

SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

4 al 7 Junio 2019

AUDITORIO
EUSTORGIO
COLMENARES

CÚCUTA
COLOMBIA



INVITAN



San José de Cúcuta, Agosto de 2019 No.2 **ISSN 2539-4975**

IV SIMPOSIO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

UFPS 5776655 Ext 178

El IV Simposio de Investigación en Ingeniería y Desarrollo Sostenible, es un espacio de difusión académica del Plan de estudios de Ingeniería Electromecánica, el Grupo de investigación de energía y desarrollo sostenible, el grupo de investigación en automatización y control, el semillero de investigación de energía solar y el semillero de investigación en electrónica industrial.
simposioelectromecanica@ufps.edu.co

Periodicidad

A anual

Directivos Universidad Francisco de Paula Santander

Hector Miguel Parra López | Rector

Olga Marina Vega Angarita | Vicerrector Académico

Maribel Cárdenas García | Vicerrector Administrativo

Luis Eduardo Trujillo Toscano | Vicerrector de Bienestar universitario

Jhan Piero Rojas Suarez | Vicerrector Asistente de Investigación y Extensión

Luz Marina Bautista | Vicerrector Asistente de Estudio

Coordinación y dirección general

IEM. Gloria Esmeralda Sandoval Martínez, M.Sc. (c)

Comité editorial

IM. Pedro José Patiño Cárdenas M.Sc.

IEM Roni Mauricio Jaya Camacho M.Sc. (c)

IE Geiner Giovanni Barbosa Casanova M.Sc.

Comité Científico

IE. Francisco Ernesto Moreno García, Phd

IE. Sergio Alexander Castro Casadiego, M.Sc.

IE. Cristian Leonardo Tarazona Celis, M.Sc.

Editor

IEM. Jesús Hernando Ordoñez Correa. M.Sc (c)

Tabla de contenido

Editorial.....	4
Agradecimientos	5
APLICACIONES DE LA INDUSTRIA 4.0	6
DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL EN MANIPULADORES INDUSTRIALES	11
METROLOGIA INDUSTRIAL	18
CONTROL Y GUÍA DE VEHÍCULOS SUBMARINOS	24
PROTOTIPO PARA EL REACONDICIONAMIENTO ELECTRÓNICO DE UN AUTOCLAVE ODONTOLÓGICA PARA LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S.	31
DISEÑO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y PARA APOYO DIAGNÓSTICO MÉDICO	38
UNA MIRADA AL MARKETING DE PROXIMIDAD COMO HERRAMIENTA PARA ACERCAR SU MARCA AL PÚBLICO OBJETIVO.....	44
CARACTERIZACIÓN DEL EMPUJE DEL MOTOR BRUSHLESS PARA EL USO EN UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO(UAV) MODELO ALA ZAGI.	50
DEL DISEÑO A LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS MEDICO - HOSPITALARIOS.....	56
PROTOTIPO DE PARQUEADERO “SMART PARKING” PARA OPTIMIZAR LOS ESPACIOS Y TIEMPOS DE APARCADO	61

Editorial

Con el transcurrir del tiempo, el mundo cambia con mayor velocidad y cada generación altera los esquemas de un siglo que le antecede, la revolución tecnológica imprime a los hechos una velocidad que no hubiéramos podido imaginar en el pasado, cuando el tiempo meramente transcurría y en algunos sitios parecía detenerse inexorablemente. Este cambio veloz en el mundo está chocando con las estructuras establecidas, con la forma de trabajar, con la industria y con los hábitos de vida de las sociedades y los individuos, sin tomar en cuenta distancias ni tiempos.

La revolución tecnológica innova a la industria mediante sus transformaciones técnicas y la incorporación de nuevos procesos que permiten mejorar el resultado final de un producto o servicio apuntando al uso de nuevas formas de energía como lo son las llamadas energías verdes o renovables, que buscan reducir o mitigar la contaminación del medio ambiente por efecto de las energías convencionales de hoy en día. Ante este fenómeno surgen a diario nuevos retos donde el ingeniero electromecánico debe incursionar. Para ello debe adquirir competencias que le permita brindar alternativas de solución ante cualquier necesidad.

Por lo cual es de vital importancia brindar estos espacios académicos que permiten a los estudiantes relacionarse con el ámbito industrial nacional e internacional, desde la investigación en su formación como profesionales.

IEM. Jesús Hernando Ordoñez Correa M.Sc (c).

Universidad Francisco de Paula Santander.

Agradecimientos

A los estudiantes del programa académico de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander miembros del Grupo de Investigación GIDEN y los semilleros de investigación SOLARIS, SIEIN por su compromiso en fomentar y fortalecer las bases de la investigación de manera responsable y activa, creando conciencia investigaba a la juventud de hoy.

IE. Jorge Leonardo Fuentes Fuentes, Esp

Yolmer Salcedo

Emmanuel Pallares

Paola Porras Velázquez

Marlon Márquez

Anthony Aponte

Danilo Cristancho

Sebastián Mancilla

Fátima Alejandra Tello

Pedro Rincon

Brayan Salcedo

Diego Diaz

Jyeiner Lamus

Yiban Camuan

Yeison Pacheco

Leison Cuadros

Samuel Zapata

APLICACIONES DE LA INDUSTRIA 4.0

MSc. OSCAR MANUEL DUQUE SUÁREZ¹
MSc. (c) Esp. MARÍA CAROLINA DUQUE SUÁREZ ²

Resumen

La producción y fabricación industrial en la aplicación de industria 4.0 ha sido recientemente de alto impacto, esta técnica es una gran estrategia para crear fabricas inteligentes, sistemas ciberfisicos, cultura maker, el internet de las cosas y fabrica 4.0. Este artículo expone las características esenciales que permiten a un sistema de fabricación ser adaptado para convertirse en un 4.0 aplicación de la industria y generar el aumento de productividad en una industria, ya que es la evolución progresiva en los sistemas industriales desde el diseño y montaje hasta la automatización y control con implementación de sistemas ciberfisicos.

Palabras claves: *Ciberfisico, Internet de las cosas, Cultura Maker, Industria 4.0.*

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Tecnoacademia Cúcuta-GINDET, oduques@sena.edu.co.

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque Nodo Ocaña CIES- GINDET-GIAC, macduques@sena.edu.co.

INTRODUCCIÓN

La industria considerando es un elemento clave de la cadena de valor y un componente crucial en el desarrollo tecnológico, la creación de empleo y la estabilidad económica de un país [1], los países industrializados tradicionales han asumido un papel de liderazgo en la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, como una estrategia para hacer frente a las nuevas exigencias del mercado global y posicionarse de manera más competitiva frente a los países emergentes [2].

Esta estrategia ha sido planeada para ofrecer nuevas posibilidades a la fabricación industria como la satisfacción de las necesidades individuales de los clientes, optimizar la toma de decisiones y la adición de nuevas capacidades de productos [3].

Una definición bien apoyada de la industria 4.0 es presentado por Hermann en [4] como: “Industrie 4.0 es un término colectivo para las tecnologías y conceptos de organización cadena de valor. Dentro de las fábricas modulares inteligentes estructurados de Industrie 4.0, Sistemas Ciberfísicos (CPS) supervisan los procesos físicos, cree una copia virtual del mundo físico y tomar decisiones descentralizadas. Durante el IoT (Internet of Things) Internet de las cosas, comunicar, cooperar entre sí y los seres

humanos en tiempo real. A través de las OI (Internet de Servicios), ambos servicios internos y entre organizaciones son ofrecidos y utilizados por los participantes de la cadena de valor”.

De acuerdo con la definición presentada, se reconocen cuatro elementos o medias técnicas fundamentales en la industria 4.0: 1) Fábricas inteligentes, 2) sistemas ciberfísicos, 3) Internet de las cosas, y 4) la Internet del servicio.

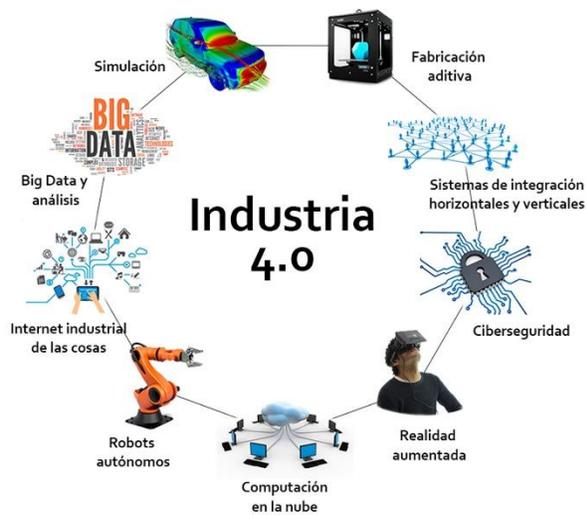
INDUSTRIA 4.0

El concepto de industria 4.0 es proveniente de Alemania, se ha definido a través del tiempo como un nuevo modo de organizar los procesos de producción que se apoyan en la tecnología y los dispositivos que se comunican entre sí de manera autónoma a lo largo de toda la cadena de valor aplicándolo a un sistema de producción, a partir de lo anterior se inician fabricas inteligentes que generan optimización de recursos, una mayor flexibilidad en la producción manufacturera y analiza la forma de mejorar las necesidades de los clientes. Ver la figura 1 Industria 4.0.

En Colombia y países del mundo actualmente se está buscando incentivar la

aplicación de industrias, esto permite que las empresas o emprendedores puedan crear nuevas oportunidades, valorización de la atención al cliente, aumento de productividad y eficiencia en los sistemas de producción, innovación y diferenciación, incremento de la competitividad entre empresas nacionales e internacionales y adaptación a condiciones demográficas y conocer las necesidades del mercado para poder cubrir las de forma ágil y eficiente.

Figura 1 Industria 4.0.



Fuente: Norma Alvarez, (2017). [7]

Smart Factory

El concepto de fábrica inteligente se ha basado en la implementación de herramientas que puedan mejorar una cadena de manufactura y producción por medio de robots, cadenas logísticas

interconectadas entre sí, fábricas virtuales y procesamiento masivo de datos.

Smart Product

La idea principal de los productos inteligentes es la adecuación de elementos como lo son sensores que deban estar conectados con el fin de crear innovación de servicios para la atención de los clientes.

Principios clave en Fabrica 4.0.

Fabrica se hace digital y flexible: Se establece como una comunicación continua e instantánea entre los puestos de trabajo y las herramientas integradas en las líneas de producción y suministro.

Simulación y procesamiento de datos: Se define como la captura y análisis de datos que se producen en la línea de fabricación pueden usarse para modelar y probar.

Eficiente en el empleo de energía y recursos: Se propone como el uso eficiente de energía gracias a la coordinación constante e instantánea de las necesidades de los recursos disponibles.

Transformación digital de la industria: La evolución continua de la tecnología lleva a que los clientes puedan demandar productos personalizados, debido a esto la industria 4.0 propone poder cambiar la producción en

masa a la personalización en masa de los productos que se generen.

La industria 4.0 a la vez de crear productos en masa personalizados, también se producirán productos individuales a precios competitivos.

Integración horizontal y vertical: Se expone como elemento característico en la transformación digital de la industria es el termino integración, la integración es la combinación de varios elementos y se define en dos tipos, la integración vertical es cuando todos los elementos implicados en la cadena de valor están desde el diseño hasta el cliente final, la integración horizontal es cuando los diferentes agentes que pueden complementarse para conseguir un modelo más flexible.

Integración vertical: La idea principal es la unión de todos los elementos que hacen parte de una compañía y estén conectados entres si para generar una fábrica inteligente a partir de lo anterior, el fin es generar redes para integrar verticalmente a todos los actores de la cadena de valor y maximizar la flexibilidad, el rendimiento y la calidad en

Concluye que la productividad de una compañía aumenta cuando se planifica la distribución de tareas y quienes las ejecutaran, esto lleva a obtener una

tiempo real de los sistemas de diseño para los servicios de atención al cliente.

La clave principal es la integración de la interconectividad de los sistemas de información para la obtención de datos en los dispositivos físicos, los SCADA's, los MES, los ERP y los CRM, esto con el fin de interactuar en tiempo real de los pedidos de los clientes a la fabricación de los productos personalizados en masa.

Integración Horizontal: La intención principal de la integración es generar sinergias para obtener nuevos modelos de cooperación de manera que se aprovechen las capacidades de producción desocupadas más cercanas al cliente así con esto se optimiza y aprovecha el ahorro energético y el servicio al cliente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El fin de la implementación de la industria 4.0 en la fabricación de productos es obtener una mejora de rendimiento de hasta el 50% en la producción realizando tareas más rápido y con la menor posibilidad de error. reducción del tiempo y costos en la planificación de los espacios operativos, simplificación y aceleración de planificación de las instalaciones y el desarrollo de los productos en una cadena de valor.

La industria 4.0 se define como la cuarta revolución industrial, se propone un término para conglomerarla que es economía naranja el cual es la creación de ideas innovadoras que se puedan materializar para generar bienes y servicios al público, generando tendencia y motivación para la apropiación del concepto de propiedad intelectual para los creadores de dichas ideas que revolucionen el mundo o su sector productivo.

REFERENCIAS

K. Linsu, (2002) *“Etapas del desarrollo de la tecnología industrial en un país en desarrollo: Un modelo”* Res. Política.

R. Rajkumar, L. Imsup, L. Sha, y J. Stankovic, (2010). *“Cyber-Sistemas físicos: La próxima revolución informática”* Des. Autom. Conf.

Norma Alvarez, (2017) Los 9 pilares tecnológicos de la industria 4.0, The Boston Consulting Group. Recuperado de: <http://industria-4.blogspot.com/2015/06/los-9-pilares-tecnologicos-de-la.html>

M. Blanchet, T. Rinn, G. Von tharden, y G. De Thieulloy, (2014) *“Industria 4.0 La nueva revolución industrial cómo Europa va a tener éxito”* Ley de pensar.

H. Kagermann, W. Wahlster, y J. Helbig, (2013). *“Recomendaciones para la implementación de la iniciativa estratégica INDUSTRIE 4.0”*.

M. Hermann, T. Pentek, y B. Otto, (2015). *“Principios de diseño para Industrie 4.0 Escenarios: Una revisión de la literatura”*.

H. Lasi, P. Fettke, y T. Feld, *“Industria 4.0”* Autobús. Inf. Syst. Eng., vol. 4, pp. 239-242.

DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL EN MANIPULADORES INDUSTRIALES

MSc. OSCAR MANUEL DUQUE SUÁREZ¹
MSc. (c) Esp. MARÍA CAROLINA DUQUE SUÁREZ ²

Resumen

El presente artículo hace un compilado del proceso y etapas necesarias para diseñar e implementar sistemas de control de manipuladores industriales. La disertación parte del modelado necesario y que es base para realizar un control efectivo, ello incluye el Modelado Cinemático, Modelado Dinámico, Modelado Diferencial. Se abordan también las estrategias de control y de generación de trayectorias necesarias para la ejecución de aplicaciones industriales por parte de los manipuladores; se hace énfasis en el Control Cinemático y Control Dinámico.

Palabras claves: *Manipulador Industrial, Modelado, Modelado Cinemático, Modelado Dinámico, Modelado Diferencial, Control Cinemático, Control Dinámico.*

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Tecnoacademia Cúcuta-GINDET, Email: oduques@sena.edu.co.

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque Nodo Ocaña CIES- GINDET-GIAC, Email:macduques@sena.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Los manipuladores son cada vez más frecuentes en la industria, donde se desenvuelven en espacios y actividades que requieren cierto grado de eficacia y precisión.

Se exigen que los manipuladores alcancen los objetivos en el espacio, fijados, así como llegar a ellos en los tiempos estipulados por el usuario de acuerdo a la tarea que se ha de realizar, así como las restricciones físicas propia de los accionamientos y el robot en general.

Todo lo anterior se plantea para realizar un recorrido sobre las estrategias de control aplicables a los manipuladores industriales, haciendo énfasis en control cinemático como base de otras estrategias como el control dinámico.

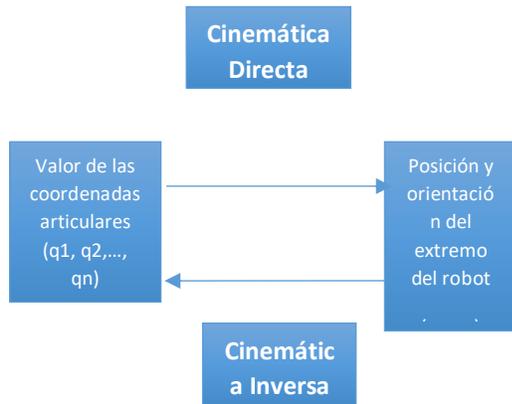
Contando con el modelado cinemático, dinámico y diferencial se puede establecer un control cinemático en el cual se genera una serie de trayectorias que seguirá cada articulación de tal manera que cumpla con su actividad, sin atender con el alcance que posea el manipulador y el cumplimiento de la trayectoria planeada se garantizará con el control dinámico.

La cinemática del robot estudia el movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot con los valores que toman sus coordenadas articulares. Barrientos. A. [2].

Existen dos problemas fundamentales a resolver en la cinemática del robot; el primero de ellos se conoce como el problema cinemático directo, y consiste en determinar cuál es la posición y orientación del extremo final del robot, con respecto a un sistema de coordenadas que se toma como referencia, conocidos los valores de las articulaciones y los parámetros geométricos de los elementos del robot, el segundo denominado problema cinemático inverso, resuelve la configuración que debe adoptar el robot para una posición y orientación del extremo conocidas. Ver Figura 1. Barrientos. A. [2].

CINEMÁTICA DEL MANIPULADOR

Figura.1. Estructura del modelado cinemático



Fuente: Propia.

CINEMÁTICA DIRECTA E INVERSA

Cinemática Directa

Dado que un robot se puede considerar como una cadena cinemática formada por objetos rígidos o eslabones unidos entre sí mediante articulaciones, el problema cinemático directo se reduce a encontrar una matriz homogénea de transformación **T**, que relacione la posición y orientación del extremo del robot respecto del sistema de referencia fijo situado en la base del mismo, es decir que **T** sería igual al producto de las matrices homogéneas de cada articulación.

Algoritmo de Denavit-Hartenberg

Denavit y Hartenberg propusieron un método sistemático para describir y

representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, y en particular de un robot, con respecto a un sistema de referencia fijo. Pese a su costo computacional, al obtenerse soluciones de manera sistemática, este método es conveniente en robots de geometría compleja o de elevado número de grados de libertad, siendo el más frecuentemente utilizado en estos casos. Barrientos. A. [2].

Cinemática Inversa.

La solución de la cinemática inversa consiste en los valores calculados que se deben adoptar las coordenadas articulares del robot $q = q_1, q_2, \dots, q_n$ para que su extremo se posicione y oriente según la localización espacial determinada.

Otra forma es hallar una solución cerrada, esto es, encontrar una relación matemática explícita de la forma, presentado características como:

- Garantiza solución en tiempo definido (tiempo real)
- En ocasiones se encuentran soluciones múltiples, pero permite seleccionar la más adecuada.
- En ocasiones no tiene solución.
- Dificultad analítica para su cálculo, puesto que existen 12 ecuaciones con n incógnitas

MODELO DIFERENCIAL

Establece la relación entre las velocidades de las articulaciones con las velocidades del extremo del robot. Es utilizado por el sistema de control del robot para establecer que velocidades debe imprimir a cada articulación (a través de sus respectivos actuadores) para conseguir que el extremo desarrolle una trayectoria temporal concreta. El modelo diferencial queda concretado en la denominada matriz Jacobiana. Barrientos. A. [2].

En resumen, el modelo cinemático:

- Permite conocer las órdenes de mando a los actuadores de cada articulación para que el extremo del robot alcance una determinada localización espacial.
- Permite saber dónde está el extremo a partir de la lectura de los captadores de posición de cada articulación.
- Permite relacionar las velocidades del extremo y de los actuadores.
- Los modelos son de obtención relativamente compleja y deben ser utilizados en tiempo real durante el funcionamiento del robot.

DINÁMICA DEL ROBOT

La dinámica se ocupa de la relación entre las fuerzas que actúa sobre un cuerpo y el movimiento que en él se origina. Por lo tanto, el modelo dinámico de un robot tiene por objetivo conocer la relación entre el movimiento del robot y la fuerza implicada en el mismo. Barrientos. A. [2].

Esta relación se obtiene mediante el denominado modelo dinámico, que relaciona matemáticamente:

- La localización del robot definida por sus variables articulares o por las coordenadas de localización de su extremo, y sus derivadas: velocidad y aceleración.
- Las fuerzas y pares aplicados en las articulaciones (o en el extremo del robot).
- Los parámetros dimensionales del robot, como longitud, masas e inercias de sus elementos.

La utilidad del modelo dinámico de un robot está en:

- Simulación del movimiento del robot.
- Diseño y evaluación de la estructura mecánica del robot.
- Dimensionamiento de los actuadores.
- Diseño y evaluación del control dinámico del robot.
- Formar parte del propio algoritmo de control (en línea).

CONTROL CINEMÁTICO

El objetivo del control cinemático es establecer cuáles son las trayectorias que debe seguir cada articulación del robot a lo largo del tiempo para lograr los objetivos fijados por el usuario (punto de destino, trayectoria del efector final, tiempo invertido, etc.). Barrientos. A. [2].

Funciones del Control Cinemático:

El control cinemático realiza las siguientes funciones:

- Convertir la especificación del movimiento dada en el programa en una trayectoria analítica en espacio cartesiano (evolución de cada coordenada cartesiana en función del tiempo).
- Muestrear la trayectoria cartesiana obteniendo un número finito de puntos de dicha trayectoria ($x, y, z, \alpha, \beta, \varphi$).
- Interpolación de los puntos articulares obtenidos, generando para cada variable articular una expresión $q_i(t)$ que pase o se aproxime a ellos, siendo una trayectoria realizable, cartesiana lo más próxima a la especificada por el usuario (precisión, velocidad, etc.).
- Muestreo de la trayectoria articular para generar referencias al control dinámico.

Tipos de trayectorias:

Para poder cumplir con el desplazamiento entre dos puntos, los robots lo podrían realizar por infinitas trayectorias espaciales, lo más general en los robots comerciales es realizar aquellas trayectorias que presentan facilidad de implementación o utilidad y aplicación a diversas tareas o a tareas específicas. Por tanto, es de encontrar que los robots dispongan de trayectorias, punto a punto, coordinadas y continuas.

Interpolación de Trayectorias:

Una vez obtenidas las coordenadas articulares de los puntos muestreados de la trayectoria espacial del extremo del robot, esta sucesión de puntos articulares se debe unir para formar una trayectoria articular continua que pueda ser ejecutada por los motores, respetando los límites de aceleración y velocidad de los mismos.

CONTROL DINÁMICO

El control cinemático selecciona las trayectorias que idealmente deberá seguir el robot para, teniendo en cuenta sus limitaciones, ajustarse a lo mejor posible a las especificaciones del movimiento dadas por el usuario. En la práctica, este ajuste del movimiento del robot a las especificaciones del usuario no será del todo posible, pues las características dinámicas del robot muchas

veces desconocidas, impiden en general una coincidencia entre la trayectoria real y la deseada. Barrientos. A. [2].

El control dinámico tiene por misión procurar que las trayectorias realmente seguidas por el robot $q(t)$ sean lo más parecidas posibles a las propuestas por el control cinemático $q_d(t)$. Para ello se hace uso del conocimiento del modelo dinámico del robot y de las herramientas de análisis y diseño aportadas por la teoría del servo control. En la actualidad existen diferentes técnicas para realizar este control debido a que el uso del modelo dinámico, como se ha podido ver, posee una gran complejidad, por lo tanto, en la práctica ciertas simplificaciones, válidas para un gran número de robots comerciales existen, facilitan el diseño del sistema de control, dando unos resultados razonablemente aceptables, aunque limitando en ciertas situaciones la calidad de las prestaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al igual que toda aplicación de control de procesos industriales y de control regulatorio, se parte de la premisa que si no se posee el modelo no es factible un control. Por ello, el diseño de sistemas de control en manipuladores industriales debe partir de obtener el modelado cinemático, dinámico y

diferencial necesario para simular el manipulador y para ejecutar acciones de mando sobre la localización espacial del mismo.

El control cinemático es la estrategia base para la ejecución de tareas industriales, dado que; toda tarea requiere de la ejecución de trayectorias. La trayectoria seguida en el espacio de tarea será consecuencia del control cinemático que interpolará las trayectorias articulares necesarias para cumplir la del espacio cartesiano. Por tal, debe seleccionarse el tipo de trayectorias aplicables y los métodos de interpolación acordes a la aplicación.

El control Dinámico es necesario para garantizar con gran precisión que la trayectoria realmente seguida por el manipulador coincida con la interpolada y generada por el control cinemático. El control cinemático se constituye en la referencia de control del lazo dinámico.

REFERENCIAS

Reyes, F. (2011) Robótica – Control de robots Manipuladores. Alfaomega. México.

Barrientos, A.; Peñin, L.; Balaguer, C.; Aracil, R. (2007). “*Fundamentos de Robótica, 2.a Edición*”. España: Ed. McGraw-Hill. KELLY, R.;

Ferre M, Buss M, Aracil R, Mechorri C. Balaguer C. (2007) Advance in Telerobotics. Springer.

R. Nakhaie Jazar (2007). Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control. Springer.

Bonivento C, Isidori A, Marconi L, Rossi C (2007). Advances in Control Theory and Applications.

Santibáñez, V. (2003). "*Control de Movimiento de Robots Manipuladores*". Madrid: Ed. Pearson Educación, S. A.

METROLOGIA INDUSTRIAL

MSc. (c) Esp. MARÍA CAROLINA DUQUE SUÁREZ ¹
MSc. OSCAR MANUEL DUQUE SUÁREZ²

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque Nodo Ocaña CIES- GINDET-GIAC,
macduques@sena.edu.co.¹

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Tecnoacademia Cúcuta-GINDET,
oduques@sena.edu.co.²

Resumen

La metrología además de ser la ciencia de las mediciones, se debe comprender que las mediciones rigen nuestro mundo, son de vital importancia tener en cuenta que una medida no se define como un único valor numérico, está compuesta por un valor numérico que representa la medida obtenida del instrumento patrón y una incertidumbre de medida, al hablar de incertidumbre se debe identificar que es el factor a determinar para conocer en que intervalo se encuentra la dispersión de las mediciones que se realicen. En este artículo se expone la metrología desde un enfoque industrial y la importancia que tiene una medida al momento de realizar un diseño e impedir fallas en una implementación real adicionalmente se menciona el impacto que tiene la nueva redefinición del sistema nacional de unidades SI y que tanto nos afecta en nuestra vida cotidiana.

Palabras claves: *Metrología, incertidumbre, error, patrón, calibración.*

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque Nodo Ocaña CIES- GINDET-GIAC, email: macduques@sena.edu.co.

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Tecnoacademia Cúcuta-GINDET, email: oduques@sena.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de vida en el planeta tierra, se planteó la necesidad de comparar objetos para poder dividir elementos y así obtener un patrón de medida. Se propone en algunas literaturas que la invención de las medidas proviene desde la época de los primeros habitantes del planeta que fueron Adán y Eva, se expone que el creador fue Caín el hermano de Abel, si el personaje que cometió el horrible asesinato de su hermano, es de saber que Caín era de profesión agricultor y esta ciencia le permitiera realizar las comparación por medio de las ramas de los arboles o plantas, que a partir de esto pudiese realizar divisiones de sus productos agrícolas.

Desde siempre las medidas se contemplaron como atributo de poder, lograr definir parámetros para todo el mundo y que a partir de esto se lograra unificar las mediciones, fue propuesto desde Grecia en Atenas los padres de las mediciones.

El hombre en su posición de obtener la unificación de las medidas, propuso realizar la medición de los objetos a través de su cuerpo llamándolas medidas antropométricas, estas se encontraban determinadas como codo, yarda, pulgada, pie, paso, cuarta, dedo y palmo.

En 1875 se convocó a formar una organización entre varios países de Europa para unificar, crear y definir un sistema de medición, se creó la organización la convención del metro ahí se definió como unidad básica el metro. En 1960 se toma la decisión por parte de la conferencia general de pesas y medidas CGPM de definir el sistema internacional de unidades SI.

El sistema internacional de unidades SI especificó las unidades básicas, las unidades suplementarias y unidades derivadas, desde entonces hasta el 20 de mayo del 2019, se implementó este sistema.

La metrología definiéndose como la ciencia de las mediciones, abarca todas las áreas de ciencia, industria y legal, así siendo parte de nuestras vidas cotidianas y laborales.

METROLOGÍA

La metrología se define como la ciencia e ingeniería de la medida, incluyendo el estudio, mantenimiento y aplicación del sistema internacional de unidades, partiendo como objetivo fundamental es la obtención y expresión del valor de las magnitudes, garantizando la trazabilidad de los procesos y la consecución de la exactitud requerida en apropiados cada caso; empleando para ello instrumentos métodos y medios. [1]

Líneas de Aplicación.

La aplicación de la metrología se da abarcando todas las ramas, se dividen en metrología científica, metrología legal y metrología industrial, En la metrología científica se aplican la investigación y fuentes fundamentales de patrones de medida, la metrología legal aplica para regir leyes o normas que puedan armonizar métodos de medición y equipos de medición que están en funcionamiento en algún fin, la metrología industrial esta rama cubre toda aplicación en el área de física, química, ingeniería, matemáticas, biología e ingeniería de calidad.

En Colombia se aplica la metrología en la rama legal por medio de la superintendencia de industria y comercio, la metrología industrial está bajo el instituto nacional de metrología y el organismo nacional de acreditación ONAC es el encargado de vigilar los procedimientos y métodos de calibración o ensayo bajo sistemas de medición, regidos por la norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Calibración

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus

incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación. [2] Ver Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplo de reporte de resultados de calibración de un higrómetro.

Indicac ión del higróm etro (%HR)	%HR Convenc ional verdader o	Correc ción	Incertidu mbre de medición (%HR)
40	42,6	2,6	3,4
60	64,6	4,6	3,4
70	75,1	5,1	3,4

Fuente: Propia.

Trazabilidad Metrológica.

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida. [2]

Instrumento de Medida

Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios. [2]

Incertidumbre de Medida

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza. [2]

Aplicaciones en la industria.

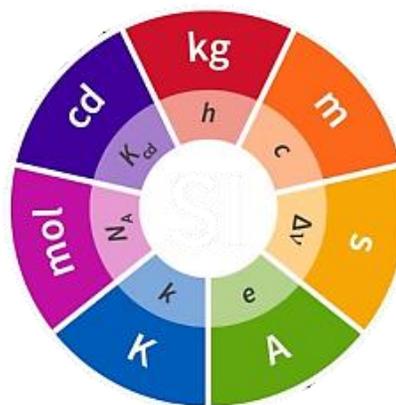
- Mediciones para el control de proceso de fabricación.
- Mediciones para el diseño y desarrollo de un producto.
- Mediciones para controlar la calidad del producto terminado.
- Mediciones para establecer la conformidad con normas nacionales e internacionales.
- Mediciones para establecer la equidad en transacciones comerciales.
- Mediciones para el desarrollo científico y tecnológico.

REDEFINICIÓN DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE MEDIDA EN EL 2019.

El comité internacional de pesas y medidas CIPM es el encargado de ejecutar las decisiones de la conferencia general de pesas y medidas, asegura la unificación del

sistema internacional de unidades SI, definido en 1960 hasta el 20 de mayo del 2019, que se informó que este sistema internacional se iba a redefinir por medio de constantes físicas, este cambio se hizo debido a que el patrón primario 1889 del kilogramo que se encuentra en Francia custodiado por tres campanas, las cuales evitan el contacto con la atmosfera, este patrón primario perdió 50 microgramos lo cual es un problema grave para la ciencia pero no para nuestra vida, a partir de esto se consolido definir las magnitudes del sistema de unidades con el concepto de que el patrón primario no fuera un elemento físico así que se propuso por medio de contantes como lo muestra la figura 1.

Figura 1. Redefinición de sistema internacional de unidades 2019.



Fuente: Alan G (2018) [3]

Esto dando como resultado la siguiente tabla 2, donde se relacionan las magnitudes y las constantes correspondientes definidas.

Tabla 2. Magnitudes y constantes correspondientes a la redefinición.

UNIDADES BASICAS DEFINIDAS	CONSTANTES DEFINIDAS
METRO m	c
TIEMPO s	$\Delta\nu$
MASA kg	h
INTENSIDAD CORRIENTE A	e
TEMPERATURA K	k
CANTIDAD DE SUSTANCIA mol	Na
INTENSIDAD DE LUMINOSA cd	Kcd

Fuente: Propia.

Definiéndose las constantes de la siguiente manera:

$\Delta\nu$: la frecuencia de transición hiperfina del estado fundamental no perturbado del átomo de cesio 133.

c: la velocidad de la luz en el vacío c es 299 792 458 m / s

h: la constante de Planck h es 6.626 070 15 $\times 10^{-34}$ J s

e: la carga elemental e es 1.602 176 634 $\times 10^{-19}$ C

k: la constante de Boltzmann k es 1.380 649 $\times 10^{-23}$ J / K

Na: la constante de Avogadro NA: es 6.022 140 76 $\times 10^{23}$ mol⁻¹

Kcd: La eficacia luminosa de la radiación monocromática de frecuencia 540 $\times 10^{12}$ Hz, Kcd: 683 lm / W.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La redefinición del sistema internacional de unidades no afectaría la aplicación en nuestra vida cotidiana las unidades se trataran de la misma manera hasta el momento, pero para el área científica o cualquier persona en el planeta que desee comparar su patrón puede hacerlo por medio de estas constantes sin necesidad de tener un patrón físico.

El termino metrología se debe apropiar para nuestra vida, ya que está en todas nuestras tareas referentes con la medición y comprender la importancia de utilizar equipos calibrados que puedan generar confianza en los resultados al momento de realizar una medición y reportar un resultado.

La incertidumbre de medición es el factor más importante de una medida ya que este valor proporciona información de todas las contribuciones que afectan una medición, entre ellas están los equipos utilizados, los métodos, personas ejecutoras de la medición y el ambiente donde se realiza, aunque lo veamos imperceptible ante

nuestros ojos hay factores que afectan de forma directa y atribuyen un considerablemente al valor en la incertidumbre de medida.

REFERENCIAS

Equipos y laboratorios de Colombia, *¿Qué es la Metrología?*, Recuperado de: https://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=4569.

Centro Español de Metrología, *Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados*, (2012), 3ª edición.

Alan G. Steele, PhD, FRSC, (2018), *redefining the SI at CGPM 2018 Some Fundamentals*, Congreso Internacional de Metrología, METROCOL IV, National Research Council of Canada.

Witold Kula, (1999), *Las medidas y los hombres*, Siglo Veintiuno de editores, México.

La Convención del Metro, (2012) Recuperado de: <http://www.bipm.org/fr/convention/>, consultada el 20/jul/2012.

Norma técnica colombiana NTC-ISO/IEC 17025, 2005, *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*, Icontec.

CONTROL Y GUÍA DE VEHÍCULOS SUBMARINOS

WILMAN ALONSO PINEDA MUÑOZ¹

JOSÉ JANNIVER DE MOYA²

Resumen

El control de vehículos submarinos se desarrolla mediante control jerárquico de tres capas, conocidas como capa inferior, capa intermedia o lazo interno y capa superior o lazo externo. En cada capa del control se realizan investigaciones que resuelven problemáticas particulares. Las investigaciones realizadas por el grupo GENTE de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en conjunto con el grupo SARTI de la Universidad Politécnica de Cataluña, ha dejado un nicho de investigación importante para el desarrollo de investigaciones en Colombia. Se espera contribuir a la exploración e investigación en los océanos atlántico y pacífico que bañan el territorio colombiano desarrollando aplicaciones submarinas que aporten en esta área de interés. Se presenta una visión general de la problemática y los avances de la primera etapa para la implementación del proyecto en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).

Palabras claves: *Vehículos autónomos submarinos, sistemas de guía, ROS, ARM.*

1 Director de Ingeniería Electromecánica. Director del Grupo de Energías y Nuevas Tecnologías GENTE. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Email: wilman.pineda@uptc.edu.co

2 Estudiante investigador del Grupo de Energías y Nuevas Tecnologías GENTE . Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Email: janniver.de@uptc.edu.co

INTRODUCCIÓN

Para lograr los objetivos de control jerárquico en un vehículo autónomo submarino se desarrollan algoritmos de movimiento cinemático que describen las trayectoria o misión del vehículo autónomo en alta mar; además, se necesita contar con modelos dinámicos que relacionen las propulsiones en los motores impulsores con los movimientos sobre los ejes de coordenadas definidos matemáticamente y cuando el vehículo cuenta con una cantidad considerable de sensores y actuadores debe determinarse la estrategia de administración del control en cada uno de ellos.

El Gaunay II utiliza algoritmos de control de la cinemática identificados en la literatura como estabilización de puntos (*“Point Stabilization”*) y seguimiento de trayectorias (*“Path Followin”*) [1]. En el Guanay II, se implementaron estos algoritmos utilizando algunas técnicas de lógica difusa [2].

Los modelos matemáticos sobre el comportamiento cinemático y dinámico de vehículo submarinos han sido ampliamente desarrollados [3]. Sin embargo, la caracterización del modelo para un vehículo particular exige contar con laboratorios especializados para medir o lograr inferir el valor exacto de los parámetros particulares.

Para obtener los modelos se necesitan Canales y espacios de simulación real con condiciones medioambientales presentes. El grupo SARTI construyó e identificó el modelo dinámico del Guanay II [2].

El grupo de investigación GENTE tiene como objetivo la construcción de un vehículo submarino y en una primera etapa está desarrollando los algoritmos de control cinemático mediante la programación de una tarjeta electrónica de arquitectura ARM (Advanced RISC Machine) y utilizando un framework para el desarrollo de software que provee funcionalidades de un sistema operativo en clúster heterogéneo denominado ROS por sus siglas en inglés *“Robotic Operative System”*.

En la sección siguiente se presenta los sistemas de guía del vehículo conocido como la capa superior; en la sección tres se presenta la primera etapa para implementación y construcción de un vehículo submarino en la UPTC y finalmente, se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

SISTEMA DE GUÍA (*GUIDANCE*) PARA VEHÍCULOS SUBMARINOS.

De acuerdo con Shneydor la guía u orientación se define como “el proceso de guiar la trayectoria de un objeto hacia un

punto dado, dicho punto en general puede estar moviéndose" [4]. Charles Stark Draper, considerado el padre de la navegación inercial afirma: "La guía u orientación depende de principios fundamentales que involucran dispositivos similares a vehículos moviéndose sobre la tierra, sobre el agua, bajo el agua, en el aire, más allá de la atmósfera dentro del campo gravitatorio de la tierra y fuera de este campo" [5]. Arthur Locke define la guía de misiles como "el desplazamiento espacial de un vehículo no tripulado, el cual lleva dentro de si la manera o medio para controlar su trayectoria de vuelo" [6]. Por lo tanto, la guía u orientación (*Guidance*) involucra una metodología interesada en el comportamiento del movimiento transitorio asociado con los objetivos de control de movimiento.

La literatura más madura y rica sobre sistemas de guía es encontrada en la comunidad científica que estudia la guía de misiles. La guía de misiles ha sido investigada desde la segunda guerra mundial, continuos progresos en hardware y software han contribuido a la implementación y avance en los conceptos de guía que han sido conducidos casi tanto tiempo como las investigaciones en teoría de control. Los conceptos fundamentales de control de movimiento incluyen espacios operacionales, propiedades de actuación y escenarios de control de movimiento.

Los escenarios de control de movimiento tradicionalmente se dividen en cuatro vertientes. El escenario de estabilización en puntos (*point stabilization*) se refiere al movimiento hacia un punto estacionario, el escenario de rastreo de trayectoria (*trajectory tracking*) es el movimiento a lo largo de un camino parametrizado en el tiempo. Otro escenario es el seguimiento de un camino (*path following*) referido al movimiento a lo largo de un camino independiente del tiempo. Finalmente, el escenario de maniobra (*maneuvering*) que es una mezcla del seguimiento de trayectoria y el seguimiento del camino donde la parametrización del tiempo puede cambiarse dinámicamente, por ejemplo, de acuerdo con la dinámica del vehículo. Estos escenarios son típicamente definidos con objetivos de control de movimiento para los cuales está dada la configuración del espacio y son por lo tanto más adecuados para vehículos completamente actuados.

Breivik sugiere otro esquema de clasificación de los escenarios de control de movimiento los cuales consideran escenarios a priori y a posteriori, donde y los objetivos del control de movimiento son dados como tareas en el espacio de trabajo [7]. Según Breivik tales escenarios son más generales y más adecuados para vehículos sub-actuados. Los esquemas sugeridos son

cuatro, el primero es el seguimiento de objetivo (*target tracking*) en el cual el objetivo de control es seguir la posición de un objetivo el cual se mueve de manera que solamente su movimiento instantáneo se conoce, cuando el objetivo es estacionario este escenario corresponde al punto de estabilización. El segundo esquema es seguimiento de camino (*path following*) el objetivo de control es la convergencia para seguir un camino geométrico predefinido el cual solamente involucra restricciones espaciales, sin tener en cuenta restricciones temporales a lo largo del camino. El tercer esquema es el rastreo del camino (*path tracking*) donde el objetivo de control es seguir la posición de un objetivo cuyo movimiento se restringe a lo largo de un camino predefinido corresponde al escenario de rastreo de trayectoria. Para este escenario es posible separar las restricciones espacio temporales de los objetivos de posición. Descartando cualquier información a-priori de la trayectoria este escenario puede verse como el seguimiento de objetivo y manejarse con los métodos correspondientes; a pesar de esto, pueden resultar trayectorias extrañas relativas al camino deseado. El último esquema es la ruta de maniobra (*path maneuvering*) donde el objetivo de control es el empleo del conocimiento acerca de las restricciones de maniobrabilidad del vehículo para negociar la factibilidad del camino definido; por

ejemplo, atravesar el camino tan rápido como sea posible sin descarrilarse en ningún punto del camino.

A continuación, se consideran tres estrategias de guía u orientación: línea de visión (*line of sight LOS guidance*), persecución pura (*pure pursuit PP guidance*) y rodamiento constante (*constant bearing CB guidance*). Línea de visión (LOS) es un esquema de orientación de tres puntos, el interceptor debe restringir sus movimientos a lo largo de la línea de vista entre el punto de referencia y el objetivo, es similar a la persecución pura (PP) cuando el interceptor está sobre la línea de vista. El esquema (LOS) se emplea con misiles tierra-aire, controlados por una estación terrestre la cual ilumina el objetivo con un haz que guía al misil y se supone que se ubica sobre él haz, por esta razón se conoce como (*beam-rider guidance*). Ver Ilustración 1.

La estrategia persecución pura (PP) es un esquema de orientación de dos puntos donde el interceptor debe alinear su velocidad a lo largo de línea de vista de su objetivo. Ver Ilustración 2

USO DE UNA MAQUINA AVANZADA CON CON ARQUITECTURA RISC.

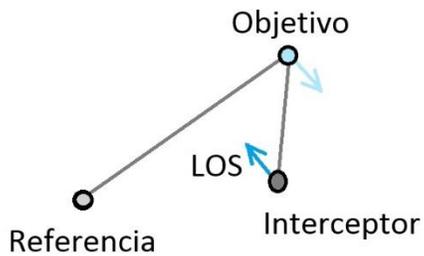


ILUSTRACIÓN 1. LÍNEA DE VISIÓN.

Esta estrategia es equivalente a un predador cazando una presa en el mundo animal y resulta en una persecución de la cola. El esquema (PP) se utiliza en misiles aire-tierra.

La estrategia rodamiento constante (CB) es un esquema de orientación de dos puntos donde el interceptor debe alinearse con la velocidad relativa del objetivo a lo largo del vector entre el interceptor y el objetivo. El interceptor percibe al objetivo en constante rotación acercándose a este en un curso de colisión directa. Ver Ilustración 3.

Esta estrategia es típicamente empleada en misiles aire-aire y ha sido usada por marineros para evitar colisiones en el mar, se refiere muchas veces en la literatura como navegación paralela. El método más común para implementar la estrategia (CB) es hacer la velocidad de rotación de la velocidad lineal del interceptor proporcional a la velocidad de rotación del objetivo interceptor lo cual se conoce como navegación proporcional (*proportional navigation PN*).

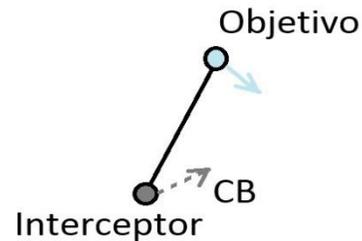
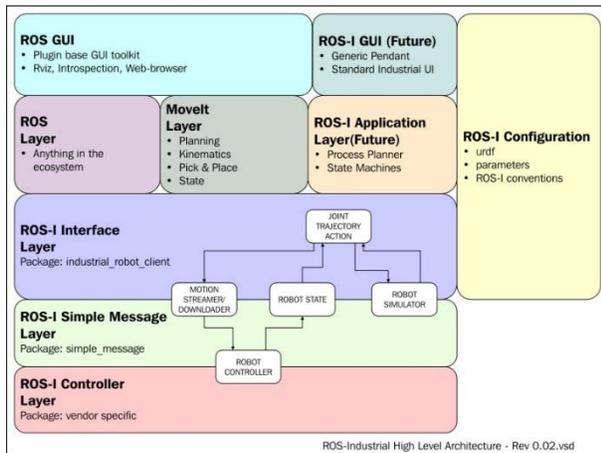


ILUSTRACIÓN 3. ROTACIÓN

El grupo de investigación GENTE ha explorado varias opciones durante los primeros meses del año 2019 con el fin de establecer las condiciones técnicas adecuadas para la implementación uno de los sistemas de guía explicados en la sección anterior en el vehículo submarino ARCA de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Las tendencias más visibles en investigaciones que aplican tecnologías robóticas están utilizando maquinas avanzadas con arquitectura RISC y el sistema operativo ROS, el cual ofrece librerías gratuitas para implementación de sensores y actuadores en los robots [8][9]. La anterior selección permita desarrollar investigaciones de bajo costo y altas prestaciones tecnológicas. La configuración inicial sobre la cual se están realizando pruebas se presenta en la ilustración 4.

ILUSTRACIÓN 4. ARQUITECTURA DE ROS SOBRE ARM.



TOMADO DE: [HTTPS://BIT.LY/2WMKFIN](https://bit.ly/2WMKFIN)

El núcleo central de operaciones del vehículo se encuentra soportado sobre la SBC (single board computer) o computadora de tamaño reducido “Raspberry pi”, basada en microprocesador ARM. Se utiliza el sistema operativo raspbian y el framework ROS, el cual realiza las tareas de control de hardware a través de buses de comunicación y delega el manejo de sensores en MCUs (*Micro Controllers Units*) o unidades de microcontrolador. Los nodos programados en ROS reciben, operan y comunican los datos del control de la ruta así como la dirección y actuación de los motores del vehículo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación del sistema de guía de los vehículos submarinos se establece considerando el vehículo como un punto en movimiento sobre un espacio tridimensional. Las máquinas ARM son una solución factible en términos de apoyo tecnológico y costo de implementación.

El uso del ROS contribuye a mejorar los problemas de comunicación entre sensores y actuadores con protocolos de comunicación diversos.

Una vez superada la etapa de implementación del sistema de guía se diseñará un vehículo que presente las mejores características mecánicas e hidráulicas con el fin de construirlo e identificar el modelo dinámico.

REFERENCIAS

- [1] T. I. Fossen and K. Y. Pettersen, “On uniform semiglobal exponential stability (USGES) of proportional line-of-sight guidance laws,” *Automatica*, vol. 50, no. 11, pp. 2912–2917, 2014.
- [2] S. Gomáriz, I. Masmitjà, J. González, G. Masmitjà, and J. Prat, “GUANAY-II: an autonomous underwater vehicle for vertical/horizontal sampling,” *J. Mar. Sci. Technol.*, 2014.
- [3] T. I. Fossen, *Marine Control System Guidance, Navigation, and Control of*

- Ships, Rigs and Underwater Vehicles*. Marine Cybernetics, Trondheim, Norway (2002), 2002.
- [4] S. Zhao, J. Yuh, and S. K. Choi, "Adaptive DOB Control for AUVs," no. April, pp. 4–9, 2004.
- [5] C. S. DRAPER, "Guidance is Forever," *Navigation*, vol. 18, no. 1, pp. 26–50, Mar. 1971.
- [6] A. Locke, "Guidance," 1955.
- [7] M. Breivik, "Topics in Guided Motion Control of Marine Vehicles," 2010.
- [8] H. Tang, J. Xi, T. Shen, ... J. B.-N. X. G., and undefined 2019, "Research and development of a monitor system for underwater remote-operated vehicles based on ROS," *search.proquest.com*.
- [9] M. Prats, J. Perez, ... J. F.-2012 I., and undefined 2012, "An open source tool for simulation and supervision of underwater intervention missions," *ieeexplore.ieee.org*.

PROTOTIPO PARA EL REACONDICIONAMIENTO ELECTRÓNICO DE UN AUTOCLAVE ODONTOLÓGICA PARA LA EMPRESA VHM INGENIERÍA S.A.S.

JHONATTAN ALEXIS RIVERA RONDÓN¹

Resumen

El artículo que se desarrolla en este documento abarca el diseño de un prototipo para el reacondicionamiento electrónico de un equipo de autoclave odontológica para la empresa VHM Ingeniería S.A.S. de la ciudad de San José de Cúcuta. El desarrollo del proyecto se basó en la tarjeta de desarrollo microcontroladora Arduino Mega 2560; las variables procesadas se almacenan en una memoria SD al tiempo que se muestran en una pantalla digital táctil con interfaz HMI (*Human-Machine Interface* por sus siglas en inglés). Es así que se contempla el análisis del estado inicial del equipo, la programación para la adquisición, visualización y transmisión de los datos y distintas pruebas de funcionamiento teniendo en cuenta métodos de control de temperatura PID y ON/OFF.

Palabras claves: *Autoclave, esterilización, HMI, prototipo, reacondicionamiento.*

¹ Programa académico ingeniería electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander. Email: ing.jhonattanrivera@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Un autoclave es un recipiente metálico de paredes gruesas con cierre hermético que permite trabajar con vapor de agua a alta presión y alta temperatura que se utiliza para realizar procesos de esterilización. Principalmente son empleados en la industria médica para la esterilización de instrumentos quirúrgicos [1] [2].

En la ciudad de Cúcuta —Colombia—, las redes hospitalarias y clínicas utilizan equipos de autoclave en labores cotidianas de esterilización odontológica [3] [4]. La mayoría de estos equipos muestran sus variables con instrumentación analógica, lo que resulta un problema al momento de querer llevar un registro fiable de las lecturas: los encargados de los equipos no pueden supervisar en todo momento el proceso; y cuando lo hacen, la lectura es una aproximación del valor indicado por una aguja en la escala de los manómetros analógicos.

VHM Ingeniería S.A.S. es una empresa dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento hospitalario a instituciones públicas y privadas [4], y en su labor se encuentran constantemente con equipos de autoclave odontológica. Para sus clientes, se hace cada vez más importante llevar un registro completo de las operaciones de sus equipos: estos datos son la base para evaluar el rendimiento y respaldar que los procesos a lo largo de los ciclos de esterilización se estén llevado a cabo de manera estable y eficiente [5]; es por esto que fue importante desarrollar, para el portafolio de servicios de la empresa, una solución de ingeniería que le permitiera incursionar en el reacondicionamiento electrónico de equipos.

El desarrollo de este artículo emula entonces en un prototipo las funciones primarias del *deber ser* de un autoclave, junto con las adiciones propias del proyecto.

Se contempla así el análisis del estado inicial del equipo, la programación para la adquisición, visualización y transmisión de los datos y distintas pruebas de funcionamiento utilizando métodos de control de temperatura acordes con la aplicación; del mismo modo está estructurado este artículo.

ANÁLISIS DEL ESTADO INICIAL DEL AUTOCLAVE

Para este artículo, se hizo el reconocimiento del autoclave EA-625T, del fabricante *TRIDENT MEDICAL*, presentado en la Figura 1. Fue este modelo en particular el que estuvo disponible en la empresa VHM Ingeniería S.A.S. para intervenir y llevar a cabo el desarrollo del prototipo; por las condiciones propias del proyecto, éste fue pensado para funcionar en cualquier modelo de autoclave.

Figura 1. Estado inicial del autoclave EA-625T con vista lateral superior y vista frontal

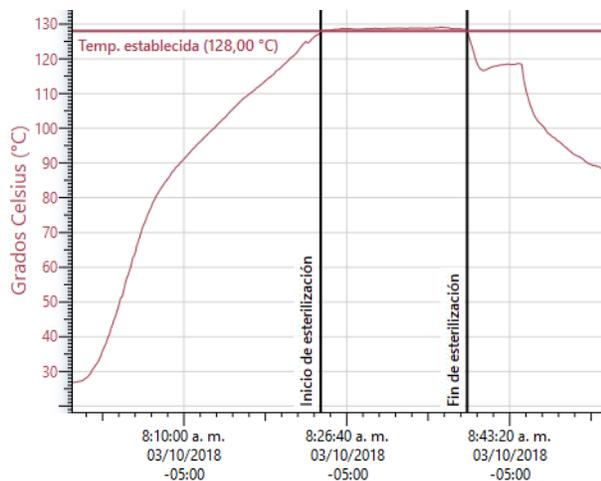


En el proceso de reconocimiento se identificaron también las propiedades del microcontrolador AT89S51 con el cual funcionaba inicialmente, del relé de estado sólido KSI240D40L y de la electroválvula C3 FG-LINE 110V: todos componentes encargados de actuar en el funcionamiento esencial del equipo.

Teniendo en cuenta que un autoclave presenta un comportamiento dinámico diferente para cada punto de operación, el proceso de caracterización se realizó alrededor del punto de operación (P,T) = (2.5 BAR / 128 °C), según las propiedades termodinámicas del agua saturada (líquido-vapor). Es así que se capturaron los datos de 27 equipos de autoclave GNATUS BIOCLAVE 12L. Para esto se utilizó el registrador de temperatura HiTemp Datalogger —serie Q71899— del fabricante MadgeTech, Inc., el cual cuenta con un certificado de calibración NC-18-06-28-164 del 20 de junio del 2018.

Los datos se obtenidos se descargaban en una computadora con un software propio del fabricante y se obtenía una gráfica de temperatura contra tiempo, como se muestra a continuación en la Figura 2.

Figura 2. Gráfico representativo del proceso de esterilización del autoclave



A partir de los datos capturados, se desarrolló la identificación empleando la herramienta *ident* de MATLAB, obteniendo como resultado el modelo P(S) de segundo orden con polos reales —ver ecuación (1)— que corresponde a un ajuste del 91.83% respecto a conjunto de datos.

$$P(S) = \frac{125.3}{8075 * S^2 + 389.2 * S + 1} \quad Eq. (1)$$

Una vez modelado el conjunto de datos, se utilizó la herramienta de MATLAB denominada *PIDTool*, que sirvió para obtener los parámetros de un controlador PID sintonizado mediante la técnica de asignación de polos, como se muestra en la ecuación (2):

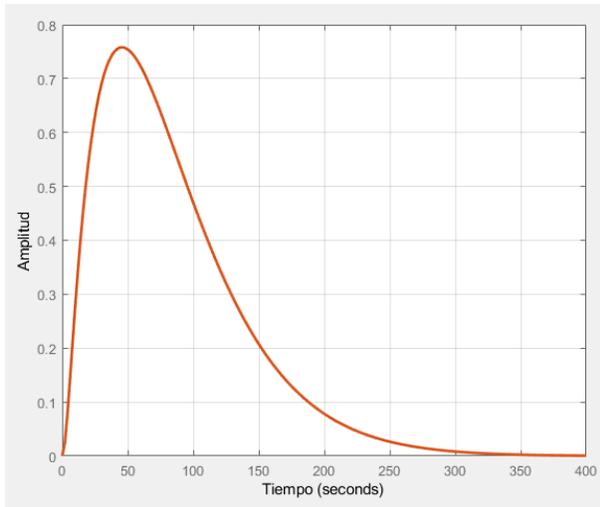
$$K_p + K_i * \frac{1}{S} + K_d * S \quad Eq. (2)$$

Donde los coeficientes corresponden a,

$$\begin{aligned} K_p &= 0.9858 \\ K_i &= 0.0118 \\ K_d &= 20.544 \end{aligned}$$

En consecuencia, la Figura 4 presenta la acción de control ante perturbaciones de entrada. Se tuvo en cuenta este diseño de control PID como referencia en el desarrollo de este artículo

Figura 4. Acción frente a perturbaciones



PROGRAMACIÓN DE LA LECTURA DE LOS SENSORES

Con el Arduino Mega 2560 escogido como sistema embebido de placa reducida, la programación de todo el proyecto se hizo en el lenguaje y entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) que ofrece Arduino.

Para la lectura de los sensores se tuvo en cuenta la resolución de los pines analógicos del Arduino Mega 2560. Según los datos del fabricante, los microcontroladores de Arduino cuentan con un conversor analógico/digital con una resolución de 10 bits, es decir, devolviendo enteros entre 0 y 1023. Por tanto, para valores de lectura de entre 0V y 5V, se calculó la resolución de estos pines de la siguiente manera:

$$\text{Resolución} = \frac{5V}{1024 \text{ unidades}} \approx \frac{4.88mV}{\text{unidad}}$$

Es así que este microcontrolador es capaz de detectar variaciones en el nivel de la señal de entrada aproximadamente cada 4.88mV. El pin analógico A15 del Arduino Mega 2560 se dispuso como pin de entrada para un transmisor de presión encargado de

recolectar los da-tos de presión del autoclave; este dispositivo, con base en los parámetros obtenidos del reconocimiento del autoclave, debe tener un rango de operación de entre 0 a 4 bar y una salida de 0V a 5V. Por lo tanto, hubo que normalizar para el rango deseado:

$$\frac{4 \text{ bar}}{1024 \text{ unidades}} = \frac{1 \text{ bar}}{256 \text{ unidad}}$$

Lo que quiere decir que es sensible a cambios de aproximadamente 3.91 mBar. Así, para los valores que lee el pin analógico de entre 0V y 5V, serán interpretados como de 0 bar a 4 bar respectivamente.

Para la lectura de la temperatura se usó una PT100 de tres hilos de la marca JAMU, con una longitud de 1.5m y un diámetro de 12mm. Este sensor es en realidad una franja de platino con una resistencia de 100 ohms a 0°C.

Para obtener una mayor precisión y exactitud en las medidas de esta PT100, se debe usar un amplificador que esté diseñado para leer la resistencia baja; mejor aún, que tenga un amplificador capaz de ajustar y compensar automáticamente la resistencia de los cables de conexión. Es por esto que se decidió usar el ADAFRUIT MAX31865.

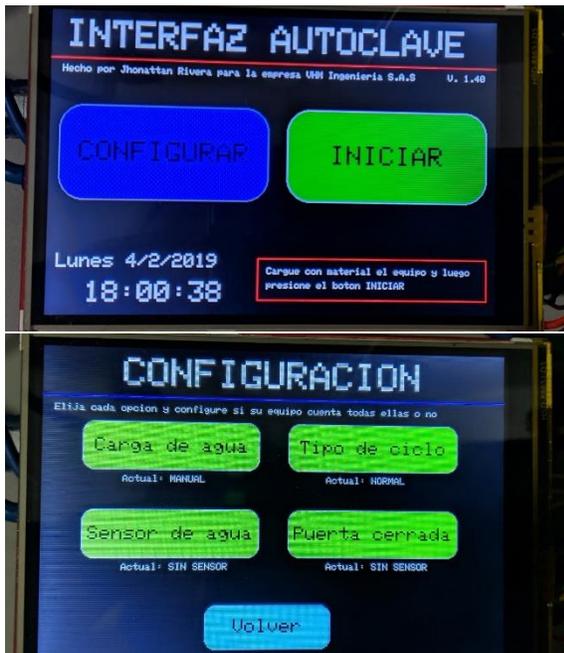
PROGRAMACIÓN DE LA TRANSMISIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS

Así pues, con las lecturas de los sensores hechas, se consideró necesario integrar un módulo datalogger con RTD —*Real Time Clock*, por sus siglas en inglés— para llevar el registro de las acciones y lecturas realizadas por el microcontrolador, con fecha y hora funcionando independientemente, en una memoria SD. Se escogió para esto una adaptación del ADAFRUIT Data Logger Shield.

En la programación del mismo se crea un archivo de texto plano .txt donde se hará el registro; los datos de fecha, hora, minutos, segundos y las lecturas de temperatura y presión son almacenados en la tarjeta SD. Estos datos concatenados se separaron entre sí con punto y coma (;) para poder ser exportados en cualquier software de análisis de datos.

Al tratarse de un prototipo, el desarrollo de esta interfaz humano-máquina se pensó en una primera versión inicial, donde sólo se muestran los parámetros y actuadores básicos para su funcionamiento y no se tuvo en cuenta el desarrollo de ningún manual, instructivo o ayudas para el operario final. El desarrollo de los menús y configuraciones se ejecutó de acuerdo con las necesidades del proyecto y se muestran algunos resultados en la Figura 5.

Figura 5. Interfaz de la pantalla de inicio y de configuración del autoclave



Con lo anterior mencionado, se usó la pantalla táctil LCD TFT MCFRIEND de 3.5". Se utilizaron las librerías específicas para esta pantalla y el touchscreen de la misma.

Con todos los dispositivos programados, la integración de los códigos se enfocó en velar que todos éstos funcionaran de manera conjunta en el microcontrolador Arduino Mega 2560. Una muestra del montaje final se ve en la Figura 6, con todos los módulos apilados, los códigos debidamente integrados y el sistema funcionando en su totalidad.

Figura 6. Muestra del montaje del prototipo.



PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Con el prototipo en funcionamiento, se realizaron pruebas de uso y se recolectó la información registrada en la tarjeta SD. En un primer momento, y teniendo en cuenta los coeficientes obtenidos de los parámetros de un controlador PID de la ecuación (2), se hicieron pruebas utilizando este método de control. Y en un segundo momento, se hicieron pruebas con control ON/OFF. Los resultados se muestran respectivamente en la Figura 7 y 8.

Figura 7. Gráfica de control PID

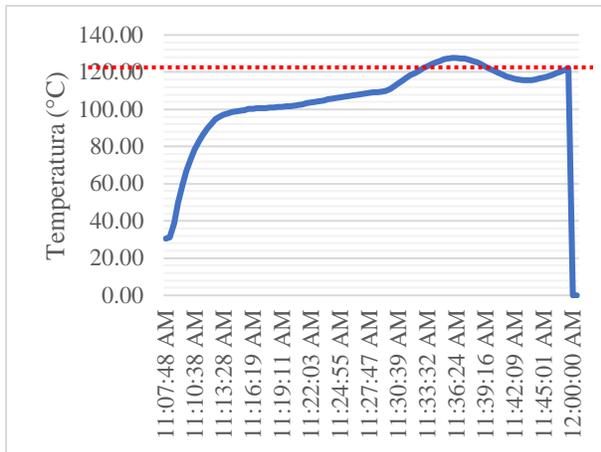
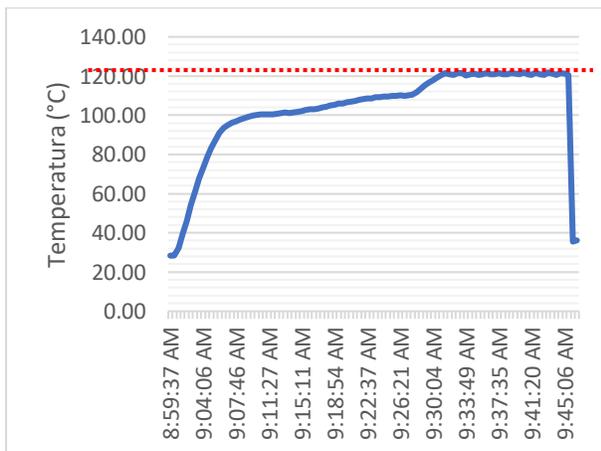


Figura 8. Gráfica de control ON/OFF



Sin embargo, el sobrepico del control PID es inaceptable para esta aplicación y el tiempo

de establecimiento es demasiado grande. El uso del relé como actuador causó estos errores.

Además, la característica de portabilidad de este prototipo impidió prosperar con el desarrollo del control PID, pues a cada autoclave al que se le quisiese instalar el sistema debería ser analizado previamente para encontrar la ecuación de la planta y hacerle su respectivo análisis para sintonizar el control; son tareas que se consideraron ineficaces para los propósitos del proyecto y se estableció entonces el control con un sistema ON/OFF. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1. Errores de temperatura

Error absoluto promedio	0,337 °C
Error absoluto máximo	0,880 °C
Error relativo promedio	0,279 %

Según la Tabla 1, en promedio se obtuvo un error de 0.337 °C de la temperatura establecida, con un error máximo de 0,88 °C; valores de desempeño muy aceptables, tomando como base un error total de 0.278 % en las medidas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En áreas tales como el control y registro de datos industriales, el uso de sistemas con PLC generalmente suele predominar; sin embargo, se pudo comprobar, utilizando una matriz de decisiones, que la placa microcontroladora Arduino Mega 2560 es superior para abordar las necesidades propias que tuvo este artículo.

La modularidad y la comunidad de desarrollo de software libre de las placas Arduino no

sólo permiten construir sistemas a medida de requisitos, sino que son capaces de admitir mejoras modulares según el avance de cada aplicación. El desarrollo de este artículo no sólo permitió integrar diferentes módulos de distintos fabricantes, sino admitió modificaciones vía hardware y software.

A pesar de que el objetivo de este artículo nunca estuvo enfocado en los sistemas de control se concluyó que, para esta aplicación en específica, es decir, un desarrollo de ingeniería portable a cualquier equipo de autoclave, la mejor estrategia de control es ON/OFF. Fue evidente en las pruebas de uso que el desarrollo de un control PID requeriría un análisis a cada equipo que se quisiera instalar; esfuerzos que se consideran ineficaces para un autoclave que en su cotidianidad no es sometido a perturbaciones significativas.

Las ventajas en operaciones de soporte técnico, diagnóstico y reparación de un posible producto final serían notables. Al tratarse de un sistema modular, reemplazar o encontrar averías en módulos separados resultaría mucho más sencillo en comparación con los viejos sistemas analógicos con lógica cableada.

Se recomienda darle continuidad a este artículo haciendo posible la transmisión inalámbrica de los datos que son procesados y almacenados y tener acceso a ellos de manera remota.

Se recomienda mejorar la experiencia al usar la interfaz HMI utilizando una pantalla capacitiva en vez de una resistiva. Esto mejoraría la exactitud del touch y evitaría falsos toques.

REFERENCIAS

[1] H. S. Cho, G. D. Tao and A. Winter. (2012). «*Achieving appropriate design for developing world health care: The case of a low-cost autoclave for primary health clinics*». San Diego, CA. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society pp. 2400-2403. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6346447&isnumber=6345844>

[2] J. Huijs. (2014). «*Facing the standards gap: an autoclave for the rest of us*». London. Appropriate Healthcare Technologies for Low Resource Settings pp. 1-4. Recuperado de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7083603&isnumber=6928303>

[3] W. J. ROGERS. (2013). «*The effects of sterilization on medical materials and welded devices*», Cambridge, United Kingdom. Woodhead Publishing Limited pp. 79-130. Recuperado de <https://doi.org/10.1533/9780857096425.1.79>

[4] L. K. Mssey. (2005). «*The effects of sterilization methods on plastics and elastomers*», Norwich, New York. William Andrew, Inc. Recuperado de <https://www.elsevier.com/books/the-effect-of-sterilization-methods-on-plastics-and-elastomers/massey/978-0-8155-1505-0>

[5] Y. Yue, V. Minh y C. Xiao. (2017) «*Reservoir Surveillance and Production Optimization Workflow from Real-Time Data Advantage at a Joint Venture Gas Project*» Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, vol. 28, pp. 1883-1895. Recuperado de https://doi.org/10.1007/978-981-10-7560-5_168

DISEÑO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y PARA APOYO DIAGNÓSTICO MÉDICO

MSc. OSCAR MANUEL DUQUE SUÁREZ¹
MSc. (c) Esp. MARÍA CAROLINA DUQUE SUÁREZ ²

Resumen

El presente documento orienta la discusión para fines de diseño y desarrollo de sistemas de visión artificial enfatizando en sus implicaciones en el análisis biomecánico, puesto que la biomecánica es un área de conocimiento multidisciplinaria que estudia los fenómenos cinemáticos y mecánicos que presentan los seres vivos y el apoyo diagnóstico como herramienta que realiza métricas u operaciones tendientes a facilitar mediciones confiables y sistematizadas para diagnóstico, generalmente es un software.

Palabras claves: *visión artificial, biomecánica, apoyo diagnóstico, sistemas inteligentes.*

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Tecnoacademia Cúcuta-GINDET, oduques@sena.edu.co

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Tecnoparque Nodo Ocaña CIES- GINDET-GIAC, macduques@sena.edu.co.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual la sinergia entre diversas ramas del conocimiento permite desarrollar sistemas óptimos para fomentar el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad. Puntualmente cuando se introduce la aplicación de sistemas automáticos para el análisis biomecánico y de apoyo para el diagnóstico de enfermedades se generan un impacto significativo. Para dar cabida a dicha sinergia se vincula el uso de sistemas de reconocimientos de patrones y de visión artificial basados en su aplicabilidad y funcionalidad conjunta que brindan resultados importantes para el avance científico y tecnológico.

Actualmente la prevención de la aparición de sintomatologías y la medición de múltiples variables propias de la biomecánica; pero las mediciones e intervención de los expertos y especialistas de dichas áreas son costosas pero necesarias ya que orienta al paciente sobre la responsabilidad individual que se debe tener y de los riesgos que se corren a largo plazo por no tratar a tiempo una patología, el cual trae una serie de impedimentos que no favorecen una condición de vida apropiada. En el ámbito deportivo, rehabilitación entre otras áreas medir trayectorias articulares y realizar análisis cinemáticos y dinámicos son

oportunidades de desarrollos usando sistemas de visión artificial.

DISCIPLINAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

Para implementar un sistema de visión artificial para análisis biomecánico y como apoyo al diagnóstico clínico, se hace necesario precisar que se establece por sinergia de sistemas inteligentes, visión artificial, biomecánica o ramas médicas. De esa forma el siguiente abordaje teórico que respalda lo antes mencionado.

Sistemas Inteligentes

Desde que el término Inteligencia Artificial se acuñó a mediados del siglo XX, muchos han sido los avances que se han logrado en esta área del conocimiento. Como resultado de este desarrollo se han creado sistemas que exhiben comportamientos “inteligentes” tales como: sistemas expertos, sistemas de control automático, sistemas de navegación autónomos, sistemas de visión artificial, sistemas de reconocimiento de voz, sistemas de predicción financiera, sistemas de extracción de conocimientos en grandes volúmenes de datos. Un sistema inteligente debe exhibir una o más de las siguientes propiedades: percepción, representación y extracción de conocimiento, memoria, capacidad de tomar decisiones, aprendizaje,

adaptación y capacidad de interactuar de manera apropiada con el ambiente.

A partir de los sistemas inteligentes en la biomecánica y las áreas médicas se generan orientaciones y apoyos a los profesionales de dichas disciplinas en la ejecución de ciertos análisis, asistiéndolos en las tareas más tediosas, a partir de esto se puede pasar a hablar del reconocimiento y clasificación de imágenes biomecánicas y de ramas médicas.

A continuación, se hace una breve descripción de las técnicas de sistemas inteligentes más destacables.

Técnicas De Clasificación

Las corrientes de la inteligencia artificial y computacionales emergentes son ciencias abiertas en sentido de que se definen técnicas de solución de características de paradigmas, ya sea por variaciones o diferentes fenómenos inteligentes que ocurren en la naturaleza. (Mora Marco, Jarur, Sbarbaro) [2].

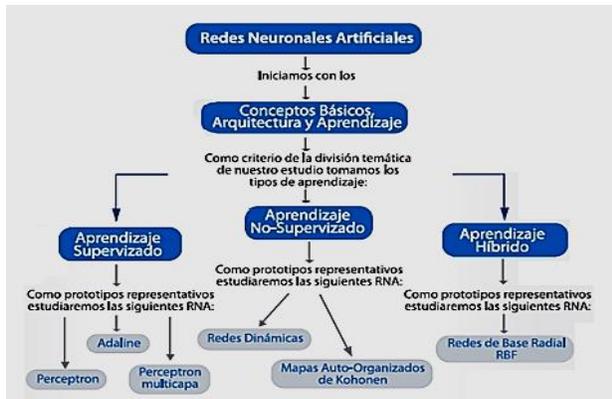
La clasificación es la atribución de una clase específica a un objeto. Esta atribución, necesita un cierto grado de abstracción para poder extraer generalidades a partir de ejemplos disponibles. Para una máquina, la clasificación de rostros, de datos médicos o de formas son tareas bastante difíciles, mientras que para un humano son cuestiones cotidianas. Una técnica que

puede ser utilizada para resolver estos problemas es el aprendizaje. (Álvarez Camarena Christian y Palma Villegas Walterio) [3].

Redes Neuronales Artificiales (Rna): Se presentan dos de las muchas definiciones que se encontraron en desarrollo de investigaciones para intentar definir una Red Neuronal Artificial. Según Haykin(1994), una red neuronal es un procesador paralelo masivamente distribuido que tiene una facilidad natural para almacenar el conocimiento obtenido de la experiencia para luego hacerlo utilizable, y según Kohonen (1982) son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simple(usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace un sistema nervioso biológico. (Farnood Farshid y Farsad Nasir) [4].

Las redes neuronales artificiales emulan la estructura hardware del sistema nervioso humano, con el propósito de construir sistemas de procesamiento de la información paralelos, distribuidos y adaptativos, que presenten un comportamiento inteligente. (Ferrin Diego y Magdalena Ximena) [5]

Figura 1. Mapa conceptual de RNA



Fuente: Ferrin Diego y Magdalena Ximena [5]

Máquinas De Soporte Vectorial (Svm):

Las máquinas de soporte vectorial surgen como un método de clasificación basado en la teoría de Vapnik (1990) y de su equipo de AT&T de minimización de riesgo estructural. (Díaz, Christian, Torres, Ramírez, García, y Álvarez) [6].

Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) son algoritmos de aprendizaje supervisado, se usa sobre un conjunto de ejemplos para entrenamiento, tiene solución única; es robusto a ruido, múltiples dimensiones y redundancia en las dimensiones; usa modelos lineales para implementar clases con separaciones no lineales al transformar el espacio de entrada en un nuevo espacio. (Santafé, Pablo) [7].

- **Máquinas De Soporte Vectorial De Mínimos Cuadrados (Lssvm):** Las LSSVM en regresión surgieron como alternativa a las máquinas de soporte vectorial en regresión, con

algunas ventajas como resolución más sencilla, ya que desaparece el parámetro de holgura y se disminuyen a la mitad el número de multiplicadores de Lagrange solucionando los problemas de entrenamiento, eficiencia, y tamaño de los modelos (Rubio 2009). (Santafé, Pablo) [7].

Visión Artificial

El termino de visión artificial es muy amplio en el área de conocimiento por tal razón presentaremos definiciones dadas por reconocidos investigadores.

Según lo planteado se puede definir la Visión Artificial como un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas permite la adquisición y análisis automática de imágenes con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad.

Adquisición De La Imagen: La primera etapa es la construcción del sistema de captación de las imágenes. Su objetivo es transformar y hacer realce, mediante el uso de conceptos de la disciplina de la fotografía (iluminación artificial, lentes-óptica, modos de captación-cámaras, filtros físicos o digitales, monitores-pantallas, entre otras), las características perceptibles visualmente de los objetos del sistema de visión (dimensiones, contornos, superficies, colores, brillos y sombras).

Preprocesado: Una vez capturado el fotograma se procederá con el preprocesado. Esta etapa tiene la finalidad de optimizar la calidad de la información que se puede extraer de la imagen tomada. El preprocesado envuelven operaciones de perfeccionamiento de la relación señal-ruido (denoising), SNR, de mitigar las fallas de la adquisición debido a la función de transferencia del sistema de captación de imágenes (deconvolution), de reglar la imagen, de mejorar el contraste, brillo o de optimizar la distribución de la intensidad (enhancement) o de exaltar algunas particularidades de la imagen, como bordes o áreas.

Segmentación: Esta tercera fase es la encargada de dividir o recortar la imagen en los sectores de interés o donde se concentran las características a abstraer. Se busca separar las regiones de las de la imagen necesitan interpretación o análisis de las que no. A menudo se perfecciona este resultado para eliminar de la imagen la suciedad y el polvo de los elementos a analizar.

Representación Y Descripción (Extracción De Características): Una vez dividida la imagen en zonas con características de más alto nivel se pasará a su extracción de las características. Básicamente son de tipo morfológico, tales como área, perímetro, excentricidad,

momentos de inercia, esqueletos, pero también se puede emplear características basadas en la textura o en el color.

Reconocimiento E Interpretación: Una vez que la imagen ha sido satisfactoriamente segmentada y han sido extraídas las características, el procesador puede hacer una serie de pruebas y mediciones en los elementos de interés que aparecen en la escena. Existen multitud de algoritmos que nos ayudan a obtener los resultados deseados. Entre ellos, cabe destacar sus funcionalidades:

- Detección de formas
- Análisis geométrico
- Comparación con patrones
- Medición de objetos
- Detección de objetos difusos

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Visión Artificial es una rama muy amplia con múltiples implicaciones en todas las ramas de la ingeniería.

La sinergia de ramas de la ingeniería como la mecatrónica fortalece y amplían las aplicaciones y casos de estudio que puede abordar la visión artificial.

El análisis biomecánico y los desarrollos de apoyo diagnóstico son enfoques que pueden ser abordados con grandes resultados por la

visión artificial, la inteligencia artificial y las ciencias médicas.

Un Marco metodológico adecuado potencia el desarrollo de prototipos basados en visión artificial con enfoques en las ciencias biomédicas y el apoyo diagnóstico exitosos.

REFERENCIAS

Mercedes, Rubén (2001) La investigación en Informática Médica en nuestros Centros de Educación Médica Superior. Recuperado de http://www.rcim.sld.cu/revista_5/editorial_5.htm.

Mora Marco, Jarur, Sbarbaro. (2007) Automatic Diagnosis Of Plant Pathologies: A Neural Networks Approach. Universidad católica de Maule. Chile. Recuperado de http://rd.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-72393-6_136.

Álvarez Camarena Christian y Palma Villegas Walterio. (2010), Desarrollo y biomecánica del arco plantar. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2010/ot104c.pdf> >.

Farnood Farshid, Farsad Nasir. (2013) Integration of close range photogrammetry

and expert system capabilities in order to design and implement optical image based measurement systems for intelligent diagnosing disease. Universidad Tabriz, Iran. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224114000256>

Ferrin Diego, Magdalena Ximena. (2013) Determinación de parámetros morfológicos de la huella plantar mediante procesamiento digital de imágenes. Revista S&T, 11(27), 9-26. Recuperado de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/viewFile/1703/2195 >.

Díaz, Christian, Torres, Ramírez, García, y Álvarez. (2006), Descripción de un sistema para la medición de las presiones plantares por medio del procesamiento de imágenes. Fase I. Revista EIA, 6 (ISSN 1794-1237), Colombia. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149216907004> >.

Santafé, Pablo. (2012), LSSVM aplicada en la estimación de la resistencia de rotor en motor de inducción jaula de ardilla. Universidad de Pamplona. Norte de santander- Colombia.

Recuperado de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_21/13112013/12.pdf >.

UNA MIRADA AL MARKETING DE PROXIMIDAD COMO HERRAMIENTA PARA ACERCAR
SU MARCA AL PÚBLICO OBJETIVO

MSc. HULBER RODRIGO RODRIGUEZ
PINZON MSc. FRANCISCO DE JOSE
FOSSI DE VALERA

Resumen. *Este artículo muestra nuevas tendencias de la comunicación, en busca de querer hacer uso de la tecnología en el área de la publicidad, buscando llegar de manera más directa y contúndete a los usuarios para que una marca o un servicio logre llegar al público objetivo a través de los dispositivos móviles que son de uso permanente en la actualidad.*

Palabras clave: *Geolocalización, Marketing, Beacons, Bluetooth 4.0.*

1 Tecnoparque Nodo Ocaña. Servicio Nacional de Aprendizaje Sena. Grupo de Investigación GINDET – GIAC. Email: hrrodriguepi@misena.edu.co, Ffossi@sena.edu.co.

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

La sociedad ha entrado en una era en la que los avances tecnológicos están marcando los tiempos, por lo que es necesario buscar estrategias que permitan llegar a las personas de una manera directa y contundente, haciendo uso de lo que más usan que es la tecnología. En la actualidad existen herramientas de ayuda para que la administración y gestión empresarial se realicen de mejor manera y que permiten que los negocios avancen al ritmo acelerado de la tecnología y sacar ventaja de ella, El Irlandés Tim O'Reilly, considerado uno de los padres de la web 2.0, creador de la primera tienda de libros digitales en Internet y cofundador de AOL, afirma que en el ecosistema digital solo sobrevive aquel que tiene la capacidad de adaptarse a lo impredecible. Sin duda una de las más importantes herramientas es la publicidad; la cual ha surgido drásticos cambios que han permitido que los negocios avancen al ritmo tecnológico de la actualidad; abriendo espacio a términos como Marketing De

Proximidad. [1]

Marketing de proximidad

Definido como la distribución de contenido o información de relevancia a través de mensajes, multimedia, texto, imagen, utilizando dispositivos móviles dotados de bluetooth, una transmisión que será recibida por los usuarios que estén a una distancia próxima del punto emisor. (Nuevas tendencias en comunicación pág. 144 Sánchez Herrera, Pintado Blanco. 2012) [2]

Importancia del Marketing de proximidad.

En la actualidad se ha evolucionado en las técnicas de marketing usadas por la diferentes compañías para llegar a sus clientes y sin duda alguna estas estrategias exigen que cada vez más la comunicación entre vendedor y comprador sea mucho más personalizada e innovadora, robando la atención del cliente para que le llegue el mensaje que se quiere transmitir.

En esa busca de poder llegar hasta el usuario con el mensaje que se quiera llevar, se busca una herramienta que sea permanentemente usada para que el receptor tenga la posibilidad de obtener el mensaje cuando se desee.

Las acciones más utilizadas, dentro de este concepto, son las relacionadas con la utilización del smartphone de los clientes como elemento de captación para los mensajes de publicidad que se quieren difundir. Con los dispositivos móviles convirtiéndose en un elemento básico de la sociedad moderna y la forma preferida de acceder a los contenidos digitales, las agencias digitales y las marcas, tienen que entender cómo conectarse con éxito con su cliente. El bluetooth, WiFi, códigos QR o NFC, son los canales tecnológicos más utilizados en el smartphone para la utilización de estrategias de marketing por proximidad.

Marketing por proximidad en nuestros negocios.

En pro de innovar en la manera como se llega a los clientes se puede establecer un plan de comunicación para aumentar el engagement de los clientes, reduciendo el tiempo necesario para la comunicación con los mismos y a la vez estableciendo un canal de comunicación cuando los clientes están dentro del radio de acción de la marca. Existen muchas alternativas para el posicionamiento de una estrategia basada en marketing por proximidad; algunos

de estas estrategias podrían ser:

Centros públicos de afluencia

masiva: Son espacios donde la afluencia de público generalmente es grande (centros comerciales, grandes superficies, oficinas de turismo, entes públicos...). Este tipo de espacios generalmente utilizan las estrategias de marketing por proximidad para posicionar información a sus clientes. En centros comerciales podría ser viable, utilizar el bluetooth de nuestros smartphones para generar una serie de cupones descuento de los establecimientos que componen el centro comercial, dar la bienvenida o desear un pronto retorno al abandonar el centro comercial.

Hoteles, ferias y convenciones: El marketing por proximidad aglutina la estrategia de ofrecer información de valor a sus clientes. Una feria o una convención podría informar a los asistentes de las siguientes ponencias o de los expositores más relevantes de la exposición, así como horarios y/o precios de entrada. Todo ello, por ejemplo, para reducir o eliminar las colas en busca de información.

Restaurantes: Generar experiencias encaminadas al aumento de la

satisfacción del cliente, como la obtención automática de las cartas de productos, gestión de reservas auto-atendidas o petición de las cuentas desde la propia mesa.

Entidades financieras: Este sector, tradicionalmente basado en la comunicación presencial, puede ser también objeto de la utilización de estrategias de marketing por proximidad. La utilización de beacons como elemento de posicionamiento de información podría utilizarse para agilizar las colas en las ventanillas de las sucursales. [3].

METODOLOGÍA

El método basado en una investigación descriptiva con enfoque cuantitativo el cual, como lo manifiesta BERNAL TORRES, Cesar Augusto en su libro Metodología de la Investigación, citando a SALKING, Neil “se reseñan las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio”.

COMO FUNCIONAN LOS DISPOSITIVOS PARA IMPLEMENTAR MARKETING DE PROXIMIDAD

Los Beacons son unos dispositivos que emiten señales de onda corta del tipo del Bluetooth 4.0, denominada también como BLE (Bluetooth Low Energy). Su alcance es de unos 50 metros de distancia.

El proceso se inicia cuando el dispositivo beacon a modo de faro emite una señal y una app instalada reconoce la frecuencia del Beacon. La aplicación, una vez alertada por el Beacon hace uso de su ‘inteligencia’ para enviar el mensaje push o notificación.

La información transmitida incluye un UID o universally unique identifier y varios bytes que pueden ser utilizados para determinar la localización física del dispositivo. [4] Todos los beacons poseen las siguientes características configurables independientemente del fabricante o el protocolo utilizado:

- Tx power: es la potencia con la que los beacons transmiten una señal que viaja por el aire y disminuye con la distancia. Lógicamente, cuanto más grande sea esta potencia, más batería consumirá el

beacon.

- Intervalo de emisión: este valor define la frecuencia con la que emite un beacon. A diferencia del tx power, cuanto más bajo sea este intervalo de emisión, más consumirá el beacon.

Los protocolos más usados son:

iBeacon: creado por Apple, fue el protocolo que introdujo la tecnología BLE mundialmente y define 3 parámetros:

- UUID: identifica un grupo.
- Major: identifica un subgrupo de beacons dentro de un grupo más grande.
- Minor: identifica un beacon específico.

Eddystone: es un proyecto de código abierto desarrollado por Google. A diferencia de iBeacon, tiene soporte oficial para iOS y Android. Un beacon configurado con este protocolo puede emitir uno de los siguientes tipos de paquetes:

- Eddystone-UID: contiene un identificador de un beacon.
- Eddystone-URL: contiene una URL.
- Eddystone-TLM: es emitido con los paquetes anteriores y contiene el estado de salud de un beacon, como el nivel de

batería por ejemplo.

- Eddystone-EID: contiene un identificador encriptado que cambia periódicamente.

AltBeacon: protocolo desarrollado por Radius Networks. Fue creado como una alternativa al protocolo cerrado iBeacon, ofreciendo las mismas funcionalidades pero siendo capaz de entregar más información en cada mensaje emitido.[4]

CONCLUSIONES

El marketing de proximidad es una herramienta que puede ser usada por las diferentes compañías en sus diferentes estrategias publicitarias para dar a conocer los productos y servicios, de igual manera es una estrategia innovadora que permite llevar el mensaje a los usuarios de manera intuitiva a través de sus aparatos electrónicos de más uso.

La era moderna de las telecomunicaciones exige innovación y contundencia en los mensajes publicitarios, abriendo puertas al marketing de proximidad, que usa los elementos más usados

de la sociedad actual para llevar un mensaje de un servicio o producto que puede estar necesitando en el momento.

La tecnología dispuesta para fabricación de aplicaciones y

dispositivos requeridos para implementar marketing de proximidad es de bajo costo y de fuente abierta lo que abre grandes posibilidades para el desarrollo de ésta estrategia de Marketing.

REFERENCIAS

[1] Sánchez Herrera & Pintado Blanco. (2012). Nuevas Tendencias en Comunicación

[2] De Haro J. (2017) Marketing de Proximidad. Recuperado de <https://bites.futureospace.es/2017/12/22/la-importancia-del-momento-marketingde-proximidad/>.

[3] Fonseca A. (2014) Marketing Digital. Recuperado de https://books.google.com.co/books?id=bBEBAAQBAJ&pg=PT77&dq=marketing+de+proximidad&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjS5__Yi4PjAhUPyFkKHUZFCt4Q6AEIQTAE#v=onepage&q=marketing%20de%20proximidad&f=false

[4] Gonzales D. (2017) Beacon en Android <https://solidgeargroup.com/beacons-enandroid?lang=es>

CARACTERIZACIÓN DEL EMPUJE DEL MOTOR BRUSHLESS PARA EL USO EN UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO(UAV) MODELO ALA ZAGI.

F. A. MARTINEZ SARMIENTO¹, J. E. ESLAVA PEDRAZA², E. J. VERA ROZO³

Resumen

Este artículo se enfoca en la caracterización del empuje de un motor brushless de 2200KV empleando 3 tipos de hélices con medidas 15x8.9, 18x10 y 20x15 cm. La potencia se generó de manera porcentual por un mando de radiofrecuencia para operar los actuadores del motor, analizando la fuerza generada al suministrarle valores de 25%, 50%, 80% y 100% del ciclo útil de la señal PPM. Para este proceso se creó una estructura tipo (L) de 20x6x0.4 cm y la base de 15x6x0.4 cm en madera balsa ajustada a la balanza digital, el motor se sujetó en la parte alta de la estructura y se observó durante las pruebas realizadas los valores en gramos en el instante donde el motor encendido ejercía presión sobre la balanza. Este análisis obtuvo como resultado que el mejor rendimiento fue proporcionado por la hélice de 15x8.9 cm para el uso de un UAV.

Palabras claves:

Caracterización del empuje de motor brushless, hélices, señal PPM, UAV, ala zagi.

1 Email: franyeradrianms@ufps.edu.co.

2 Estudiantes Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander. Email: jeisoneduardoep@ufps.edu.co.

3 Msc.Esp. Ingeniero Electrónico. Universidad Industrial de Santander. Email: edwinjosevr@ufps.edu.co.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados-UAV (del inglés unmanned aerial vehicle), son aeronaves

a escala utilizadas en la actualidad en varios campos de la ingeniería y áreas afines, “Los drones o UAV tienen un gran potencial en áreas muy diversas, ya que puede desplazarse

rápidamente sobre un terreno irregular o accidentado y superar cualquier tipo de obstáculo” [1]. El funcionamiento de los UAV se encuentra en los motores de corriente continua sin escobillas brushless empleados popularmente en el sector industrial (aeroespacial), debido a que presentan ventajas respecto a motores DC convencionales tales como “Mejor relación velocidad-motor, mayor respuesta dinámica, mayor eficiencia, mayor vida útil, menor ruido y

mayor rango de velocidad” [2].

Se pretende obtener experimentalmente el peso soportado a través de la propulsión (empuje) generado por un motor de 2200KV y

tres tipos de hélices realizando diferentes pruebas.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Dentro del marco conceptual de los motores brushless y las hélices para los UAV, se deben

establecer principalmente los parámetros iniciales que permitirán direccionar el análisis

experimental. A continuación, se presentan las

características y requerimientos planteados por los autores para que cumplan con el siguiente criterio Tabla 1:

Tabla 1. Carga neta para un vehículo aéreo no tripulado.

Parámetro	Valor	Unidad
Peso	0.7	kg

Fuente: Autores.

En la Tabla 1 se observa el parámetro principal

a cumplir en el desarrollo de este proceso experimental, además se debe tener en cuenta

otros aspectos importantes y relevantes necesarios en el proceso de caracterización del motor y observar el mejor rendimiento, estos aspectos se presentan en los siguientes ítems.

Diseño Del Banco De Pruebas

Para medir el peso soportado que genera el empuje de un propulsor, se requiere de una base firme y de material liviano que sostenga el motor y la hélice fija. Para esto se desarrolló

una estructura en forma de (L) ver Figura 1, en

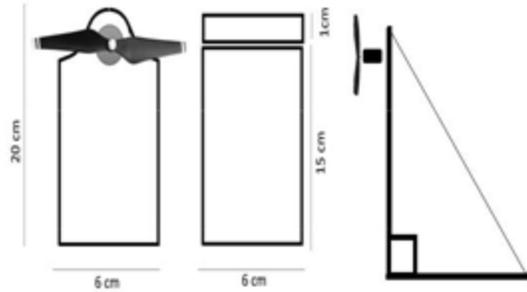
madera balsa debido a que sus propiedades físicas son acordes para la construcción de estos vehículos. Para la medición de la fuerza

ejercida se usó una balanza digital BJ 2100D.

las especificaciones técnicas se observan en la

Tabla 2.

Figura 1. Medidas Estructura en madera.



Fuente: Autores.

Tabla 2. Características balanza de precisión digital BJ 2100D. [3]

Parámetro	Valor	unidad
Capacidad	2100	g
Resolución	100	mg
Dimensiones del panel	170x140	mm
Tiempo de respuesta	2	s
Linealidad	200	mg
Legibilidad	100	mg
Repetibilidad	100	mg

Motor brushless A2212/6T de 2200kv.

Motor de corriente directa sin escobillas ver Figura 2, compuesto por una parte móvil denominada rotor donde se encuentran los imanes permanentes y por una parte fija llamada estator o carcasa, sobre la cual está inmersa el embobinado. Las características más relevantes se pueden observar en la tabla 3.

Figura 3. Motor Brushless de 2200Kv.



Fuente: Autores.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del motor brushless A2212/6T de 2200kv.[4]

Parámetro	Valor	unidad
RPM/V	2200	kv
Peso	47	g
Dimensiones	27.5x30	mm
Eje	3	mm
Corriente Max	30	A
Resistencia Interna	45	mΩ
Eficiencia Max	80	%

Hélices

Las hélices son una pieza fundamental que debe ser seleccionada adecuadamente para que el estilo de vuelo sea el mas optimo, para esto se debe tener en cuenta el tipo de motor a utilizar y las características del mismo. En la Figura 3 y en la Tabla 4 se describen las especificaciones técnicas de las hélices utilizadas.

Figura 3. Tipos de hélices



Fuente: Autores.

Tabla 4. Tipos de hélices para UAV.

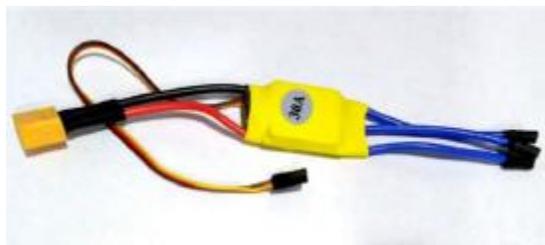
Hélice	Referencia	Diámetro	Peso
1	EP-6035	15x8.9 cm	3.2g
2	APC-07040-EI	18x10 cm	3.9g
3	GWS-EP-8060	20x15 cm	4.3g

Fuente: Autores.

Speed control

Para el funcionamiento del motor brushless se requiere de un controlador de velocidad Speed control de 30A ESC 3A BEC ilustrados en la Figura 4. Y con las especificaciones de la Tabla 5.

Figura 4. Speed control



Fuente: Autores.

Tabla 5. Especificaciones técnicas del Speed control de 30A ESC 3A BEC. [5]

Parámetro	Valor	Unidad
Peso	30	g
BEC	3	A
ESC	30	A
Tipo de motor	Brushless	
Batería	2-3 lipo	Celdas
Corriente nominal	0.5	A

Baterías

Como fuentes de alimentación para generar la corriente suficiente al motor se utilizaron

baterías marca Turnigy de referencia TURNIGY 2200 mA ilustrados en la Figura 5, y descritas en la Tabla 6.

Figura 5. Baterías LIPO. [6]



Tabla 6. Especificaciones técnicas de las baterías referencia TURNIGY 2200 mA 3S 20C Lipo Pack.[6]

Radiocontrol

Las señales de mando para los actuadores fueron transmitidas hacia el motor empleando dispositivos de comunicación por radiofrecuencia empleando un radiocontrol TURNIGY-ER-9X ver Figura 6. El cual permitía enviarle a través de uno de sus 7 canales a una frecuencia establecida los anchos de pulsos a 25%, 50%, 80% y 100% del ciclo útil de la señal PPM.

Figura 6. Radio control TURNIGY-ER-



9X.[6]

RESULTADOS

Para obtener el parámetro requerido se

realizaron 4 mediciones por cada procedimiento haciendo uso de todos los requerimientos expresados anteriormente y la estructura de madera obteniendo los datos proporcionados por la balanza digital al momento de generarle en porcentaje desde el radio control al motor. Este procedimiento de caracterización se realizó para cada una de las 3 hélices ver figura 7, obteniendo los resultados que se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla 7. Mediciones obtenidas de la fuerza ejercida con una hélice de 15x8.9 cm.

Parámetro	Valor	unidad
PPM 25%	165.2	g
PPM 50%	218.4	g
PPM 80%	274.7	g
PPM 100%	296.8	g

Fuente: Autores.

Tabla 8. Mediciones obtenidas de la fuerza ejercida con una hélice de 18x10 cm.

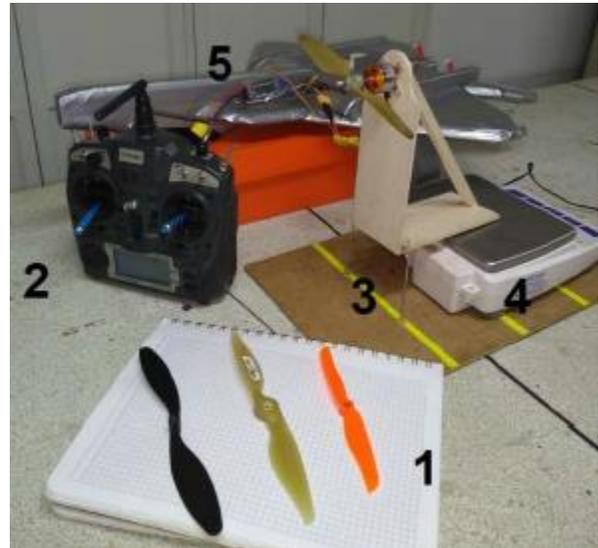
Parámetro	Valor	unidad
PPM 25%	161.4	g
PPM 50%	230.8	g
PPM 80%	245.4	g
PPM 100%	276.7	g

Fuente: Autores.

Tabla 9. Mediciones obtenidas de la fuerza ejercida con una hélice de 20x15 cm.

Parámetro	Valor	unidad
PPM 25%	78.5	g
PPM 50%	134.7	g
PPM 80%	142.4	g
PPM 100%	160.9	g

Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

1. Hélices, 2. Radio control, 3. Estructura en madera, 4. Balanza Digital, 5. Speed control.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó por medio de la caracterización que la hélice de 15x8.9 cm presentó la mejor eficiencia de empuje ejercido por el motor y la hélice obteniendo un máximo de aproximadamente 300g. Además, si se empleaba una hélice de mayores/menores dimensiones estas fuerzan al motor, no genera la tracción suficiente, se recalienta y genera un mayor consumo de energía.

Fue necesario programar el speed control para hacer funcionar el motor a través del radio control por medio de sus configuraciones creando un perfil a una frecuencia específica donde este hace el proceso de envío y recepción de los datos. En el diseño del banco de pruebas se obtuvieron en un principio mediciones erróneas debido al eje de rin utilizado para el movimiento, por consecuencia se observó fricción por lo que fue necesario aplicar un líquido lubricante derivado del petróleo para permitir un desplazamiento mejor de la estructura.

REFERENCIAS

[1] I. DYNAMICS, "Aplicaciones y usos: inteligencia DYNAMICS", luavs.com, 2019. [En línea]. Disponible: http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos. [Accedido: 29- May- 2019].

[2] J. Cotte, A. Moreno and J. Sofrony, Bdigital.unal.edu.co, 2019. [En línea]. Disponible: http://www.bdigital.unal.edu.co/1896/1/jorge_m

ariocottecorredor.2010.pdf. [Accedido: 29- May- 2019].

[3] "Balanza de precisión BJ 2100D - Precisa | Outsourcing Comercial", O-comercial.com, 2019. [En línea]. Disponible: <http://ocomercial.com/productos/instrumentos/balanzas/balanzas-de-precisi%C3%B3n/balanza-deprecisi%C3%B3n-bj-2100d-precisa>. [Accedido: 29- May- 2019].

[4] Z. Hobby, "Motor eléctrico Brushless Outrunner A2212/2200Kv 6T - Zona Hobby", Zona Hobby, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.zonahobby.es/inicio/41-motorelectrico-brushless-outrunner-a22122200kv-6t.html>. [Accedido: 29- May- 2019].

[5] Best.aliexpress.com, 2019. [En línea]. Available: <https://best.aliexpress.com/?lan=en>. [Accedido:29- May- 2019].

[6] "Radio Control Planes, Drones, Cars, FPV, Quadcopters and more - Hobbyking", Hobbyking, 2019. [En línea]. Disponible: https://hobbyking.com/es_es/?__store=es_es. [Accedido: 29- May- 2019].

DEL DISEÑO A LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS MEDICO - HOSPITALARIOS

DILLER GAITÁN ÁLVAREZ¹

Resumen

En el presente documento se realiza una introducción a los proyectos medico hospitalarios, brindando las pautas principales para desarrollar un proyecto en este ámbito, y se presenta una visión de las condiciones que deberán tener en el futuro estas instituciones Medico Hospitalarias.

Palabras claves:

Biomédica, Formulación de Proyectos, Medicina.

¹ Decano de la Facultad de Electromecánica. Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.
electromecanica@itc.edu.co

INTRODUCCIÓN

Las instalaciones medico hospitalarias son un componente esencial en la estructura de las ciudades, estas proveen servicios neurálgicos para la sociedad, y en economías en vía de desarrollo como la nuestra estos servicios se caracterizan por ser deficientes, es por esta razón que en esta investigación se detalla la forma en la cual se deben formular proyectos medico hospitalarios, los cuales superen las problemáticas que se encuentran en el área. Mediante la definición de los aspectos clave en términos de formulación de proyectos, como los son la definición del alcance, Recolección, búsqueda y análisis de la información, Construcción de la imagen y objeto, selección de alternativas, planeación del proyecto, evaluación de la planeación, programación, partes interesadas y finalmente, la ejecución del proyecto se pretende brindar las características principales en términos de la estructuración de un proyecto médico – hospitalario, el cual sea viable desde el punto de vista de formulación de proyectos, normativo y que sea capaz de ser un referente en el área médica.

ASPECTOS CLAVE EN LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS MÉDICO – HOSPITALARIOS

Con el fin de ejecutar un proyecto médico – hospitalario capaz de superar las problemáticas del sector, se debe partir de una fundamentación sólida en la formulación de proyectos enfocada en el área médica, para esto se debe tener en cuenta algunos aspectos en las temáticas correspondientes al alcance, Recolección, búsqueda y análisis de la información, Construcción de la imagen y objeto, selección de alternativas,

planeación del proyecto, evaluación de la planeación, programación, partes interesadas y finalmente, la ejecución del proyecto.

Alcance del proyecto:

Consiste en la Identificación y delimitación del tema, problema o necesidad, tomando como punto de referencia que debe cumplir las siguientes premisas.

- **Delimitar.** (El alcance del proyecto y los inter-dependientes)
- **Medir.** (todos los aspectos técnicos, legales e indicadores)
- **Valorar.** (Todas las posibilidades de adquirir conocimiento)
- **Priorizar.** (Todas las etapas del proyecto según estrategia)
- **Estandarizar.** (procedimientos, métodos, tiempos, mantenimiento)

Recolección, búsqueda y análisis de la información:

Es importante recabar, analizar y procesar la información proveniente de las fuentes técnicas y legales. Por parte de las fuentes técnicas estas tendrán propósitos intrínsecos de la empresa, y consisten de: Seguridad del paciente y la familia, Seguridad de los colaboradores, Seguridad de los proveedores y Seguridad institucional. Por otro lado, las fuentes de información legal, se recopilará la información con fines extrínsecos y consiste de aquella relacionada con: Servicio de calidad (Nivel de servicio – Satisfacción).

Construcción de la imagen y objeto:

Para la construcción de la imagen y el objeto de la empresa, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Verificar el uso del suelo
2. Realizar el Acercamiento arquitectónico (Social, Resolución 2003 de 2014, 2014) (Social,

- Resolución 4445 de 1996, 1996)
3. Realizar el Cálculo estructural (Territorial, 2010)
 4. Realizar los Cálculos hidrosanitarios (NTC, 2014) (NTC, Código colombiano de fontanería, NTC 1500, 2004)
 5. Realizar los Cálculos eléctricos (Energías, 2013)
 6. Realizar los Cálculos de Fluido mecánica, ventilación, (espacios estériles y confortables) (ISO-14644-1, 2015)
 7. Realizar los Cálculos de tuberías de Gases (medicinales y combustibles) (MEDICINAL, 2004)
 8. Realizar los Cálculos de calefacción (Suelos radiantes, geotermia y calderas) (Española, 2017)
 9. Identificar la Gestión-Residuos. (Ambiente, 2002)

Búsqueda y selección de alternativas:

Para efectuar la correcta búsqueda y selección de alternativas del proyecto, es importante tener el “Mindset” adecuado, ya que este permitirá solventar las principales atenuantes para la toma de decisiones, esto se realiza mediante: Adecuada interpretación del aspecto normativo, pensamiento creativo, unificación de posiciones divergentes y la apropiación del conocimiento (historia organizacional y de los proyectos – knowledge databases.

Planeación del proyecto:

En este aspecto es clave identificar los siguientes aspectos:

1. Definir método de planeación los cuales se pueden clasificar como: cuantitativos, cualitativos o una mezcla de los dos.
2. Estructuración del proyecto, la cual es recomendable realizar a partir de una metodología internacional como PMP, PRINCE 2, SCRUM etc...

3. Revisión del proyecto, por parte de pares especializados tanto en el área de proyecto como en área médica.

Evaluación de la planeación:

Existen diferentes metodologías para la evaluación de la planeación realizada, estas se deben valorar y ponderar acorde al entorno y las características particulares en las cuales se encuentra el proyecto, estas metodologías son:

1. Evaluación por objetivos
2. Evaluación por recursos
3. Evaluación por tiempos y movimientos
4. Evaluación por tareas críticas

Programación del proyecto:

La programación del proyecto estará ligada a la metodología utilizada para la planeación del proyecto, y la cual se utiliza como base para la formulación del proyecto, sin embargo, en cada una de estas metodologías se identifican parámetros clave como:

1. Definición de Hitos: los cuales enmarcarán los “milestone” del proyecto, y servirán como referencia ante los interesados de las fechas más importantes del proyecto.
2. Definición de recursos humanos y técnicos: que serán los primeros serán los encargados de ejecutar el proyecto haciendo uso de los segundos.
3. Definición de tiempos: Estos provienen de estudios especializados o del juicio experto.
4. Definición de actividades o tareas críticas: Estas surgen a partir del análisis del cronograma del proyecto y del uso de herramientas como PERT y CPM.

Comunicación de partes interesadas:

Dentro de todo proyecto es clave la gestión de los interesados o “Stakeholders” del proyecto, debido a que el correcto contenido, medio, canal y destinatario de una comunicación puede ser un factor determinante entre el éxito o el fracaso del proyecto, es por esta razón que se recomienda seguir los siguientes pasos con el fin de formular un plan de gestión de las comunicaciones efectivas.

1. Diseño de la estrategia comunicacional
2. Diseño de los instrumentos de adquisición
3. Condiciones de seguridad en la ejecución
4. Determinación de incumplimientos, niveles de servicio y multas

Ejecución de la alternativa seleccionada:

La ejecución de la alternativa seleccionada se compone de las acciones instrumentales y estratégicas del proceso técnico que permiten obtener la situación deseada o la resolución del problema. Las acciones instrumentales puestas en marcha en las producciones técnicas siempre son sometidas al control, ya sea por acciones manuales o delegadas en diversos instrumentos, de tal manera que el hacer es percibido, regulado y controlado.

En tal virtud, estas acciones posibilitan el desarrollo de habilidades para reflexionar sobre las acciones de tal manera que permite, la toma de decisiones, la comprensión de los procesos entre otros, facilitando:

- 1- Replanteos.
- 2- Cortes de avances.
- 3- Soluciones dinámicas.

EL FUTURO MEDICO – HOSPITALARIO

El contexto medico hospitalario está en constante cambio, por lo tanto, es importante posicionarse al frente de las nuevas tendencias y reaccionar rápidamente ante el

entorno, aplicado al **ambiente**, definido como el lugar físico por barrera fija delimitado por techo en el cual se realiza una actividad específica o varias compatibles y al **Área o espacio**, definido como el Lugar físico no necesariamente con barrera física, en el cual se realiza una actividad específica. Otros aspectos a tener en cuenta con respecto a las tendencias medico hospitalarias, son las siguientes.

Figura 1. Otras tendencias en los proyectos



Fuente: Medico Hospitalarios. (Autores, 2019).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La comunicación asertiva y procesos metodológicos, alineados con los estándares de calidad, aseguran el éxito de un proyecto.

La norma brinda la estructura legal y técnica, la obligación ética y moral, es ir un par de pasos por delante de estas.

El precio no es el mejor indicador para asegurar el éxito de un proyecto en ingeniería biomédica.

REFERENCIAS

Ambiente, M. d. (2002). RESOLUCION
NUMERO
01164 DE 2002 .
Energias, M. d. (2013). REGLAMENTO
TÉCNICO DE
INSTALACIONES ELÉCTRICAS.
Española, N. (2017). Resistencia de los
materiales
metálicos a biogénicos líquidos y
combustibles alternativos y sus mezclas.
ISO-14644-1. (2015). Classification of Air
Cleanliness by particle concentration.
MEDICINAL, S. D. (2004). NTC 5318.
NTC. (2004). Código colombiano de
fontanería,
NTC 1500.
NTC. (2014). Norma Colombiana para
Instalaciones Hidrosanitarias.
Social, M. d. (1996). Resolución 4445 de
1996.
Social, M. d. (2014). Resolución 2003 de
2014.
Territorial, M. d. (2010). NSR-10.

PROTOTIPO DE PARQUEADERO “SMART PARKING” PARA OPTIMIZAR LOS ESPACIOS Y TIEMPOS DE APARCADO

J. E. GUTIERREZ LOPERA¹

J. E. ESLAVA PEDRAZA²

F. A. MARTINEZ SARMIENTO³

J. A. TOLOZA RANGEL⁴

A. J. BUENO PRADILLA⁵

S. A. CASTRO CASADIEGO⁶

Resumen

El presente artículo propone una solución para optimizar espacios y tiempos de aparcado mediante el diseño e implementación de un prototipo de parqueadero con escala 1/20. Lo anterior, surge como una alternativa de solución para los parqueaderos de la región. De esta manera, se da respuesta a los inconvenientes de movilidad y localización de espacios para estacionarse, generando crecimiento en el desarrollo social, urbanístico y tecnológico a nivel local y regional. Se utiliza la tecnología Arduino para automatizar el control de presencia y tiempo de los vehículos, se usan sensores infrarrojos de proximidad con indicadores led para la disponibilidad de los puestos de estacionamiento. Además, con la implementación de una interfaz gráfica se logra que los usuarios observen en tiempo real el cupo y los lugares de aparcado disponibles.

Palabras claves:

Arduino, automatización, espacios, parqueadero, optimización.

1 Estudiante. Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander, email: juliesthefaniagl@ufps.edu.co

2 Estudiante. Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander, email: jeisoneduardoep@ufps.edu.co

3 Estudiante. Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander, email: franyeradrianms@ufps.edu.co

4 Estudiante. Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander, email: johanandrestr@ufps.edu.co

5 Estudiante. Ingeniería Electrónica. Universidad Francisco de Paula Santander, email: adrianjosebp@ufps.edu.co

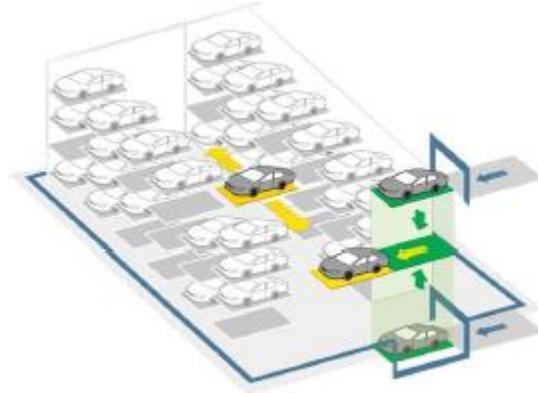
INTRODUCCIÓN

La automatización de un proceso consiste en la sustitución de aquellas tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo. De este modo, gracias al uso adicional de sensores, controladores y actuadores, así como de métodos y algoritmos de conmutación, se consigue liberar al ser humano de ciertas tareas.

La automatización de un determinado proceso está siempre precedida de una investigación previa con el fin de determinar con precisión que se solicita y estudiar la factibilidad técnica (existencia de equipos), económica (rentabilidad de la inversión) y operacional (implantación del sistema) [1]. Realizando la investigación previa requerida se encontró que en la actualidad la ciudad de Cúcuta presenta una sobrepoblación debido al cierre de frontera, además, existe un aumento masivo de adquisición de automóviles, generado un incremento en la capacidad de la infraestructura vial existente, haciendo más difícil la circulación, produciendo demandas de espacios para estacionar y creando un caos en las horas picos, por lo tanto, se ha vuelto muy tedioso el encontrar un espacio disponible y seguro en donde estacionar el auto. Debido a esto se realizó una búsqueda de información relacionada a los tipos de parqueaderos en la actualidad, encontrando la empresa ECOPARKING proporcionando tres posibles opciones de diseño de parqueaderos, nfraestructura y tecnología utilizada como:

PARQUEADERO MULTINIVEL

Figura 1. Parqueadero Multinivel [2].



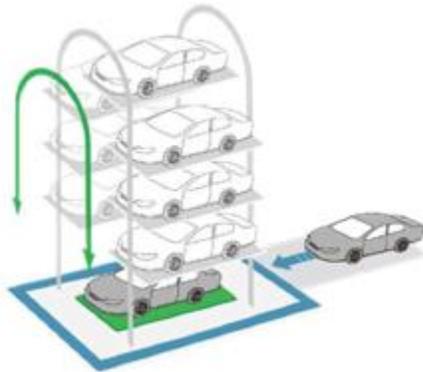
Fuente: Autor.

Es un sistema donde los vehículos son estacionados automáticamente a través de los movimientos de elevación verticales de un ascensor con una plataforma que entrega los vehículos para parquear horizontalmente (véase Figura 1) [2].

PARQUEADERO ROTATORIO

Este sistema está diseñado para que un vehículo sea ubicado en una celda y esta rote de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda para luego ser parqueado (véase Figura 2) [2].

Figura 2. Parqueadero tipo rotatorio [2].



Fuente: Autor.

PARQUEADERO TIPO TORRE

Está diseñado para que con movimientos de elevación verticales de un ascensor que contiene una plataforma, estacione los vehículos con movimientos horizontales al espacio asignado por el software [2].

Adicionalmente, se encontró la empresa SmartParking que ofrece diferentes servicios en el área de aparcamiento contando así con sistemas de reconocimiento de las placas de los vehículos habituales para asignar de manera sencilla a los residentes de los condominios un puesto de aparcado; cuenta con implementación d infraestructuras adecuadas para DPC (discapacitado, padre e hijo) con protección a vulnerables y mejore la lealtad del cliente con las bahías designadas, adaptadas a los requisitos de sus clientes.

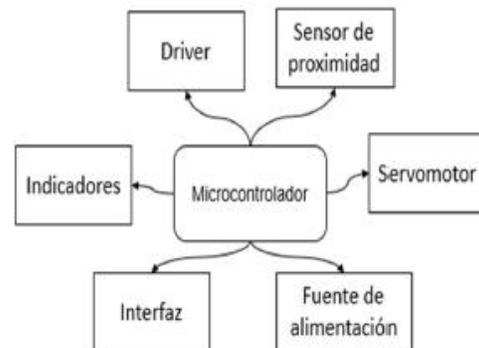
Además de ofrecer aplicaciones móviles que permiten la facilidad al usuario para revisar la cantidad de aparcamientos disponibles y orientación sobre su lugar asignado [3].

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Diseño preliminar

Para el desarrollo de sistemas automatizados el primer paso a seguir es analizar los componentes necesarios para el diseño del sistema, en la figura 4 se puede observar todos los elementos que se requieren para el obtener el completo funcionamiento del proyecto.

Figura 3. Elementos que componen el sistema de automatización.



Construcción del prototipo

Inicialmente se debe tener en cuenta que es un prototipo de escala 1/20.

Para el microcontrolador se tuvo en cuenta la Raspberry PI, PIC y Arduino MEGA, analizando las ventajas y desventajas de cada uno, se eligió el ultimo que posee características que se pueden observar en la tabla 1, debido a que es más económico, posee una mayor cantidad de pines de entrada y salida, permitiendo interconectar todos los componentes.

Tabla 1. Características de Arduino MEGA. [4]

Voltaje de operación	5V
Frecuencia de reloj	16 MHz
Pines de entrada análogos	16
Pines de entrada y salida digitales	54
Tamaño	101.52 x 53.3mm

Seguidamente se emplearon como indicadores leds con colores estándar de rojo para ocupado y verde que se encuentra disponible.

Adicionalmente se utilizaron dos mecanismos de arrastre de impresora que permiten simular el funcionamiento de un ascensor, siendo controlados por medio del driver TB6612FNG para el correcto funcionamiento, del mismo modo un riel funciona como de subida y el otro de bajada. Para la activación de los indicadores leds, fue necesario hacer uso del sensor de proximidad TCRT5000 que permite enviar y recibir señales infrarrojas detentando el movimiento.

Por otra parte, para permitir el acceso al parqueadero se utilizó un servo motor con una barra de ingreso de manera que obstruyera el paso, de modo que al oprimir un pulsador autoriza la salida y el ingreso del vehículo.

Asimismo, fue necesario hacer uso de una fuente alimentación de corriente directa, debido que al interconectar todos los componentes a usar se necesitaba buen suministro de corriente.

También consta de una interfaz realizada por medio de una pantalla LCD.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se implemento el prototipo en una maqueta de

dos pisos (véase Figura 5) de medidas: 80cm

de largo por 45cm de alto y 35cm de ancho, está conformada por ocho aparcamientos, distribuidos de cuatro sitios en el primer piso y

cuatro en el segundo considerando dos espacios para personas discapacitadas ubicados en la primera planta, además se puede contemplar los leds indicadores de disponibilidad de aparcado.

Figura 4. Smart Parking.



Fuente: Autor.

Adicionalmente se incorporaron los dos mecanismos de arrastre de impresoras que permiten el desplazamiento vertical (véase Figura 6) de los vehículos.

Figura 5. Ascensores.



Fuente: Autor.

Los ascensores son activados por el operador o trabajador mediante los dos pulsadores (véase figura 7), al momento que el auto ingrese en la cabina, de manera que el ascensor 1 cumpla la función de subir el automóvil y el ascensor 2 proporciona que el automóvil baje.

Figura 6. Pulsadores para los ascensores.



Fuente: Autor.

Asimismo, en la figura 8 se puede observar la pantalla LCD donde especifica que hay tres espacios disponibles.

Figura 7. Interfaz gráfica.



Fuente: Autor.

Por otra parte, en la figura 9 se puede contemplar el ingreso y salida del estacionamiento siendo controlada por el servomotor y dos pulsadores.

Figura 8. Entrada al estacionamiento.



Fuente: Autor.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentaron algunas dificultades con la implementación de los ascensores en la parte de la programación y alimentación necesaria para el funcionamiento de todo el proceso, debido a que estos consumían de 300mA a 600mA, en consecuencia, fue necesario usar una fuente de alimentación externa que permitiera obtener la corriente de suministro necesaria para el correcto funcionamiento.

La implementación de dos ascensores permitirá ser beneficioso tanto para el usuario como para el gerente debido a que permite evitar inconvenientes de congestión vehicular.

La utilización de una interfaz gráfica proporciona que el conductor pueda observar si se encuentran sitios disponibles para estacionar el automóvil, esto facilita que el chofer no pierda su tiempo ingresando al parqueadero en busca de un puesto.

Es recomendable realizar las conexiones del driver TB6612FNG sin tener encendidas las fuentes de alimentación, para evitar daños por conexiones no correcta, además de revisar detalladamente las conexiones realizadas. Para la implementación de prototipo a nivel industrial, se deben usar sensores más precisos y de mayor alcance, por consiguiente, para realizar la medición de proximidad del automóvil se recomienda usar el interruptor de final de carrera de 1a /

125vac Micropit de 3, para la interfaz gráfica utilizar una pantalla LED 39x199x9 cm.

Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos. Recuperado de: <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

REFERENCIAS

- [1] Departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y control. Recuperado de: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_I SE 2_1_1.pdf
- [2] Ecoparking | Soluciones inteligentes de parqueo. Recuperado de: <https://ecoparking.co/>
- [3] Smart Parking Ltd, “Soluciones y gestión de aparcamiento en la calle | Estacionamiento inteligente.” Recuperado de: <https://www.smartparking.com/on-street>.
- [4] Arduino Mega 2560 ~ Arduino.cl -



**Universidad Francisco
de Paula Santander**
Vigilada Mineducación

