propósito más que entretenernos (Wesner, 2014).

Los animatronics fueron muy utilizados durante una época en la industria del cine, éstos se utilizaban para recrear criaturas mitológicas, animales y hasta seres humanos por si la escena que se deseaba filmar era muy peligrosa. Algunos ejemplos de películas que utilizaron los animatronics para sus efectos visuales son: Terminator 2, Aliens: El Octavo Pasajero, Gremlins y King Kong, por mencionar a las más populares (Astudillo y López, 2012).

Aunque en la actualidad estos dispositivos ya no son muy utilizados en la industria del cine (debido a los efectos por CGI) pueden ser utilizados en los museos o en los zoológicos, donde buscan exponer criaturas mitológicas o animales para imitar sus movimientos y comportamiento para el conocimiento y entretenimiento del público (Hernández, 2012).

2. Metodología.

Para el diseño de un Animatronic se requiere el uso de técnicas que en su totalidad cree un mecanismo que emule vida. Por lo tanto, es necesaria una investigación previa del personaje animado que se pretende crear. El análisis debe contemplar los movimientos del personaje, la movilidad de los músculos y la anatomía.

Una vez examinado el personaje se procede a las fases técnicas de creación: elemento mecánico, eléctrico y de control.

- 1.- La mecánica se encarga de crear la estructura y articulaciones que permitan realizar los movimientos deseados.
- 2.- La electrónica dota de energía al Animatronic y define los elementos de entrada y el comportamiento de las salidas.
- 3.- El control otorga los comandos necesarios que se deben usar para poder realizar la simulación del personaje en la vida real.

Para la creación de un muñeco de estas características se han de tener en cuenta los puntos vitales que lo pueden humanizar. Estos elementos son: la boca, los labios, los ojos, el cuello, etc., en definitiva, el movimiento muscular. Los movimientos específicos se consiguen mediante motores eléctricos, cilindros neumáticos o hidráulicos y mecanismos controlados por cable. El tipo de elemento a utilizar se decide en función de los parámetros del personaje, los movimientos concretos que se requieren y las limitaciones del proyecto.

Investigación bibliográfica.

La longitud del jaguar es de 1.70 a 2.30 m., alcanzando una altura aproximada de 0.63 a 0.76 m. cuando está parado en 4 patas, con un peso de 45 a 130 Kg. y tiene una longevidad de 20 años. Por lo que se decidió realizar una representación de 0.80 m. de largo, basados en una escala de 1 a 3 aproximadamente, esto para facilitar el transporte del proyecto a los lugares en donde fuera requerido, ver figura 1.

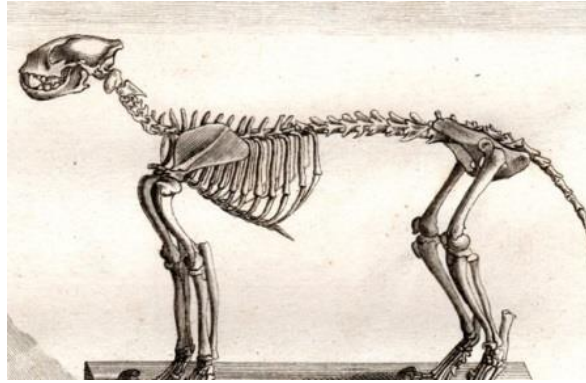


Figura 1. Fotografía del esqueleto real del jaguar.

Se diseñó una unidad de medida para representar las medidas de los huesos del esqueleto y cuidar las proporciones; Se tiene como referencia 54 unidades de largo correspondiente a 80 cm de largo del jaguar a diseñar.

$$\text{unidad de medida} = \frac{80 \text{ cm}}{54 \text{ unidades}} = 1.48 \text{ cm/unidades}$$

Por lo anterior, se determinó en cada uno de los huesos a construir la medida de estos en valores de la unidad de medida diseñada (umd), en donde su valor real estaría dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Medida en centímetros} = (\text{Numero de unidades}) \times (\text{unidad de medida})$$

Cabe recalcar que la finalidad fundamental de la umd, es la de establecerla en el diseño de cada uno de los huesos del jaguar en el software de solidwork, lo cual permitirá obtener la estructura del jaguar de diferente tamaño con solo cambiar el valor de la umd, es decir, para el jaguar a construir la umd es de 1.48 cm y para un jaguar de tamaño original sería de 1.48 cm x 3 igual a 4.44 cm, mientras que los huesos seguirían teniendo el mismo valor de umd. De donde se deduce, el jaguar original mediría en su totalidad 54 umd, pero esta sería de 4.44cm., lo que daría una longitud de 240 cm de largo, de acuerdo a la fórmula anterior y el jaguar a construir sería de 54 umd en su totalidad con un valor de 1.48 cm. y nos daría 80 cm de largo de acuerdo a la misma fórmula.

3. Desarrollo.

Procedimiento de construcción del exoesqueleto.

Se basó todo el diseño del exoesqueleto en aluminio de tipo cuadrado, puesto que es un material muy resistente, económico y ligero, características ideales para el proyecto.

Se diseñaron los 2 fémures y las 2 tibias del animatronic para formar las extremidades traseras del jaguar y los 2 humeros y los 2 radios del animatronic para formar las extremidades delanteras del jaguar cada una con perforaciones para espárragos de 3/8" que serán los encargados de ensamblar las piezas a la estructura final. De igual forma se diseñaron 4 piezas más que ensamblan las extremidades con la columna vertebral y permitirán libertad de movimiento, estas equivalen a, en la parte delantera la clavícula y en la parte trasera la pelvis, otras 4 piezas extras son diseñadas para anclarse a la base y sean sobre ellas que se ancle el jaguar y que conforman las 4 patas del mismo, 2 piezas más son diseñadas para anclar las extremidades traseras del jaguar a las patas ancladas en la base con capacidad de movimiento tanto en los ensambles de las extremidades como en el ensamble de las patas dando una mayor libertad a los movimientos del jaguar y que equivaldrían al tobillo de un jaguar. Todos estos elementos anteriormente mencionados determinan la altura que el jaguar alcanzara. La columna vertebral se diseñó como una unidad sólida y sin movimiento, su principal función es que las 4 extremidades se ensamblen a ella formando de esta manera el cuerpo

del jaguar, en su extremo trasero se conectara la cola del jaguar la cual hasta el momento no se le considero ningún movimiento, y en su extremo delantero se le soldó un tramo del mismo material, pero en posición vertical (extensión de la columna vertebral) con la finalidad de soportar dentro de él, al pistón de movimiento de cabeza, arriba -abajo. También en el extremo delantero de la columna vertebral y con un tramo de traslape se colocó un hueso más que conformara las vértebras cervicales (cuello) que de acuerdo al ensamblaje en el extremo de la columna vertebral está anclada, pero con capacidad de movimiento de arriba-abajo y en el extremo bolado se ensamblo el pistón rotativo que conforma el cráneo del jaguar y da movimiento de izquierda-derecha.

Cada parte, hasta este punto ya está representada y se les dio mayor interés a las zonas en donde el Animatronic tendrá movimiento, esto es básicamente, lo que se describe como hombros, rodillas y el cuello, se diseñó una configuración que permite obtener los movimientos básicos deseados. Con líneas verticales dibujadas en el cuello se referencio los puntos en donde el cuello debía coincidir con la región del pecho a los ángulos de 0 grados y aproximadamente 30 grados cuando el cuello fuese erguido.

Como se observa en la figura 2. Al llegar a la parte final del diseño del exoesqueleto, este fue montado sobre una superficie plana de madera que sirve como base. El cuello y todos los demás movimientos propuestos con anterioridad ya pueden ser simulados de manera mecánica. Cabe destacar los movimientos en codos, rodillas, caderas y hombros, que son los principales puntos en donde se centró el diseño.



Figura 2. Exoesqueleto terminado.

Las herramientas de diseño de superficies avanzadas de SolidWorks aceleraron el proceso de diseño, por lo que se ahorró tiempo y costos de desarrollo, Fue aquí donde la propuesta del diseño de una unidad básica de medida permitió ajustar automáticamente el tamaño deseado del animatronic, ver figura 3.

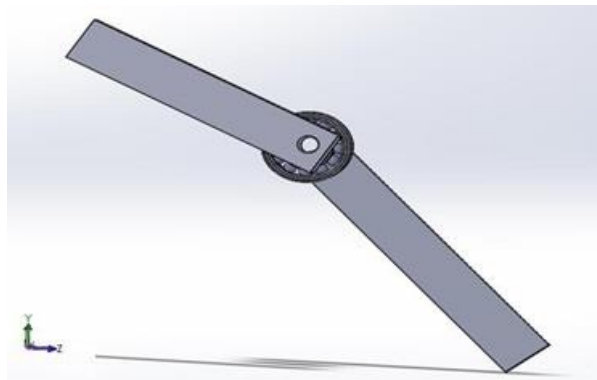


Figura 3. Diseño en solidworks del mecanismo del rodaje.

Movimientos en base a pistones.

Para el movimiento automatizado, en este caso se utilizaron dos pistones de doble efecto en forma de cruz: uno se encarga del movimiento de las patas traseras y el otro se encarga de mover las patas delanteras. Estos tienen la capacidad de mover los ejes hasta llegar a la posición de 90 grados.

También se implementó un pistón tipo rotatorio de doble efecto encargado del movimiento horizontal de la cabeza. Y un pistón de doble efecto más para el movimiento vertical de la misma, ver figura 4.

Por último, se consideró agregar un par de pistón en la articulación de las patas delanteras, para apoyo en el levantamiento del animatronic y tener una simulación natural, no considerado inicialmente.

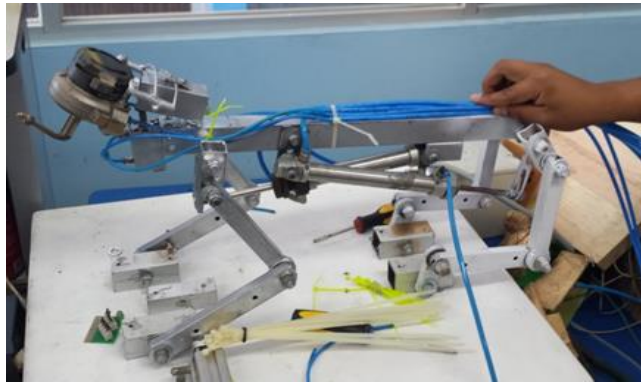


Figura 4. Vista del exoesqueleto con el sistema neumático.

Diseño del recubrimiento con software cad (solidworks) e impresión 3D de las piezas:

Solidworks es un programa asistido por computadora que permite crear modelos mecánicos en 3D. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción, es así como se diseña cada una de las piezas que permitirá recubrir la parte del exoesqueleto del Animatronic, con la intención de que este obtenga la forma anatómica que lo caracteriza. La medida de cada una de ellas dependió del hueso al que están cubriendo. Para el diseño de las piezas se utilizaron operaciones tales, como: superficie, planos, recubrimiento, extruir corte, redondeo, simetría, ver figura 5.

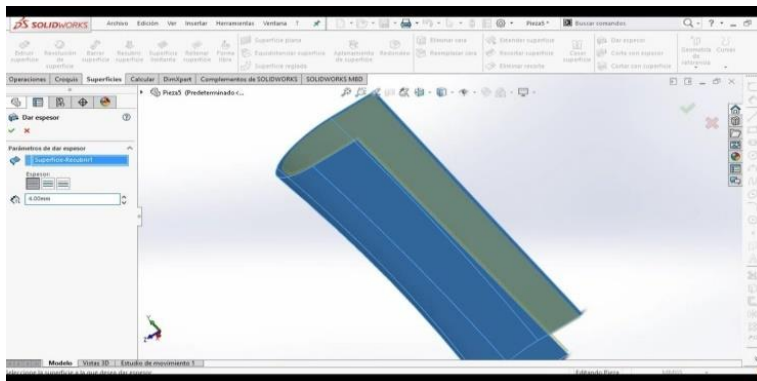


Figura 5. Diseño del recubrimiento del jaguar en solidworks.

Para llevar a cabo las impresiones de las piezas, se utilizó la impresora 3D colibrí, es una impresora hecha en México por Market trabaja con su propio software (constructor) que facilita su uso, acepta SSCAR, USB, y COM2, con una

cama de medidas X280 y Y210 mm y trabaja a una temperatura de 160°. El tiempo de impresión está de acuerdo al tamaño de la pieza, que variaron de entre 4 a 35 horas.

Como se observa en la figura 6, después de haber imprimido y limpiado las piezas fue necesario aplicar una pasta para obtener una mejor textura. Por último, se aplicó un esmalte dorado antiguo para darle un color adecuado.



Figura 6. Producción de la cabeza del Jaguar.

Ensamblaje de las piezas y forrado.

Se realizó el proceso de ensamblaje de cada pieza impresa en su respectivo sitio para el que fue diseñado. Básicamente se llevó a cabo atornillándolos a distintos espárragos, quienes eran los encargados de darle la altura adecuada a las piezas dependiendo de su función. Por último, se agregó un forro a base de tela para darle una apariencia más realista, esta se fijó mediante un pegamento y se agregó también una tela en color verde sobre la base para simular el pasto, ver figura 7.



Figura 7. Jaguar ensamblado.

Programación del animatronic.

El animatronic del jaguar cuenta con cuatro posiciones básicas: parado, acostado, sentado y agazapado. Para cada posición se requiere la acción de dos pistones colocados en cruz en la parte delantera y trasera del animatronic, lo cual nos da hasta cuatro combinaciones posibles entre los dos (de ahí las cuatro posiciones básicas).

Se cuenta con un panel de interruptores (9 Interruptores) que tienen como objetivo enviar señales de control hacia el PLC, que posteriormente las procesara y accionara los pistones correspondientes para efectuar el movimiento programado.

La programación consta de dos modalidades: el modo manual y el modo automático (Interruptor I9 On/Off respectivamente). El modo manual consta de 8 Interruptores y cada interruptor a través del PLC accionará una electroválvula y por lo consiguiente el pistón asignado. Como se muestra en la siguiente tabla y la figura 8.

Tabla 1. Relación entre el panel de interruptores – PLC – electroválvulas de los pistones.

Entrada del PLC	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8
Salida del PLC	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.5	Q0.6	Q0.7
Pistón	A1	A2	B1	B2	C	D	E1	E2

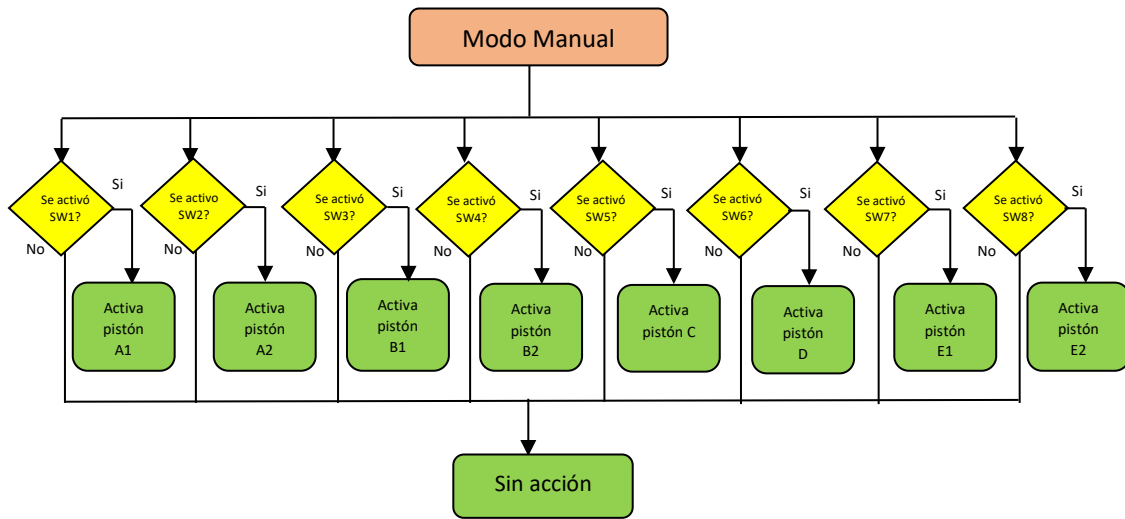


Figura 8. Diagrama de flujo de la programación en modo manual.

El modo automático utiliza el mismo panel de interruptores, pero las acciones de los interruptores van a realizar la serie de órdenes que permitan activar los pistones necesarios para las acciones básicas del jaguar; I1 Activa la secuencia de movimiento “agazapado”, I2 Activa la secuencia de movimiento “ataque”, I3 Activa la secuencia de movimiento “sentado con giro de cabeza” I4 Activa la secuencia de movimiento “sentado y cabeza arriba”, I5 Activa la secuencia de movimiento “parado en cuatro patas y movimiento de cabeza” e I8 Activa un ciclo de secuencias automáticas de todos los movimientos (show). Después de cada uno de los movimientos el jaguar regresa a su posición de “acostado”, ver la figura 9.

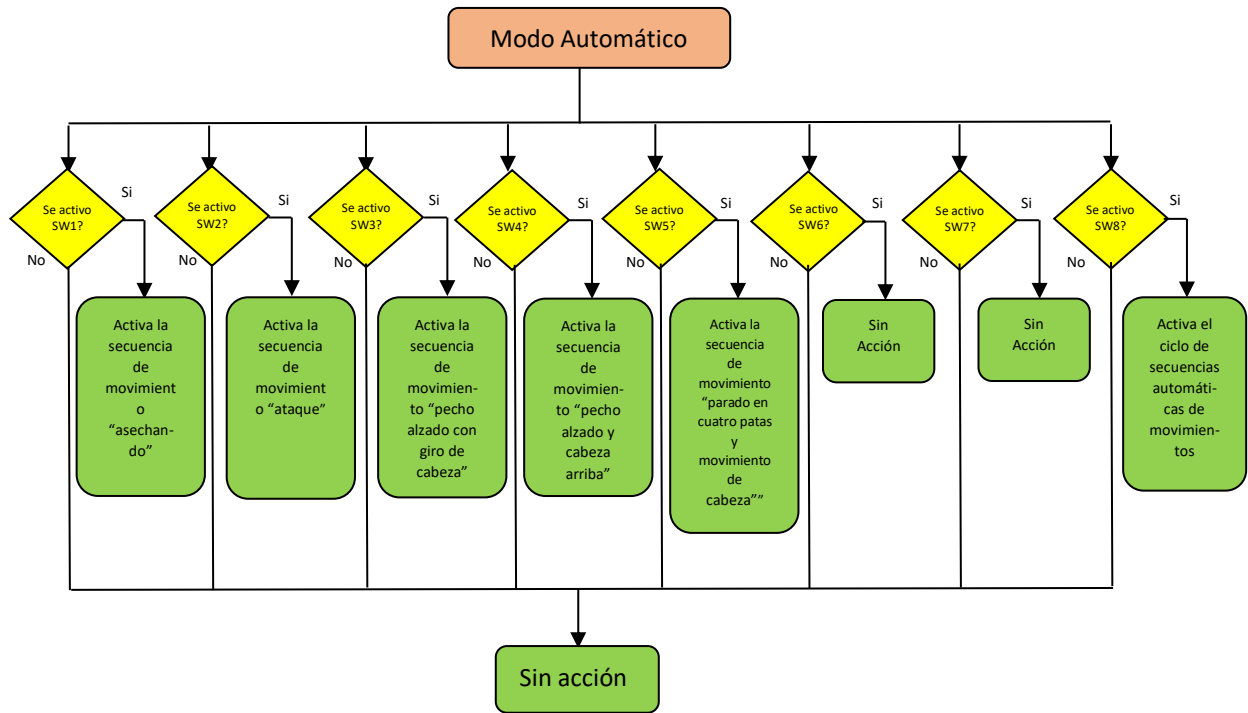


Figura 9. Diagrama de flujo de la programación en modo automática

Resultados.

Diseño y construcción de la estructura ósea.

Tabla 2. Medidas de los huesos del jaguar.

Hueso	Unidad de Medida Diseñada (umd)	Medida Real (cm)
01.- Mano	2	3
02.- Radio	12	18
03.- Húmero	10	15
04.- Clavícula	3	4.5
05.- Pie	2	3
06.- Tobillo	2	3
07.- Tibia	9	13
08.- Femur	11	3
09.- Pelvis	2	3
10.- Columna Vertebral	32.5	48
11.- Extensión de la Columna Vertebral	2	3
12.- Vértebras Cervicales	5	3.5
13.- Cráneo	10	15
14.- Cola	=	15

La suma del tamaño de los huesos 01, 02, 03 y 04 prácticamente son igual a la suma del tamaño de los huesos 05, 06, 07, 08 y 09, dicha suma determina la altura del jaguar cuando está parado en 4 patas (bajo la consideración de que se pierden distancias de traslape y se ganan distancias de espacios entre el revestimiento y el hueso y el grosor del revestimiento. La suma del tamaño de los huesos 10, 12, el grosor del hueso 11 y el grosor del hueso 13 junto con la cola determinan la longitud del jaguar bajo la consideración marcada anteriormente. De lo anterior el jaguar alcanza

una longitud de 80 cm y una altura de 32 cm.

Diseño y construcción de las piezas de recubrimiento.



Figura 10. Colección de piezas diseñadas para recubrir al jaguar.

Diagrama de conexionado del sistema electro neumático:

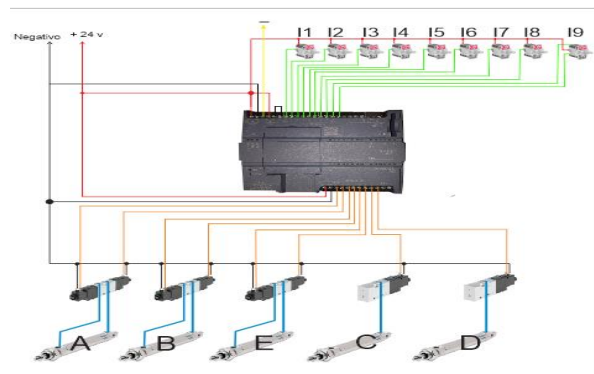


Figura 11. Diagrama de conexionado del PLC.

Jaguar terminado y realizando diferentes posiciones.



Figura 12. Jaguar en posición: a) de ataque y cabeza a la izquierda, b) parado y cabeza a la derecha y c) Agazapado.

Conclusiones.

En base a los pasos aplicados en el proyecto se cubrieron todos los objetivos que se plantearon y el Animatronic responde correctamente a todos los movimientos para el que fue programado. El aspecto anatómico natural y humanista se logró a través de los moldes aplicados.

Se lograron 4 movimientos básicos y su combinación permite realizar un show que educa y entretiene al público. Al

mismo tiempo que deja la oportunidad para poder implementar otras opciones a este. La implementación del control por medio de un PLC Simatic S7-1200 de la marca Siemens implicó la necesidad de implementar la programación con el software TIA Portal lo cual permitió se realizarán funciones para cada una de las posiciones deseadas del jaguar y estas pudieran correrse independientemente del estado anterior, lo que dio como resultado una programación basada en procedimiento, que resulta ser más sencilla y comprensible.

La visión que se tenía, ahora tiene cambios significativos debidos en gran manera al conocimiento de otras aplicaciones en Electrónica, Mecatrónica Comunicación Industrial, aplicación de Wifi, aplicaciones Android, lo cual será útil para nuestra vida profesional. Se sugiere dar continuidad a este proyecto para generar una línea de desarrollo en la parte de robótica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Referencias Bibliográficas.

Astudillo, C. y López, H. (2012). El cine y la tecnología: Animatronics. Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional.

Hernández, C. (2012). Animatrónica, una aproximación a partir de su diseño y construcción. Licenciatura. San Buenaventura University.

Wesner, J. W. (2014). Entertainment Engineering. ETC Press 2013.

Información de los autores.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica, en donde ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, entre otros.



Juan Luis Gómez Escandón, Ingeniero en Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, curso la especialidad de mecatrónica, realizo su tesis profesional con el proyecto denominado “Sistema para monitoreo y control de un animatronic vía Wifi (Sistema Electro-mecánico)”.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Siendo Jefe de proyectos de investigación de Ingeniería Electrónica desde el 2001. Fundó y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “sistemas aéreos autónomos“. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes”.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico de Tiempo Completo en UVM desde 2005. Tiene 12 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburgo Austria, en la empresa Festo Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación “Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia” junto con la empresa Invemex S.A de C.V., 2015. Proyectos de investigación como ‘Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar’, “Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicel” en el año 2014 (financiados por Conacyt). Congresos internacionales como congreso Tecnolaser Habana Cuba 2013 con artículo y ponencia ‘Método de registro automático de imágenes de rango tridimensionales para restauración de piezas arqueológicas’.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Certificado en SolidWorks Associate y SolidWorks Professional Avanzado, con Diplomado en Competencias para la enseñanza de las ciencias, Diplomado en Unreal Engine. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. y parte del grupo de investigación en la Universidad del Valle de México, con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y empresas privadas. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.