%Intro

\chapter{Introducción}

\thispagestyle{empty}

\section{Antecedentes}

A lo largo de la historia, se ha demostrado que con el paso del tiempo y la experiencia adquirida somos capaces de adaptarnos, mejorar e innovar en un sin número de ramas de la ciencia. De esta manera, no es extraño ver la creación de herramientas que mejoran nuestro calidad de vida y nos ayudan a superar los obstáculos de la vida cotidiana.\\

Con el paso de los años las herramientas han cobrado valor, no solo por el ahorro de tiempo que representan en nuestra vida, sino también por la comodidad que sentimos al utilizarlas, y ver lo fácil que es realizar tareas que antes eran simplemente imposibles. Por otra parte, los años nos han enseñado que la educación es una de las bases para el desarrollo de la sociedad.\\

En 1885 Karl Friedrich Benz crea el ``\textit{Motorwagen}'', el cual es considerado el primer vehículo de combustión interna de la historia, creando así una de las herramientas más influyentes en la actualidad. Por su lado, Henry Ford crea la compañía ``Ford Motor Company'' en junio de 1903, la cual sentaría en los años siguientes las bases de la cadena de producción que abarató el precio del automóvil. Posteriormente dicha cadena de producción fue adoptada por la industria automotriz en pleno, permitiendo la populirazación del automóvil. Lo demás, es historia.\\

Institutos de investigación como el Inria (Instituto Nacional de Investigación en Informática y Automática, del francés: \textit{Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique}), universidades como la Universidad Simón Bolívar y grupos de investigación dentro de ella como el Grupo de Investigación en Mecatrónica, hacen posible que la sociedad sea educada para hacer frente a las necesidades de hoy y del mañana, específicamente en el área de control y automatización.\\

En la actualidad, el objetivo en la investigación automotriz se ve muy marcado por institutos, universidades y fabricantes de éste tipo, los cuales han consolidado las ideas anteriores y trabajan en pro de automatizar la conducción y lograr el control sobre vehículos reales. La conducción autónoma, a pesar de haber sido considerado por mucho tiempo un tema utópico, es hoy uno de los frentes que ataca la ciencia, para adaptar, mejorar e innovar el automóvil, el cual ha sido una herramienta clave en el desarrollo de la sociedad. \\

Los primeros pasos ya han sido dados con investigaciones en el campo de los sistemas de ayuda a la conducción (ADAS, del inglés: \textit{Advance Driver Assistance Systems}), donde el control crucero adaptativo, el aparcamiento automático, entre otros, son ideas que ya están implementadas por las compañías de vehículos, las cuales permiten que incluso personas con discapacidades sean capaces de conducir \cite{Ferguson2008}.\\

Desde esta iniciativa, muchos proyectos, demostraciones e investigaciones se han llevado a cabo en lo que es llamado los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, del inglés: \textit{Intelligent Transportation Systems}). Estos sistemas comprenden aplicaciones avanzadas que apuntan a mejorar la conducción, implementando para ello técnicas de control, comunicaciones y entornos virtuales, alcanzando una mayor comodidad, seguridad e inteligencia en los medios de transporte modernos. Dentro del marco de los ITS, encontramos a los Sistemas Cibernéticos de Transporte (CTS, del inglés: \textit{Cybernetic Transportation Systems}), los cuales utilizan sistemas de percepción, comunicación y planificación de rutas, para mejorar el transporte en entornos urbanos. \\

El concepto urbano y los CTS vienen de la mano con el concepto \textit{Cybercars}\cite{Furda2010}, el cual consiste en vehículos experimentales computarizados pensados para las ciudades. Dicho concepto ha sido desarrollado y probado en escenarios reales, alcanzando a realizar maniobras como manejo en pelotón, paradas de emergencia, intersecciones, entre otras. A pesar de todo el esfuerzo ya realizado, los vehículos completamente autónomos tienen aún camino por recorrer antes de llegar a las manos del ciudadano común; razón por la cual los trabajos previos sugieren mejoras sobre todo las etapas de comunicación y decisión.\\

El presente proyecto consiste en mejorar y desarrollar estrategias de control, específicamente en el área de planificación de trayectorias, para vehículos eléctricos autónomos en entornos urbanos. El proyecto fue realizado en las instalaciones del Inria, en la sede París-Rocquencourt, en el marco del equipo Imara (Informática, Matemática y Automática para la Ruta Automatizada, del francés:\textit{ Informatique, Mathématiques et Automatique pour la Route Automatisée}).

\section{Justificacion y Planteamiento del Problema}

En la actualidad, el campo de los CTSs es de gran importancia dentro de los ITSs. Dicho campo se centra en el problema de congestionamiento de las ciudades modernas, y trata de resolverlo recurriendo a vehículos autónomos (\textit{Cybercars}). Este tipo de vehículos se encuentra a la vanguardia de los CTSs, gracias a su versatilidad, adaptabilidad y características ecológicas, siendo ya implementados en varias demostraciones de proyectos y parques temáticos \cite{ bouraoui2011, Dupourque2008}. \\

Investigaciones recientes apuntan a temas como intersecciones, cruces de caminos, redomas y sistemas anticolisión, los cuales son considerados como algunos de los más interesantes en el campo de los CTS. En competencias recientes como el \textit{DARPA Urban Challenge}\footnote{http://archive.darpa.mil/grandchallenge/}, o el \textit{GCDC}\footnote{http://www.gcdc.net/mainmenu/Home/the\\_Challenge}, es clara la atención que se le da a dichos temas, prometiendo en un futuro cercano la existencia de vehículos autónomos en las ciudades y carreteras. Por otro lado, en \cite{TesisPerez2012} se evidencian grandes aportes en materia de conducción urbana, siendo el control lateral y longitudinal los principales temas, que deben tratarse en diferentes escenarios como: cruces, redomas, cambios de carril, entre otros. \\

Tomando en cuenta estos precedentes, el presente trabajo se basa en la mejora y el desarrollo de nuevas técnicas y algoritmos de control, específicamente en la planificación de trayectorias para vehículos autónomos en entornos urbanos. Partiendo de trabajos previos en el grupo Imara, en \cite{Resende2012, bouraoui2011} se han presentado propuestas al problema de la conducción autónoma para CTSs. Sin embargo, éstos presentan un perfil estático en cuanto a la planificación de la ruta, es decir, ésta no cambia en todo el trayecto.\\

El problema principal se visualiza en la imposibilidad de cambiar la ruta en tiempo real al momento de eventos imprevistos, como obstáculos móviles, estáticos o incluso un comando del operador, por ejemplo, peatones, otros vehículos, trabajos en la vía, etc. Para ello, una nueva arquitectura de control es presentada, la cual permite realizar ajustes en la trayectoria, respondiendo dinámicamente a situaciones imprevistas.\\

Parte del problema recae en el tratamiento del mapa por parte de la arquitectura anterior. Ésta, sólo podía funcionar por una ruta pregrabada a mano, con gran cantidad de puntos tanto en tramos rectos como curvos, lo cual hacía imposible su modificación, y además añadía ruido al momento que el controlador interpretaba la trayectoria a seguir, sin mencionar que impedía modificaciones para insertar la curvatura como variable del control lateral.\\

El presente trabajo también parte de aportes para entornos urbanos en \cite{TesisPerez2012}, el cual presenta puntos importantes para el manejo en redomas e intersecciones con curvas paramétricas. Dichas curvas son analizadas para la obtención de trayectorias suaves y seguras para los pasajeros. Además la curvatura es introducida como parámetro de control lateral, sumada al error lateral y el error angular.

\section{Objetivos}

\subsection{Objetivo General}

Mejorar y desarrollar nuevas estrategias de control, específicamente en el área de planificación de trayectorias, para vehículos eléctricos autónomos (Cybercars) en entornos urbanos.

\subsection{Objetivos Específicos}

\begin{itemize}%[label={.}]

\item [-]Estudio del estado del arte de los vehículos autónomos y, concretamente, vehículos eléctricos \textit{Cybercars}.

\item [-]Búsqueda de diferentes maneras de generar curvas paramétricas. Comparación e implementación.

\item [-]Simulacion de escenarios urbanos en \textit{ProSivic}, en conjunto con un ambiente multitarea (\textit{RTMaps}) para la implementación de los algoritmos propuestos.

\item [-]Compresion de la arquitectura de control existente para la implementacion de los algoritmos propuestos en las plataformas reales.

\item [-]Verificaciones en diferentes escenarios.

\end{itemize}

\section{Estructura del trabajo}

Luego de presentar el problema y los objetivos específicos, el presente trabajo está 6 capítulos aparte de éste, los cuales serán organizados de la siguiente manera: \\

En el \textbf{capítulo 2} se muestra una descripción detallada del instituto receptor (Inria), su historia, su presente, sus objetivos, además de una descripción del grupo Imara; grupo dentro del cual el pasante realizó el presente trabajo de investigación.\\

Una revisión del estado del arte se evidencia en el \textbf{capítulo 3}, el cual describe ciertas aplicaciones en robótica móvil. Los grandes grupos a nivel mundial trabajando en la conducción autónoma de vehículos. Los ITSs en conjunto con los CTSs y los \textit{Cybercars}, específicamente en entornos urbanos. Finalmente refleja diferentes técnicas de generación de trayectorias, ecuaciones paramétricas, entre otras.\\

El \textbf{capítulo 4} describe la arquitectura de control presentada. A pesar que todos sus módulos son explicados, se profundizará en las etapas de decisión y control. Se explica las técnicas utilizadas para la generación de la trayectoria, así como el control lateral y longitudinal utilizados.\\

Las plataformas experimentales son presentadas en el \textbf{capitulo 5}. En las simulaciones se habla de ProSivic, simulador que utiliza una plataforma 3D para emular vehículos como los Cybercars, implementando diferentes sensores como IMU (Unidad Medidora de Inercia, del inglés: \textit{Inertial Measurement Unit}), láseres, odometría, entre otros. Por otra parte las plataformas reales (\textit{Cybercars}) y sus características de implementación son presentadas.\\

En el \textbf{capítulo 6} se muestran los resultados experimentales, entre ellos se contemplan las simulaciones realizadas con escenarios de tipo interseccion, redomas, cambios de carril. Además se muestra una pequeña referencia a las pruebas reales.\\

Finalmente, en \textbf{capítulo 7} se presentan las conclusiones y trabajos futuros. Aquí se describen los puntos más resaltantes del presente trabajo, así como las posibles investigaciones futuras, derivadas de esta investigación.