

# Disponibilidad en estacionamiento utilizando Histograma de Gradientes Orientados y Máquinas de Vectores de Soporte

Moisés Sebastián Segovia Páez<sup>1</sup> y Nelson Marcelo Romero Aquino<sup>2</sup>

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Ciudad del Este, Paraguay

<sup>1</sup>msegoviapaez@gmail.com, <sup>2</sup>nmarceloromero@gmail.com

## Resumen

La dificultad para encontrar lugar libre en local de estacionamiento vehicular se asocia a estados de ansiedad y a veces frustración, además de inconvenientes relacionados al consumo de combustible y contaminación del aire, desgaste de motor y gasto de tiempo. Estos problemas empeoran en ciudades populosas. Para paliar esta situación, han surgido alternativas de solución relacionadas a control y monitoreo de estacionamientos a través de sensores. El objetivo de este trabajo es proveer solución a la problemática de detección y conteo de lugares disponibles en un local de estacionamiento cerrado. Para esto, se plantea la aplicación de Histograma de Gradientes Orientados (HOG, por sus siglas en inglés Histogram of Oriented Gradients) como extractor de características y de Máquinas de Vectores de Soporte (SVM, por sus siglas en inglés Support Vector Machine) como clasificador, para detectar figuras vehiculares de forma individual para cada lugar de estacionamiento. Se ha utilizado una maqueta para realizar los experimentos. Los resultados del trabajo basado en HOG y SVM ha proporcionado un porcentaje de acierto de 98,04%, constituyéndose en una alternativa válida y de bajo costo para resolver el problema presentado.

**Descriptores:** visión computacional, Máquinas de Vectores de Soporte, Histograma de Gradientes Orientados.

## Abstract

The difficulty of finding a free space in a vehicle parking space is associated with states of anxiety and sometimes frustration, as well as inconveniences related to fuel consumption and air pollution, engine wear and time. These problems get worse in populous cities. To alleviate this situation, solution alternatives have arisen related to control and monitoring of parking spaces by means of sensors. The objective of this work is to provide a solution to the problem of detection and counting of available places in a closed parking space. For this purpose, the application of Histogram of Oriented Gradients (HOG) is proposed as a characteristics extractor; together with Support Vector Machines (SVM), as a classifier to detect vehicle figures individually for each parking place. A mock-up has been used to carry out the experiments. The results of the work based on HOG and SVM has provided 98.04% of success, constituting a valid and low cost alternative for solving the problem presented.

**Keywords:** computer vision, Support Vector Machine, Histogram of Oriented Gradients.

## 1. Introducción

Introducción La optimización del uso del tiempo a través de aplicaciones computacionales es una tendencia. La ciencia computacional se encuentra en continua evolución ofreciendo nuevas alternativas a procesos o actividades que impliquen costo e inversión de tiempo. En este contexto, uno de los problemas recurrentes que es posible solucionar a través de alternativas computacionales está rela-

cionado con la búsqueda de lugar libre en local de estacionamiento.

Este es un problema cotidiano: el conductor de un vehículo accede a un local de estacionamiento y, dependiendo de las circunstancias, puede pasar mucho tiempo buscando un lugar disponible para estacionar. En caso que el tiempo invertido sea grande, ocurre un costo relacionado con el desgaste del motor y del uso de combustible que se traducen en pérdidas [1].

El presente trabajo plantea una posible solución a esta problemática aplicando técnicas de visión computacional para la contabilización y disponibilización de información acerca de lugares disponibles para aparcar en local de estacionamiento cerrado. Para el desarrollo de la propuesta se ha empleado un algoritmo de extracción de características de imágenes denominado Histograma de Gradientes Orientados [2], en conjunto con el algoritmo de Máquinas de Vectores de Soporte [3].

### 1.1. Histograma de Gradientes Orientados

El Histograma de Gradientes Orientados es un descriptor de imágenes de tipo regional que emplea un conjunto de histogramas de gradiente orientado para describir una imagen. El descriptor posibilita detectar la apariencia y la forma de un objeto en una imagen mediante la distribución de la intensidad de gradiente o la dirección de los contornos.

El algoritmo se basa en dividir la imagen en áreas adyacentes de pequeño tamaño llamadas celdas. Este proceso se itera para obtener el mismo resultado con los píxeles que integran esa celda. Para mejorar los resultados, los histogramas locales se normalizan, y esto se vuelve a utilizar para obtener una normalización regional para todas las celdas del bloque. La normalización posibilita una mejor respuesta ante cambios de iluminación y sombras. Se ha demostrado que el descriptor HOG es un método robusto de detección de humanos en un ambiente natural en combinación con clasificadores como SVM [2, 5].

### 1.2. Máquinas de Vectores de Soporte

Con las SVM se busca la separación óptima de datos en clases a través de la utilización de un hiperplano. El hiperplano está construido de tal forma que su distancia más cercana  $n$  a patrones del conjunto de datos sea maximizada. Estos patrones son conocidos como *vectores de soporte*.

Si los datos no son linealmente separables, una función *kernel* es aplicada para mapear los datos originales a un espacio de alta dimensionalidad. Este *truco de kernel* es el que posibilita separar las clases empleando un hiperplano óptimo, una tarea que de otra manera no podría ser alcanzada en el espacio original de características. Sin embargo, para algunos problemas los datos pueden no ser linealmente separables aún después de ser aplicada la función *kernel*. Para encargarse de este problema, el algoritmo SVM aplica una función de penalización que representa la clasificación incorrecta y busca minimizar dicha función.

Diversos trabajos dentro del área de Visión Computacional (VC) aplican la combinación de HOG y SVM para clasificar objetos en imágenes.

Dalal y Triggs [2], por ejemplo, demuestran la robustez del uso de HOG en conjunto con SVM para la detección de seres humanos. Gracias al mismo la combinación de dichas técnicas puede considerarse como estado del arte para VC. En dicha investigación demuestran que HOG posibilitó la extracción de características de siluetas de personas reconociendo el contorno de hombros, cabezas y pies.

De manera similar, Papageorgiou et al [4] describen un detector de peatones basado en un SVM empleando filtros Haar como descriptores.

Por otro lado, N. Moran Cruz [5] utilizó HOG y SVM, de una manera similar a [2], para reconocer peatones para disminuir la probabilidad de accidentes de tránsito. HOG fue utilizado por su capacidad para adquirir las características de la imagen de un peatón con independencia de la iluminación del entorno. Tras la adquisición de características, los peatones fueron clasificados a través de SVM. Según esta autora, el resultado fue satisfactorio, teniendo solo algunos errores en la etapa de extracción de características, ya que el clasificador identificaba algunos sectores de la imagen como peatones, pero en realidad no lo eran.

De esta manera, se plantea esta solución como alternativa a soluciones similares en las cuales se han empleado sensores para la verificación de lugares. Las técnicas de visión computacional ofrecen una ventaja en este sentido, ya que presentan una reducción de costos asociada a la compra de sensores.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Identificar lugares disponibles en un local de estacionamiento cerrado mediante un sistema informático que emplea técnicas de visión computacional.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Identificar tecnologías de visión computacional.
2. comprender la funcionalidad del algoritmo de extracción de características de imágenes denominado Histograma de Gradientes Orientados, en conjunto con el algoritmo de Máquinas de Vectores de Soporte.
3. Elaborar lógica de reconocimiento computacional de lugar libre en local de estacionamiento.
4. Construir una maqueta a escala de un local de estacionamiento cerrado que sirva como base para crear la base de imágenes del trabajo.

5. Tomar fotografías de la maqueta del local de estacionamiento en distintas situaciones para formar la base de imágenes utilizada para entrenar y probar el modelo.
6. Entrenar al sistema elaborado para detectar si un lugar de estacionamiento se encuentra libre.
7. Probar la capacidad predictiva del sistema entrenado.
8. Implementar una interfaz gráfica de usuario que posibilite aplicar el sistema entrenado para detectar lugares libres y ocupados en nuevas imágenes.

### 3. Método

Este trabajo propone el uso de HOG y SVM y los emplea para detectar lugares disponibles en un estacionamiento cerrado. La figura 1 presenta una visión de conjunto del método empleado.

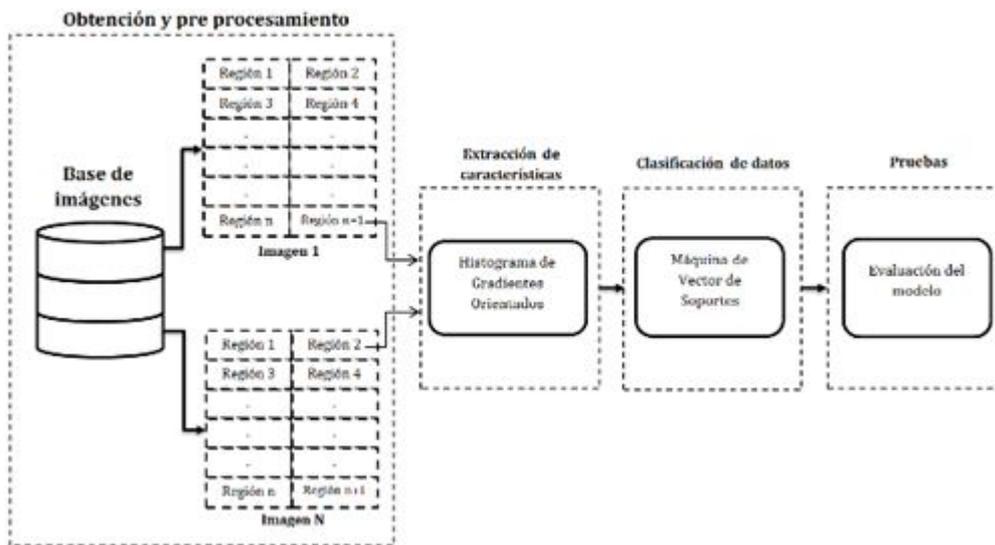


Figura 1. Flujo de procedimientos aplicados en este trabajo.

#### 3.1. Obtención y pre-procesamiento de imágenes

La primera etapa del trabajo consistió en la obtención y pre-procesamiento de imágenes. Primeramente fue construido un modelo de local de estacionamiento a escala. Posteriormente se ha realizado la captura de imágenes del local conteniendo lugares ocupados y desocupados. Las imágenes obtenidas fueron la base utilizada en este trabajo. A pesar que las imágenes obtenidas abarcan el estacionamiento en su totalidad, el clasificador ha sido entrenado para detectar si hay un vehículo en un lugar en particular. Debido a esto, la imagen fue dividida en regiones, cada región corresponde a un lugar de estacionamiento.

##### Base de imágenes

Se tomaron fotografías de un prototipo de local de estacionamiento cerrado a escala en diferentes situaciones de modo a obtener una muestra parecida a un entorno real. Las fotografías fueron tomadas dentro de un entorno con iluminación controlada y cámara fija, para mantener homogéneo el área de interés dentro de cada una de las imágenes capturadas. Se obtuvieron 384 imágenes en condi-

ciones de adquisición similares, pero con una variante fundamental en todas ellas: la ubicación de los vehículos.

##### Regiones

Una vez obtenida la base de imágenes, éstas fueron pre-procesadas de modo que tuviesen el mismo tamaño. A partir de allí se procedió a dividir las imágenes en regiones, que luego serían extraídas con el descriptor HOG. La figura 2 presenta una imagen de local de estacionamiento vacío dividido en 16 regiones, una región por lugar vacante para estacionar.



Figura 2. Imagen de un local de estacionamiento con cada región marcada y numerada.

### 3.2. Extracción de características y clasificación

La segunda etapa, consistente en la extracción de características y clasificación, se basó en el uso de HOG+SVM para extraer características relacionadas con la dirección de los gradientes de cada lugar del estacionamiento y clasificar si hay o no un vehículo en ese lugar. Para esto, una parte de la base de imágenes ha sido usada para entrenar el clasificador y otra para probar su capacidad de clasificación. Se emplearon 231 ejemplos (cada ejemplo corresponde a una imagen de una región) para entrenar el modelo y 153 muestras para probar su capacidad predictiva.

### 3.3. Evaluación del sistema

La última etapa consistió en la evaluación del sistema desarrollado utilizando una parte de la base de datos con la que el mismo no ha sido entrenado. La métrica de evaluación utilizada es el porcentaje de acierto, que es calculado dividiendo la cantidad de ejemplos correctamente clasificados  $C$  entre el número total de ejemplos  $N$ ,  $Acc = C/N$ .

## 4. Resultados

Para realizar los experimentos descritos en la sección anterior se empleó un entorno de programación científica técnica. La función ‘extract-HOGfeatures’ ha sido utilizada para aplicar HOG, mientras que la función ‘fitsvm’ ha sido utilizada para entrenar el modelo SVM. Ambas funciones fueron aplicadas utilizando los parámetros predefinidos del lenguaje.

### 4.1. Desempeño de entrenamiento y prueba del modelo

Los resultados han sido satisfactorios. Se ha obtenido 100% de acierto en todas las muestras durante el entrenamiento, como se presenta en la tabla 1. Para los ejemplos de pruebas, 150 ejemplos han sido clasificados correctamente por el sistema entrenado y 3 han sido erróneos, dando como error 1,96%, lo cual refleja la robustez de la combinación HOG+SVM para clasificar imágenes.

Tabla 1. Referencia de localidades.

Datos	Número de ejemplos	Predicciones correctas	Acierto (%)
Entrenamiento	231	231	100,00
Prueba	153	150	98,04

El método empleado ha demostrado unos resultados muy satisfactorios en cuanto a la detección de lugares disponibles en locales de estacionamiento hechos a escala con entorno lumínico controlado, y el mismo podría también ser empleado para la resolución de problemas en locales de estacionamiento reales con entornos no controlados.

### 4.2. Desempeño de entrenamiento y prueba del sistema

Como parte del sistema desarrollado, también se ha desarrollado una Interfaz Gráfica de Usuario (IGU) de modo a demostrar que la solución es fácilmente aplicable a situaciones del mundo real. La IGU ha sido desarrollada utilizando el mismo lenguaje de programación. La interfaz contiene una ventana que posibilita visualizar una imagen, un botón que carga a la imagen que se pretende analizar, otro botón que aplica el modelo entrenado para detectar los lugares disponibles automáticamente, y un cuadro de texto que expone qué lugares se encuentran disponibles. La figura 3 presenta la interfaz generada que posibilita al usuario interactuar para seleccionar la imagen que desea analizar, posterior a eso puede seleccionar la opción de calcular lugares disponibles.

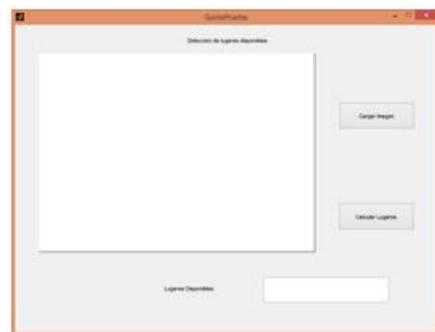


Figura 3. Interfaz para identificar lugares disponibles.

La figura 4 presenta la configuración de la interfaz una vez seleccionada la imagen a ser analizada, la cual se muestra en la región izquierda de la ventana. La flecha blanca de contorno rojo indica el botón que se ha presionado para poder seleccionar la imagen, la misma se selecciona a través de una ventana emergente normal del sistema operativo.

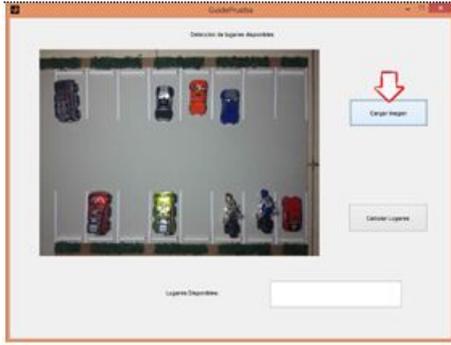


Figura 4. Interfaz luego de seleccionar una imagen para detectar lugares disponibles.

Finalmente, la figura 5 presenta la configuración final de la IGU cuando esta se encuentra mostrando los resultados del programa. En la imagen seleccionada, los lugares libres para aparcar son los correspondientes a las regiones 2, 3, 7, 8, 9, 11 y 13. Efectivamente, al seleccionar la opción 'Calcular lugares', se genera mediante el aplicativo, el resultado numérico mostrado en el cuadro de texto señalado. Se puede apreciar la perfecta coincidencia entre el resultado obtenido y la realidad.

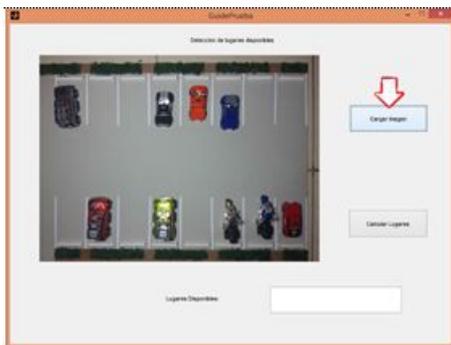


Figura 5. Interfaz luego de detectar lugares disponibles.

## 5. Conclusión

El objetivo del presente trabajo es detectar y contabilizar lugares disponibles en un estacionamiento cerrado, el cual ha sido logrado utilizando técnicas de visión computacional, concretamente un abordaje basado en el uso de HOG como extractor de características y SVM como clasificador. Esta metodología fue seleccionada debido a que la literatura reciente hace referencia a mejores resultados para detección de objetos en imágenes cuando se emplea el HOG+SVM, en comparación con otros métodos tradicionales conocidos.

Los resultados obtenidos indican que el método desarrollado es capaz de producir resultados muy satisfactorios, obteniendo 100 % de acierto para los datos de entrenamiento y 98,04 % para los datos de prueba (es decir, para las imágenes de prueba). 150 imágenes fueron clasificadas correctamente y solo 3 lo fueron de manera incorrecta.

Futuros trabajos en esta línea de investigación pueden contemplar aplicar el método propuesto en otros tipos de locales de estacionamiento. Además, puede considerarse la posibilidad de automatizar el proceso de salida de información para potenciales usuarios finales, esto ya sea a través de disponibilizar paneles digitales, avisos u otros, antes de ingresar al local de estacionamiento. Otra aplicación posible es la que agregue capacidad de detección de tipos de vehículos que están ocupando un determinado lugar. Finalmente, otra opción de continuidad en esta línea de trabajo puede tratar sobre la incorporación de más clasificadores al momento de detectar si un lugar está libre, con el objetivo de obtener una mejor capacidad de clasificación. Es decir, aplicar un esquema basado en votación de varios clasificadores para producir un resultado final.

## Referencias bibliográficas

- [1] Donald Shoup. Cruising for Parking. UCLA. 2007. Disponible en <http://shoup.bol.ucla.edu/CruisingForParkingAccess.pdf> Acceso: 10 de junio de 2017.
- [2] N. Dalal y B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection. Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Computer Society Conference, tomo 1, vol. 1., págs. 886 - 893. 2005.
- [3] Corinna Cortes y Vladimir Vapnik. Support Vector Networks. En Machine Learning, tomo 20, no 3, 1995, págs. 273 - 297.
- [4] C. Papageorgiou y T. Poggio. A trainable system for object detection. IJCV, 38(1):15 - 33, 2000.
- [5] Natalia Moran Cruz. Desarrollo de un sistema avanzado de asistencia a la conducción en tiempo real para la detección de peatones en entornos urbanos complejos. 2016. Disponible en línea: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/17162>
- [6] José Luis Delgado Montiel. Reconocimiento de placas Vehiculares. 2016. Disponible en <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9880/1/221.pdf>