



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Diseño e implementación de un controlador para la velocidad de un vehículo eléctrico

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

**MATEO JOSÉ CALDERÓN SIGUENCIA
PABLO EFRAÍN LÓPEZ ORTIZ**

Director:

MGTR. DANIEL SANTIAGO CAPELO RAMÓN

CUENCA, ECUADOR

2026

DEDICATORIA

A mis padres, José y Cecilia, por ser el pilar inquebrantable de mi vida. Su esfuerzo inagotable, su ejemplo de perseverancia y su confianza ciega en mis capacidades han sido el motor que me impulsó a culminar esta etapa. A mis hermanos y familiares, por su aliento constante y por brindarme su apoyo en los momentos de mayor exigencia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a la Universidad del Azuay y a todo el cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Electrónica. Su compromiso con la excelencia académica y sus invaluable enseñanzas han sido el pilar fundamental para mi formación y para la exitosa culminación de este trabajo de titulación. De igual manera, hago extensiva mi gratitud a mis compañeros de carrera, con quienes he compartido incontables jornadas de estudio, proyectos y desafíos a lo largo de estos años. Su compañerismo, el apoyo mutuo y el trabajo en equipo hicieron de esta exigente etapa universitaria una experiencia verdaderamente enriquecedora.

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y Nelly, por todo el apoyo brindado durante esta etapa de mi vida, así como por haberme enseñado a ser responsable con mi futuro y por los buenos valores que ellos me inculcaron desde la infancia. A mi abuelita Azucena, que ella ha sido también un pilar fundamental en toda esta trayectoria de mi vida, apoyándome siempre con sus buenos consejos y experiencias, todo ello me ha permitido llegar hasta este lugar. A mis hermanos Fabián y Mónica, quienes me han acompañado muy de cerca en todo lo que he necesitado y también me han compartido de sus experiencias para hoy ser la persona que soy. A mi familia más cercana, ya que ellos también me han apoyado a salir adelante con este objetivo de vida que me había planteado hace ya 5 años.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a los docentes que me han ayudado a llegar a este punto, ya que, gracias a ellos, he aprendido muchas cosas que no solo me servirán en la vida profesional, sino también en mi vida en general. Les agradezco por sus consejos y nunca dejar de interesarse en que nosotros, como estudiantes, aprendamos lo que ellos no han enseñado, todo esto es muy importante para formar profesionales de bien y, en especial, buenas personas. Me es muy importante expresar este sincero agradecimiento al ingeniero Hugo Torres, por haberme ayudado a lo largo de mi proceso universitario, así mismo por haberme brindado oportunidades de participar en proyectos de investigación junto a él. Es lamentable no tenerlo dentro de la universidad, pero realmente es un docente que dejó un gran legado para futuras generaciones.

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR PARA LA VELOCIDAD DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO

La transición hacia la movilidad eléctrica exige sistemas de propulsión eficientes y accesibles. Este trabajo presenta el diseño, implementación y validación de un controlador de velocidad de bajo costo para motores BLDC en vehículos eléctricos. Su arquitectura traslada el acondicionamiento analógico al interior del microcontrolador, reduciendo significativamente los costos de manufactura. Mediante programación a bajo nivel en C, se implementó el Control Orientado al Campo (FOC) con modulación SVPWM y sensado de corriente *Low-Side* aprovechando los amplificadores operacionales internos. Los resultados experimentales validan la generación de corrientes senoidales, una correcta inyección de tiempo muerto y la mitigación del ruido mediante rutinas *Anti-Windup*. La calibración del desfase magnético mantuvo la corriente directa al mínimo, operando en el punto de Máximo Par por Amperio (MTPA) para reducir pérdidas térmicas. Finalmente, las pruebas dinámicas confirmaron una rápida recuperación ante perturbaciones mecánicas, demostrando la robustez y viabilidad del controlador para aplicaciones de tracción eléctrica.

Palabras clave: Vehículo eléctrico, Motor BLDC, Control de velocidad, Control Orientado al Campo, Diseño de hardware.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CONTROLLER FOR THE SPEED OF AN ELECTRIC VEHICLE

The transition to electric mobility requires optimized and affordable propulsion systems. This paper presents the design, implementation, and validation of a low-cost speed controller for BLDC motors in electric vehicles. Its architecture moves the analog signal conditioning inside the microcontroller, significantly reducing manufacturing costs. Using low-level programming in C, Field-Oriented Control (FOC) was implemented with SVPWM modulation and low-side current sensing, leveraging the internal operational amplifiers. Experimental results validate the generation of sinusoidal currents, correct dead-time injection, and noise mitigation through anti-windup routines. Magnetic offset calibration kept the direct current to a minimum, operating at the Maximum Torque per Ampere (MTPA) point to reduce power dissipation losses. Finally, dynamic tests confirmed fast recovery from mechanical disturbances, demonstrating the controller's robustness and viability for electric traction applications.

Keywords: Electric vehicle, BLDC motor, Speed control, Field-Oriented Control, Hardware design.