



Title: Design and validation of a BLDC motor control for application in a solar water pump

Authors: HERRERA-VELÁZQUE, Rene, RODRIGUEZ-MEJIA, Jeovany Rafael, LÓPEZ-MÁRTINEZ Alfonso and ARAIZA-ESQUIVEL, Ma. Auxiliadora

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2022-01
BCIERMMI Classification (2022): 261022-0001

Pages: 15
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
143 – 50 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Introducción

Metodología

Resultados

Conclusiones

Referencias



Introducción

Los motores Brushless Direct Current (BLDC) han alcanzado un nivel de utilidad de gran importancia en aplicaciones industriales, dado que la relación de par y tamaño es mucho mayor, lo que los hace útiles en entornos de trabajo con espacio reducido.

Los motores BLDC se caracterizan por una alta eficiencia y bajo mantenimiento a comparación de los motores convencionales.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un control de velocidad para motores BLDC, el cual requiere de herramientas digitales y electrónica de potencia para lograr un control de posición y velocidad preciso.

Metodología

Estructura y funcionamiento del motor BLDC

Los motores BLDC son de tipo síncrono cuyos campos magnéticos existen en el estator y en el rotor giran a la misma frecuencia.

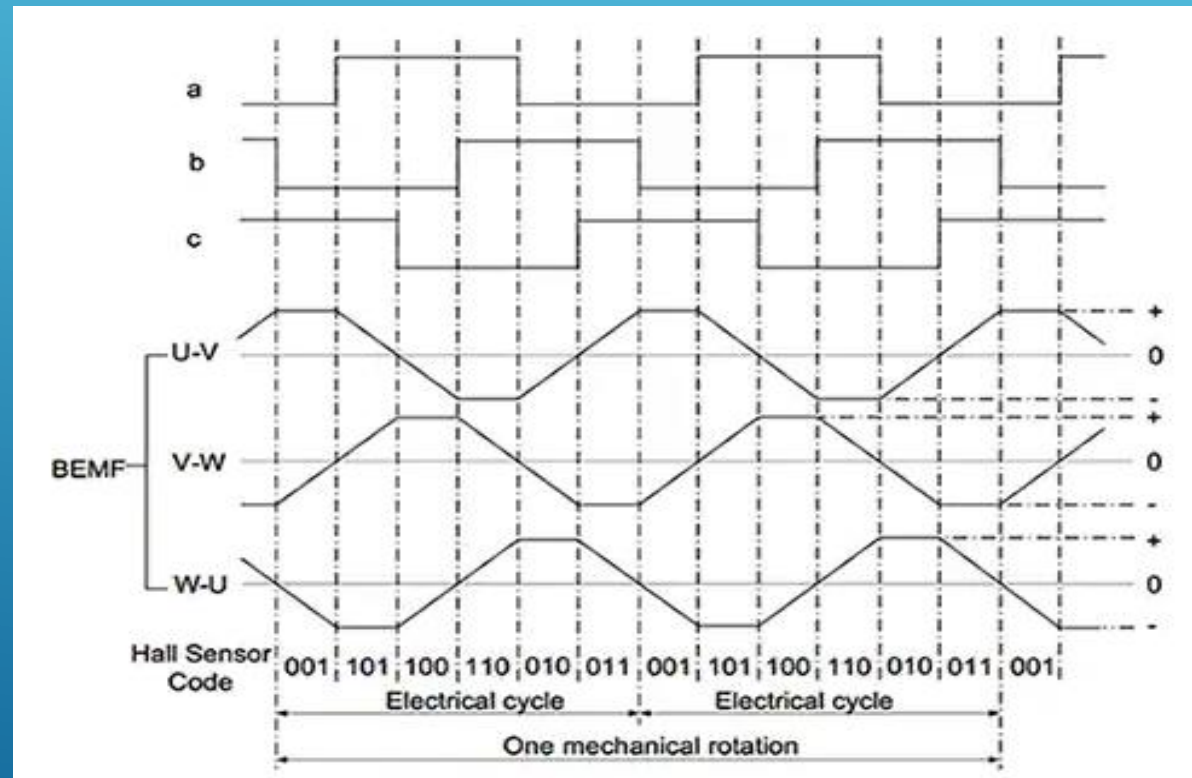


Figura 1 Efecto Hall y señales EMF inversas

La técnica de control utilizada en el motor BLDC es el modo de seis pasos, permitiendo controlar la corriente que circula por los terminales de las bobinas del motor, activando 2 bobinas al mismo tiempo y dejando apagada la tercera .

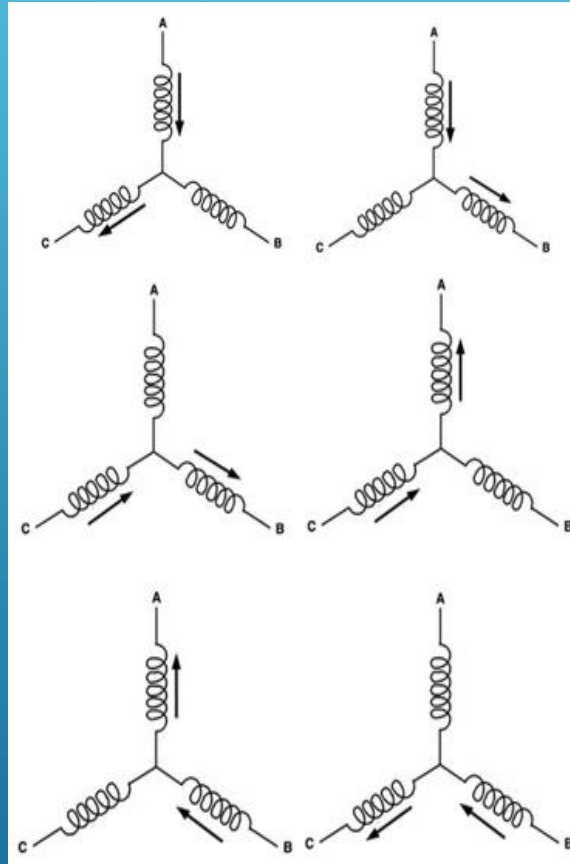


Figura 2 Conmutación de bobinas en un puente trifásico

En el caso del motor BLDC, contiene una parte fija (estator), donde se ubican los devanados, y una parte móvil (rotor) de imanes permanentes .

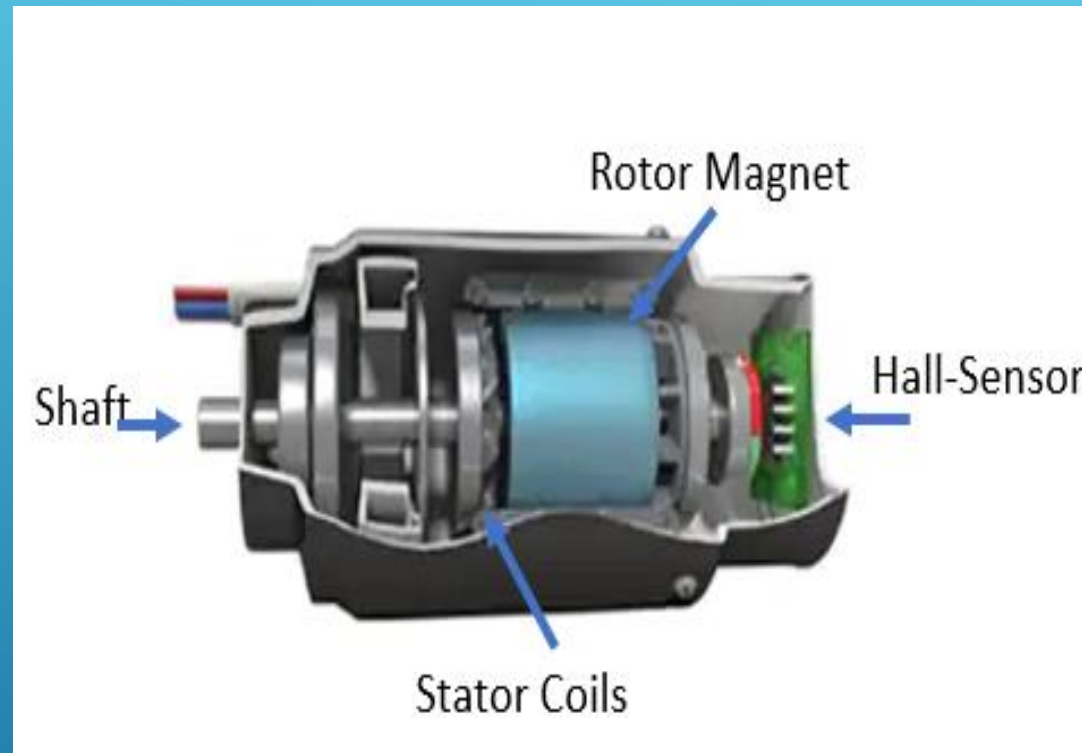
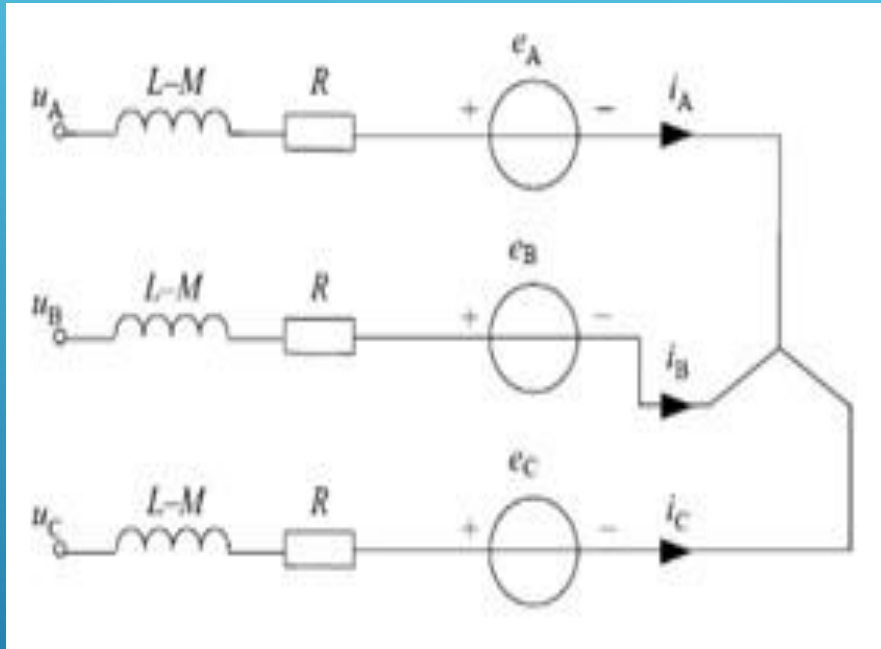


Figura 3 Diagrama del motor BLDC

El motor BLDC requiere de un circuito electrónico que actúa como conmutador, lo que permite controlar la posición y el sentido de giro.

Modelo matemático del motor BLDC representado en su configuración trifásica.



Circuito equivalente del motor

$$u_{AB} = R(i_A - i_B) + (L - M) \frac{di_A}{dt} + (M - L) \frac{di_B}{dt} + (e_A - e_B)$$

$$u_{BC} = R(i_B - i_C) + (L - M) \frac{di_B}{dt} + (M - L) \frac{di_C}{dt} + (e_B - e_C)$$

$$u_{CA} = R(i_C - i_A) + (L - M) \frac{di_C}{dt} + (M - L) \frac{di_A}{dt} + (e_C - e_A)$$

Voltajes de línea del motor.

$$T_e = K_f \omega_m + J \frac{d\omega_m}{dt} + T_L$$

Par del subsistema mecánico

La etapa de salida consiste en un inversor trifásico compuesto por MOSFET como se muestra en la Fig. 4.

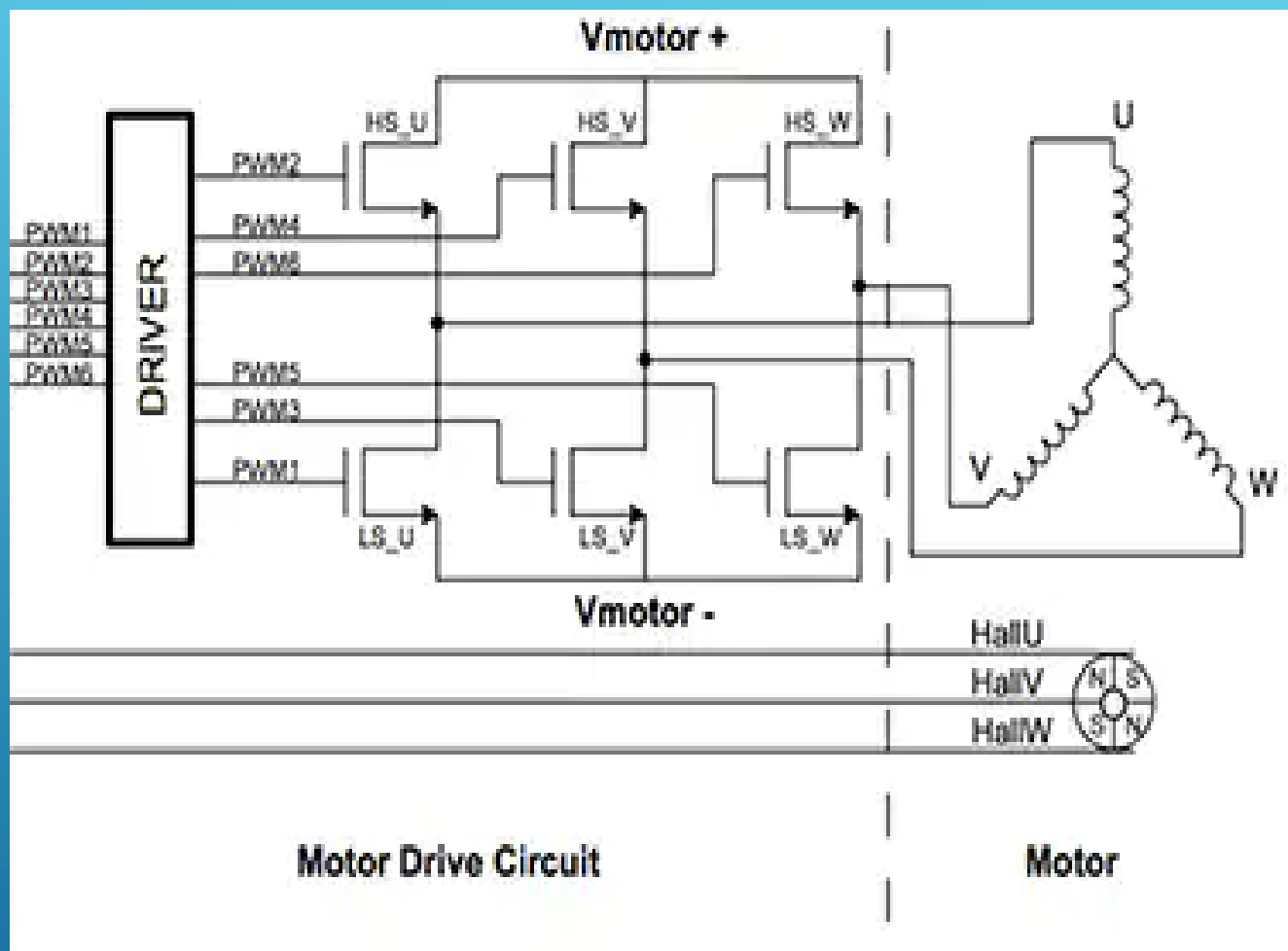


Figura 4 Puente trifásico

Resultados

Utilizando la aplicación Proteus se realizó la construcción del circuito de control.

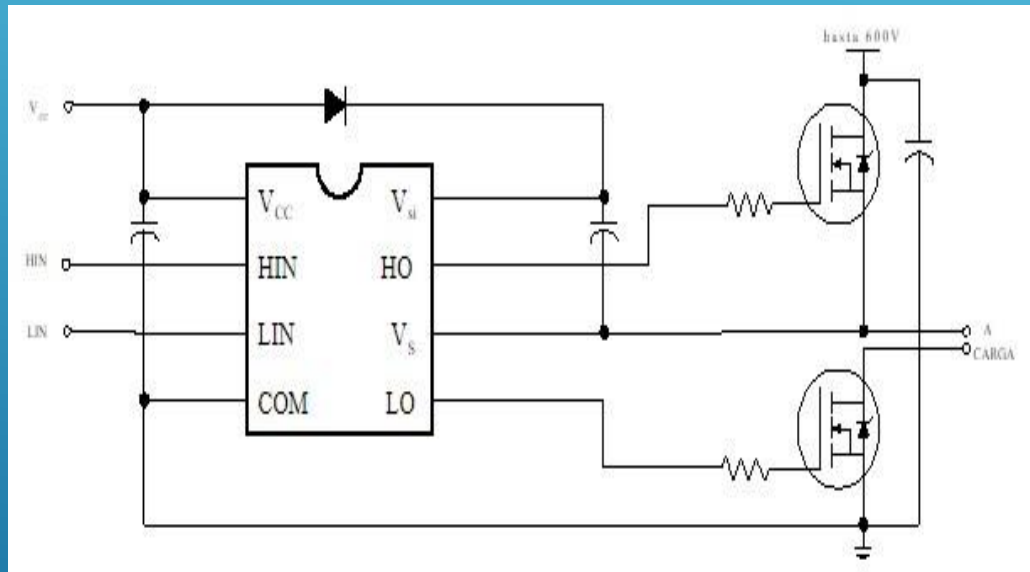


Figura 5 Conexión típica para IR2101

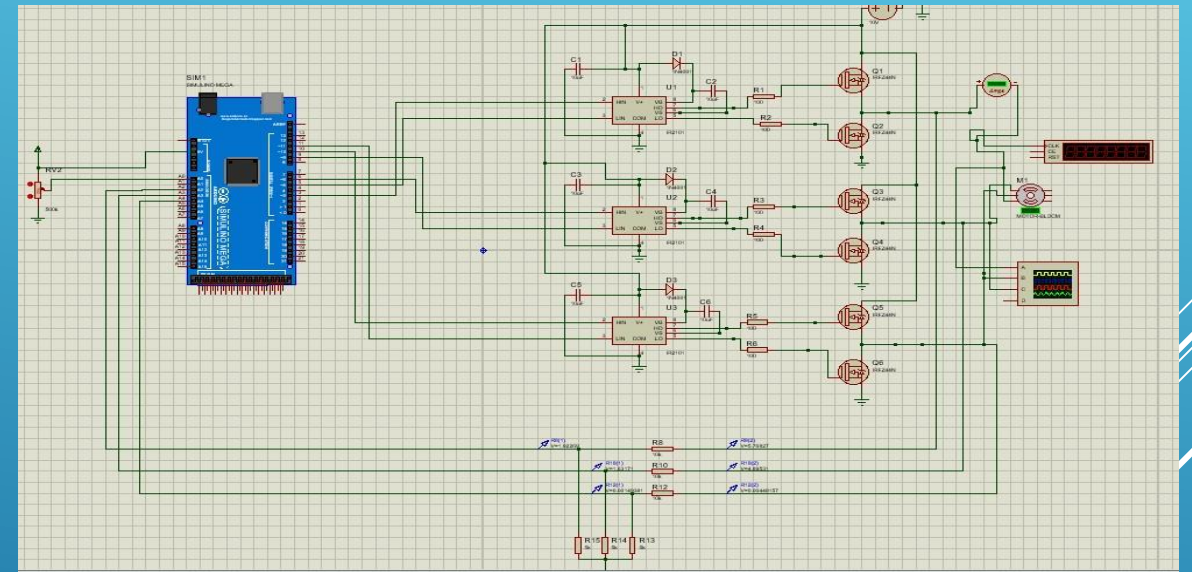


Figura 6 Simulación del circuito en proteus integrando los driver IR2101

Verificación de operación de los driver en el simulador proteus y en el modulo experimental, respectivamente.

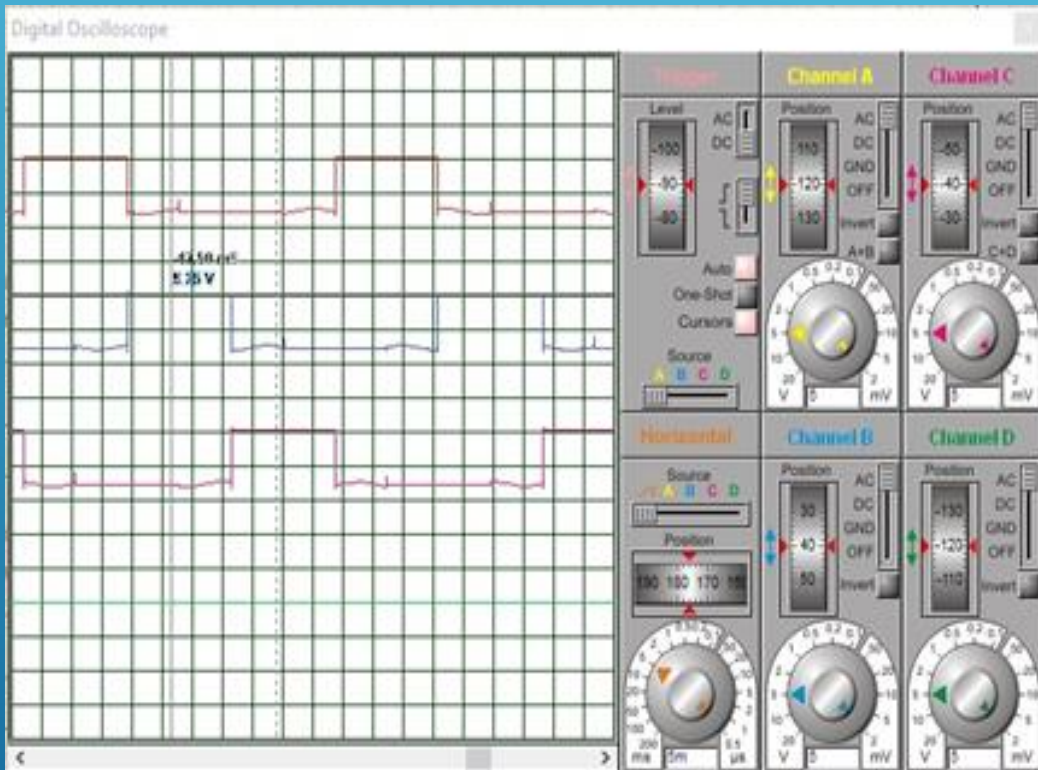


Figura 7 Pulsos simulados en proteus

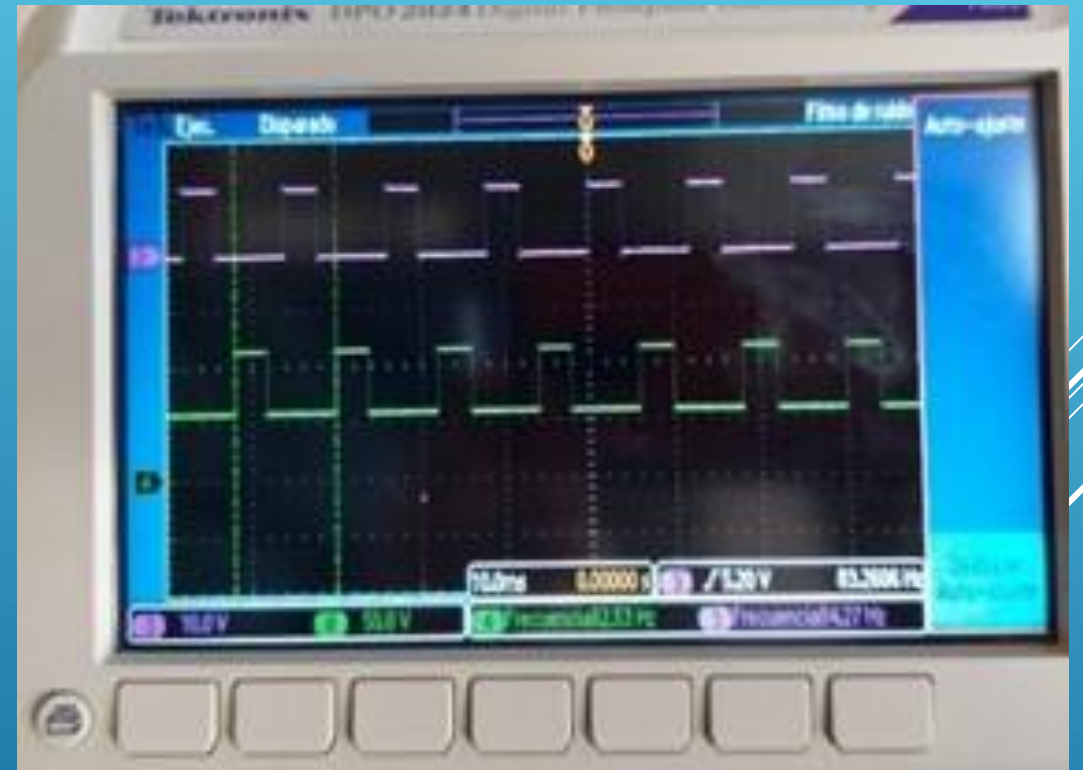


Figura 8 Señales de salida de los drivers IR2101

Conexiones del circuito impreso construido en el programa de PCB WIZAR, comprende los drivers y la etapa de potencia

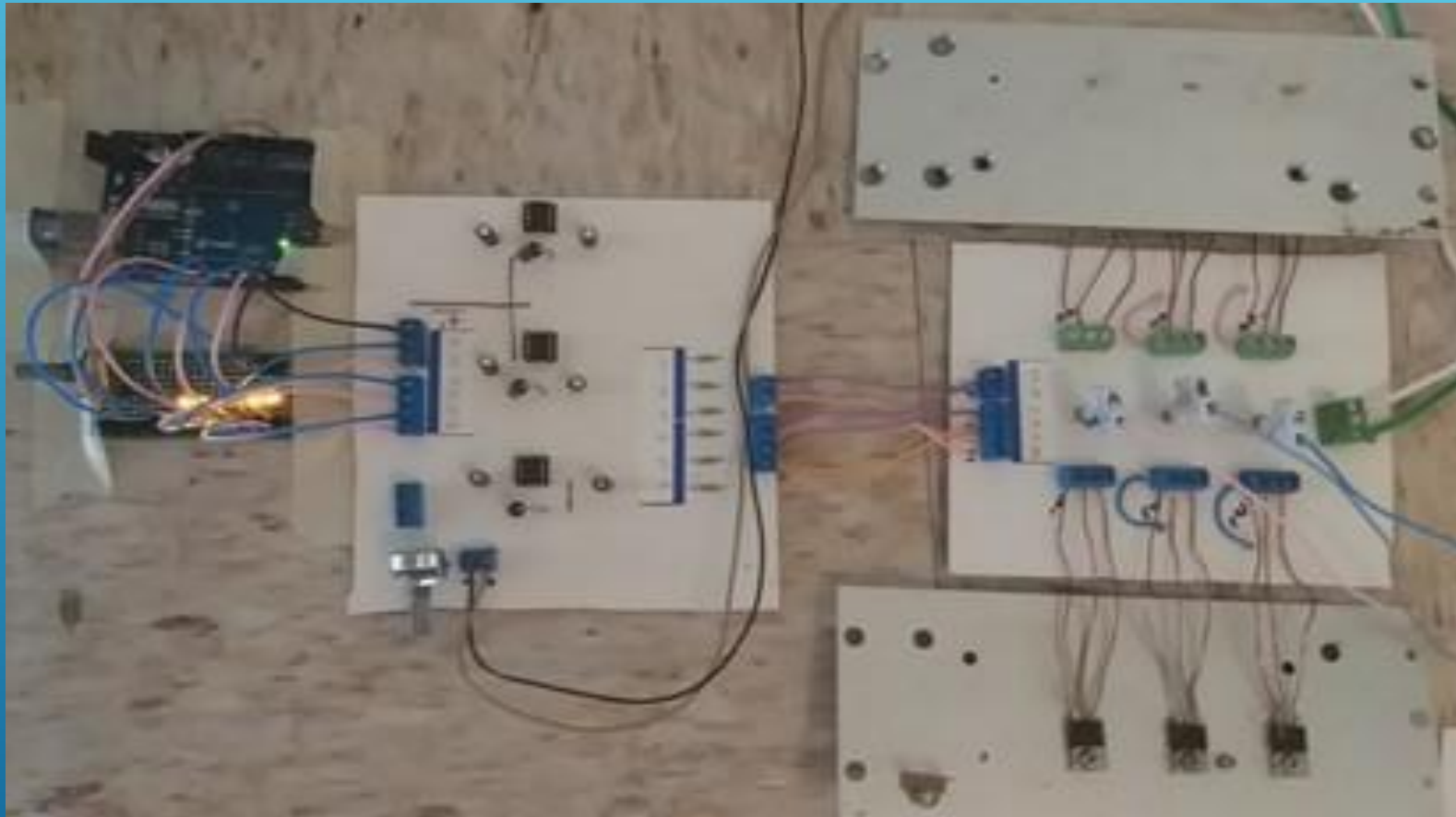


Figura 9 Circuito implementado con drivers IR2101

Comparativos de operación del controlador con diferentes valores de velocidad mostrándose la eficacia del sistema implementado.

Velocidad (RPM)	Freq. (Hz)	Tiempo de Fase (μ s)
518	57.48	29.97
735	69	24.44
833	81.5	21
910	92.34	17.96
1008	103.9	16.24
1106	125.1	13.38
1197	148.8	12.24
1350	166.4	11.67
1393	171.5	10.9
1463	197.1	9.57
1624	205.5	9.13
1729	222.5	8.19

Tabla I. Datos de parámetros obtenidos del controlador BLDC

La Tabla II muestra las RPM del motor, estas se definen como valor leído con el sensor codificador (RPM_M), y valor obtenido en simulación o valor esperado (RPM_S) respectivamente.

<i>Estadística de dispersión</i>	RPM_0	RPM_S	$RPM_S - RPM_0$
	518	535	-17
	735	663	72
	833	788	45
	910	874	36
	1008	992	16
	1106	1194	-88
	1197	1289	-92
	1350	1394	-44
	1393	1432	-39
	1463	1585	-122
	1624	1652	-28
	1729	1719	10
<i>Desviación estándar</i>	370.58	400.51	
<i>RMSE</i>			66.70
<i>coeficiente de correlación de Pearson</i>			0.991

Tabla II. RPM, RMSE y SDV

La figura 10 muestra el comportamiento del motor a diferentes valores de frecuencia, comprobándose que el controlador cumple con las expectativas esperadas de velocidad.

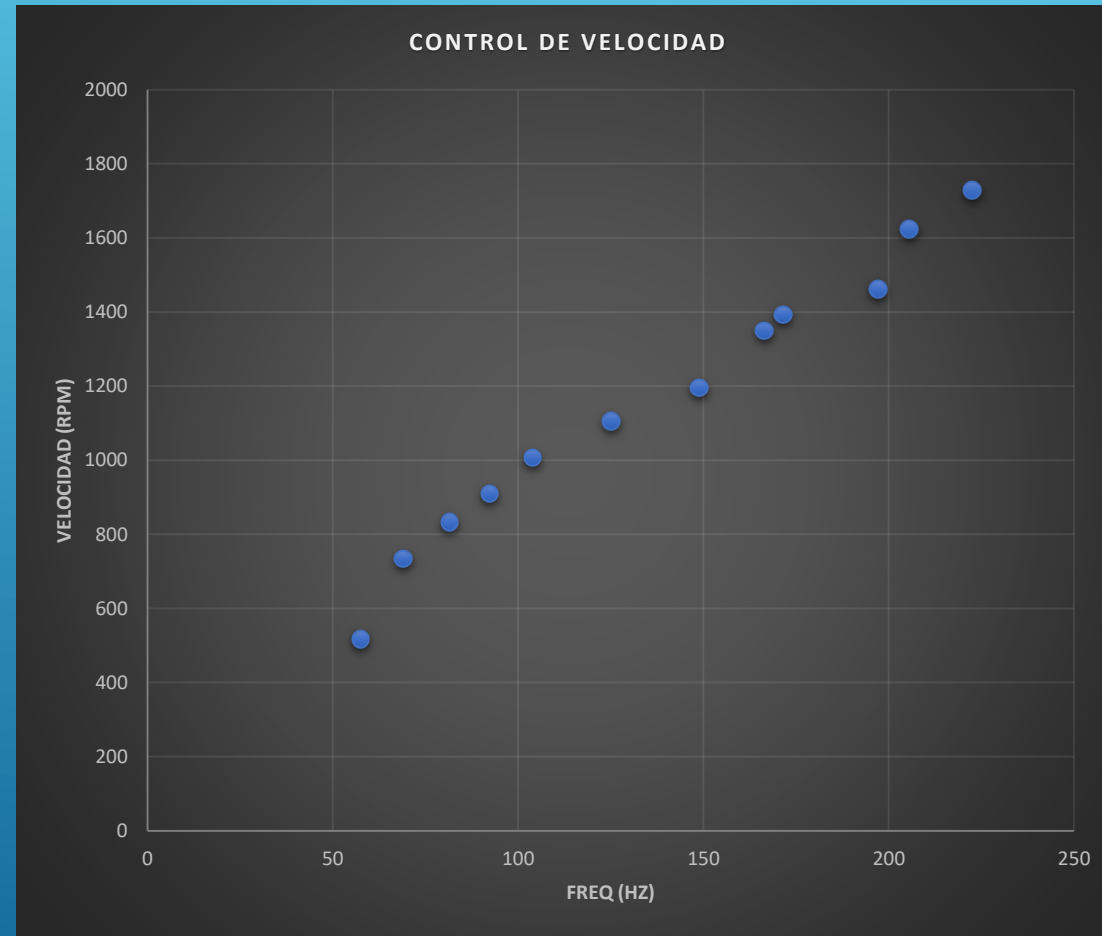


Figura 10 RPM vs Curva de frecuencia

Conclusiones

En este trabajo se comprueba que la propuesta de control realizada para el motor BLDC es satisfactoria ya que se logró un mejor rango de variación de velocidad tanto en el diseño simulado como en el sistema construido.

El sistema no presenta problema de estabilidad de RPM al variar intencionalmente la frecuencia.

Las características del motor BLDC implementado en una bomba de agua sumergible, mas la sencillez del control y el bajo costo de este, hace atractivo su uso en sistemas de bombeo solar.

Referencias

F. Aghili, (2011), "Fault-tolerant torque control of BLDC motors," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 2, pp. 355–363, 2011. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5535190>

C. T. Lin, C. W. Hung, and C. W. Liu, (2008), "Position sensorless control for four-switch three-phase brushless DC motor drives," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 23, no. 1, pp. 438–444, 2008. <http://ntur.lib.ntu.edu.tw/bitstream/246246/151885/1/75.pdf>

S. A. R. Sierra, (2013), "Control híbrido de motores DC sin escobillas usando FPGA,Tesis," INAOE, 2013. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/241/1/ReyesSSA.pdf>

C. S. Joice, S. R. Paranjothi, and V. J. S. Kumar, (2017), "Digital control strategy for four quadrant operation of three phase BLDC motor with load variations," *Int. J. Innov. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 0028–0032, 2017. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6319386>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/booklets)