

# TORRE CILÍNDRICA AUTOMATIZADA PARA ESTACIONAMIENTO DE AUTOS CON INTERFAZ INTERACTIVA Y TARIFA TEMPORIZADA

Espinoza Hoyos, Carlos Aníbal

c.espinoza452@gmail.com

Loro Ocampos, Alex Rafael

alexlor19@gmail.com

Medrano López, David Joseph

davidml9528@gmail.com

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Universidad Ricardo Palma

Taller de Electrónica III

**RESUMEN:** *Con la cuantiosa cantidad de automóviles, su creciente demanda y el deficiente sistema de almacenamiento/estacionamiento de estos, nos da como resultado la generación de tráfico vehicular al buscar, esperar y salir de un estacionamiento, poseemos grandes áreas con espacios desperdiciados debido a su destinación a la movilidad del vehículo además de la contribución a la contaminación ambiental debido al uso del vehículo. El siguiente informe propone el desarrollo de un sistema mecánico que permita el estacionamiento automatizado de vehículos, ayudando al ahorro de espacios, otorgando facilidades al conductor, todo esto con el vehículo apagado, colaborando así con el cuidado medio ambiental. Las pruebas realizadas demuestran que el sistema es completamente funcional para aplicar en un flujo moderado de autos (no masivo) debido al dinamismo al ser cada bloque "independiente", debemos mencionar también que para la implementación real del sistema entero, se necesita un estudio más amplio en lo referente a los motores, los materiales para las estructuras y la potencia necesaria para el sistema entero.*

**ABSTRACT:** With the large number of cars, their growing demand and the deficient storage / parking system of these, we have as a result the generation of vehicular traffic when searching, waiting and leaving a parking lot, we have large areas with wasted spaces due to their destination to the mobility of the vehicle in addition to the contribution to environmental pollution due to the use of the vehicle. The following report proposes the development of a mechanical system that allows the automated parking of vehicles, helping to save space, providing facilities to the driver, all this with the vehicle off, thus collaborating with environmental care. The tests carried out show that the system is fully functional to apply in a moderate flow of cars (not massive) due to the dynamism of each "independent" block, we must also mention that for the real implementation of the whole system, more study is needed broad in relation to engines, materials for structures and the power needed for the entire system.

## 1 INTRODUCCIÓN

Del artículo "Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar" y basándonos en datos oficiales del MTC, se puede afirmar que:

El parque vehicular en el Perú desde el 2012 ha crecido en promedio 7%, llegando en el 2016 a 2'661.719 vehículos circulando en el Perú. Además, Lima Metropolitana (incluyendo Callao) es la región que tiene más vehículos circulando por sus vías (1'752.919 vehículos), lo que representa el 66% de vehículos que existen en el parque automotor en todo el Perú, es decir más de la mitad de los carros que hay en el país circulan por las vías y carreteras de nuestra capital. [1]

Con la cuantiosa cantidad de automóviles y la aun creciente demanda de los mismos (es decir, futuro aumento de estas cifras), se genera entonces el efecto adverso del deficiente sistema de almacenamiento/estacionamiento de estos, teniendo espacios planos con un límite de capacidad; generación de tráfico al buscar, esperar y salir de un estacionamiento; grandes áreas con espacios desperdiciados para la movilidad del vehículo; contribución a la contaminación ambiental debido al mismo uso del vehículo.

Nuestro proyecto brinda la idea de utilizar un sistema de estacionamiento vertical con motores dentro de una edificación circular, de manera que el estacionamiento de los vehículos se realice de manera automática (previa selección del controlador).

Como se mencionó anteriormente, el sistema automatizado, permite que el usuario no tenga la necesidad de buscar un estacionamiento, si no que el mismo sistema le proveerá las herramientas necesarias para la selección de este, de manera interactiva, brindando a la vez una cuenta de la tarifa a pagar en relación con el tiempo estacionado. Debido a que el proceso de estacionamiento se lleva a cabo con el motor del vehículo apagado, la contribución en la contaminación ambiental disminuye a 0 durante el proceso de estacionamiento de cada automóvil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GENERAL

Desarrollar un sistema mecánico que permita el estacionamiento automatizado de vehículos, ayudando al ahorro de espacios, otorgando seguridad, confort y control al conductor y sin colaborar en la contaminación ambiental.

### 2.2 ESPECIFICOS

- Desarrollar e implementar un sistema mecánico para el estacionamiento de vehículos en una edificación circular a escala.
- Desarrollar un sistema de censado de estacionamientos libres y ocupados, con conexión alámbrica para un operario de seguridad e inalámbrica para la comunicación con el usuario
- Desarrollar una interfaz de comunicación inalámbrica e interactivo del usuario con el sistema de estacionamiento

## 3 MARCO REFERENCIAL

Se pudieron visualizar algunos estudios previos concernientes al tema, algunas de las soluciones planteadas ante esta problemática serán expuestas en la siguiente sección.

Una de las opciones exploradas fue la implementación de estacionamientos verticales rotativos [2], los cuales brindan la posibilidad de estacionar hasta 8 vehículos usando un Controlador Lógico Programable (PLC) y el sistema SCADA, los resultados obtenidos es que hay una mejora del 75% al poder estacionar 12 vehículos en donde antes se podían estacionar solo 3.

Otra de las soluciones exploradas para la problemática es planteada como un algoritmo que guía al conductor en la mejor manera para estacionarse en un lugar determinado. "(...) proporcionaremos un algoritmo que brinda una solución efectiva y eficiente para estacionar el automóvil utilizando un mecanismo de estacionamiento híbrido para brindar una mayor eficiencia en el estacionamiento y en la rentabilidad, con menos mantenimiento y consumo de energía." [3]

Esto es logrado por los autores al usar sensores CMOS para la identificación de la placa del vehículo, sensores de velocidad y ultrasónicos, Arduino como microcontrolador y Raspberry Pi como microprocesador unificador de componentes.

Una evaluación de las torres verticales es analizada en china [4], en donde se analiza basándose en la teoría de colas, las velocidades de los procesos por medio de software MatLAB, y se llega a demostrar que el proceso

de estacionar y esperar mejora la eficiencia de los sistemas de estacionamiento.

## 4 DISEÑO

### 4.1 SISTEMA MECANICO

Consta de la estructura vertical con los motores, es la parte física del proyecto y la encargada del proceso de estacionamiento de los vehículos.

Se requería de 3 movimientos:

- Vertical: se necesitaba este sistema de ascenso para poder subir hasta el 4to piso del estacionamiento y posteriormente regresar a la posición 0 en el piso 1. Se siguió un esquema simple de ascensor para el diseño, con un motor con polea en la parte superior, una polea inferior y la "caja", a la cual se le debía fijar el resto del sistema. Y ya que esta sería la parte principal de todo el sistema mecánico, por el peso que debía soportar, se pensó en una estructura sólida y motores más resistentes.
- Angular: este movimiento permitiría posicionarse en una de todas las secciones de cada piso, dada la velocidad de giro de un motor y el peso del vehículo, se necesitaba una caja reductora, así como también de una plataforma para el vehículo.
- Horizontal: este movimiento logra el ingreso del vehículo a la sección elegida, para este movimiento se ideó un tornillo sin-fin con un engranaje, un motor y unas guías; al girar el motor y hacer rodar la varilla sin fin, una tuerca larga giraría con este, con las líneas guías y el tornillo sin-fin fijado, se lograría el movimiento horizontal, además, se diseñó una plataforma dentada para el vehículo y para el estacionamiento

### 4.2 SISTEMA DIGITAL

Para el sistema de control digital se tuvo en cuenta 2 funciones principales, el control del sistema mecánico y el censado de los estacionamientos

Arduino controlará únicamente el funcionamiento de los motores, a la espera de la información que el maestro le proveerá en el momento indicado, esta información le informará a Arduino el piso y la sección a la cual debe moverse para el estacionamiento correcto. Raspberry, al ser el maestro se encarga del procesamiento y envío de las señales de control, conectado a sensores infrarrojos leerá el estado de los estacionamientos (libres o vacíos), y permitirá la visualización de esto en la pantalla de control, para que a continuación un controlador pueda seleccionar un estacionamiento disponible para un vehículo entrante, a continuación, Raspberry enviara esta información a Arduino e iniciara el proceso de estacionamiento.

### 4.3 DIAGRAMA DE BLOQUES

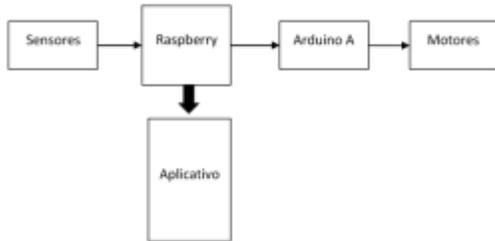


Ilustración 1. Diagrama de bloques

## 5 IMPLEMENTACION

### 5.1 SISTEMA MECANICO

Consta de la estructura vertical con los motores, es la parte física del proyecto y la encargada del proceso de estacionamiento de los vehículos.

Para la implementación de este sistema se utilizaron:

- Carriles o correderas de 50 cm
- Abrazaderas de 2 pulgadas
- Ángulos
- Motores NEMA 17
- Motores DC con encoder
- Motores DC para drone
- Poleas de 10 mm
- Faja dentada (2mm)
- Plataforma MDF

Se inicio la implementación con el corte y soldadura de las correderas, las cuales permitían una estructura vertical firme y una estructura sólida móvil por dentro, generando el mismo movimiento que el de un ascensor.

Para permitir la generación del movimiento vertical del sistema, se hicieron algunas perforaciones en la parte inferior de las correderas para poder colocar las poleas, así como también la soldadura de los ángulos para el posicionamiento de los motores en la parte superior de estas mismas. Una vez posicionado, el motor fue fijado a los ángulos con las abrazaderas, esto para poder tener un mejor acceso a los motores y poder desmontarlo en caso sea necesario; finalmente se colocó la faja y se comprobó el funcionamiento del sistema.

Se determinó que la polea tiene un radio de 0.64 cm, por lo que:

$$L = 2 * \pi * r$$

$$L = 4.0212 \text{ cm}$$

Con una rotación del motor se genera un desplazamiento de 4 cm, de manera teórica se conoce que cada 200 pasos del motor generan un movimiento de 360°, y cada piso esta ubicado a 10 cm de otro como se muestra en los planos, por lo que con una regla de 3 podemos hallar la cantidad de pasos necesarios para los movimientos verticales requeridos.

Subir un piso (10 cm)

$$\#v = d \left( \frac{1}{4} \right) \rightarrow \#v = 2.5 v$$

$$\#pasos = (\#v * 360) * \left( \frac{200}{360} \right) \rightarrow \#pasos = 500 \text{ pasos}$$

Dejar un auto (1.5 cm)

$$\#v = d \left( \frac{1}{4} \right) \rightarrow \#v = 0.375 v$$

$$\#pasos = (\#v * 360) * \left( \frac{200}{360} \right) \rightarrow \#pasos = 75 \text{ pasos}$$

Del uso del Driver A4988, el sentido de giro del motor esta determinado por el valor del pin DIR, en nuestro caso para el Motor A se cumple que

- DIR HIGH = baja
- DIR LOW = sube

Y para el Motor B

- DIR HIGH = sube
- DIR LOW = baja

Para el movimiento angular, se colocaron los motores DC en paralelo (físicamente) a la parte móvil ascendente de nuestro sistema, fijado con su caja reductora y con una plataforma horizontal.

Como se explicó anteriormente, los motores DC serán controlados por medio del driver L298N, el cual se encarga del cambio del sentido de giro de los motores según lo recibido de los pines de Arduino, de la siguiente manera

Tabla 1.

Sentido de giro	DIR1	DIR2
Apagado	0	0
Antihorario	0	1
Horario	1	0

Según lo diseñado, cada estacionamiento tiene un espaciado de 22, excepto el espaciado entre los estacionamientos 4 y 5, que debido a la columna llega a los 41.667°. Debido a las cajas reductoras, el calculo de tiempo de giro de los motores DC para el

posicionamiento se tuvo que realizar de manera empírica, obteniendo como resultados, que los tiempos de movimiento para cada motor es

Tabla 2.

Motor	22°	~41.667°
A	725 ms	1255 ms
B	225 ms	275 ms

Para la entrada y la salida de autos, se diseñó en el software AutoCAD una plataforma dentada, la cual, junto con un tornillo y un engranaje, posicionados en paralelo al pequeño motor de drone, lograran el desplazamiento de la plataforma de entrada, generando así el movimiento de entrada y salida.

Se tuvo en cuenta el desarrollo de la maqueta de los estacionamientos, contemplando la plataforma dentada de entrada y salida de autos para un correcto funcionamiento.

## 5.2 SISTEMA DIGITAL

Para el sistema de control digital se tuvo en cuenta 2 funciones principales, el control del sistema mecánico y el censado de los estacionamientos, para lo cual se utilizó.

- Raspberry pi 3 B+
- Arduino
- Modulo L298N
- Driver A4988

Como se mencionó, Raspberry desempeñara la función de ser el maestro del sistema de control y Arduino la función de esclavo (por la diferencia en la capacidad de procesamiento entre ambos periféricos). Aparte, se usará un Arduino MEGA por la cantidad de pines digitales para el censado, vinculado con el software LabVIEW para la visualización a tiempo real del estado de los estacionamientos por el controlador

Para el control de los motores de paso, se han utilizado los drivers A4988, los cuales permiten mediante dos señales de Arduino, controlar el giro y su sentido, contando con un amplificador de corriente gradual (mediante un potenciómetro) dependiendo de cuanto necesite nuestro motor.

Los motores implementados requieren de una corriente máxima de entre 1.2 y 1.4, para los driver A4988 obtenidos, los cuales poseen una  $R_{CS}$  de 0.1  $\Omega$ , la formula otorgada por el fabricante es

$$V_{REF} = 8 * I_{MAX} * R_{CS}$$

La corriente máxima debe estar referenciada al 70%, por lo que para cada motor

$$I_{MAX 1.4} = 0.98 A$$

$$I_{MAX 1.2} = 0.84 A$$

Requiriendo teóricamente de un  $V_{REF}$

$$V_{REF 1.4} = 0.784 v$$

$$V_{REF 1.2} = 0.672 v$$

Para los motores DC, se utiliza el driver L298N, el cual proporciona hasta 2A a cada uno de los motores conectados a este, permitiendo también controlar el giro y su sentido.

Los microcontroladores Arduino ira directamente conectados al puerto USB de Raspberry, siendo destinados uno para cada bloque del estacionamiento y mantendrán una comunicación con Raspberry Pi mediante el puerto serial, por lo que el accionar de Arduino con todos los motores dependerá únicamente de la información enviada por Raspberry, captada a partir del tablero de control diseñado para este fin dentro del microprocesador.

Una de las funciones también mencionadas es el censado que llevará a cabo en el Arduino MEGA, conectado a sensores infrarrojos, el estado de cada sensor podrá ser visualizado en tiempo real en la pantalla de control diseñada específicamente para el controlador del sistema.

## 5.3 DIAGRAMA DE FLUJO



Ilustración 2. Diagrama de flujo

## 6 PRUEBAS

En las pruebas realizadas, se pudo apreciar que un solo modulo Arduino no era suficiente para el control y movimiento de todo el sistema, a pesar de que se optó por el uso de la librería ProtoThreads, el cual permite un acercamiento a correr 2 bloques de programas en paralelo (como una solución a la operación secuencial del microcontrolador), por lo que se optó por el uso de 2 microcontroladores conectados al puerto COM del microprocesador Raspberry, cada uno de estos para un bloque de estacionamientos, esto permitió una mayor versatilidad en el funcionamiento e independencia de los bloques.

Debido a que la maqueta fue manufacturada, las distancias no son perfectas en comparación con lo diseñado en el plano, lo cual implica errores en los ángulos de giro en los motores DC respecto a la maqueta y el hecho de que el proceso de estacionamiento sea menos preciso (debido a las distancias, ángulos de inclinación y algunas alturas).

Las cajas de reducción de los motores DC del bloque A y del bloque B brindan una mayor facilidad de giro horario para ambos y ofrecen una mayor resistencia en el giro contrario, posiblemente debido a errores en la fijación de la paleta de estacionamiento lo que implica que la repartición de peso no es equitativa.

## 7 APLICACIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro proyecto tiene una gran versatilidad en sus aplicaciones en la industria, si bien esta orientado en este caso particular a un estacionamiento, también puede ser usado para el almacenamiento de vehículos sin la necesidad de variaciones y con la adición de un movimiento horizontal de las columnas para su desplazamiento y el posicionamiento horizontal de cada bloque, el sistema completo podría ser usado en la industria logrando un acercamiento a la automatización de almacenes.

Para la implementación real del sistema entero, se necesita un estudio mas amplio en lo referente a los motores necesarios para la generación de movimientos (con la carga), los materiales para las estructuras y la potencia necesaria para alimentar el sistema entero.

Al generar una independencia de los bloques de estacionamiento, se pudo brindar un mayor dinamismo al sistema evitando la demora, sin embargo, se debe mencionar que, pese a esto, un flujo masivo de vehículos en el sistema es contraproducente, recomendando así un flujo moderado.

La maqueta es recomendable realizarla por medio del corte laser para disminuir los errores en el movimiento y dar una mayor precisión al movimiento, misma recomendación para la fijación de plataformas.

## 8 REFERENCIAS

- [1] D. C. POSADA, «AUMENTO CONTINUO DEL PARQUE AUTOMOTOR, UN PROBLEMA QUE URGE SOLUCIONAR,» *La Camara*, pp. 24 - 26, 2018.
- [2] N. A. Madhav Bhagdev, «Vertically Automated Rotary Parking System,» *2° IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics Information Communication Technology*, p. 128, 2017.
- [3] D. V. S. S. T. K. Dharmini Kanteti, «Intelligent Smart Parking Algorithm,» *International Conference on Smart Technology for Smart Nation*, p. 1018, 2017.
- [4] S. L. Y. H. L. Xiaoning Li, «Research on vehicle Scheduling Strategy of "Non-shaped",» *School of Electricity information engineering*, p. 149, 2015.