



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Proyecto de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico

Tema: “Diseño e Implementación de un sistema de medición inteligente de variables eléctricas para motores de corriente continua, en el Laboratorio de Accionamientos eléctricos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara”

Autores: Paredes Moreno, Enrique Oswaldo y Tonato Pallasco, Michael Wladimir

Director de proyecto: Ing. Jiménez León, Mario Polibio

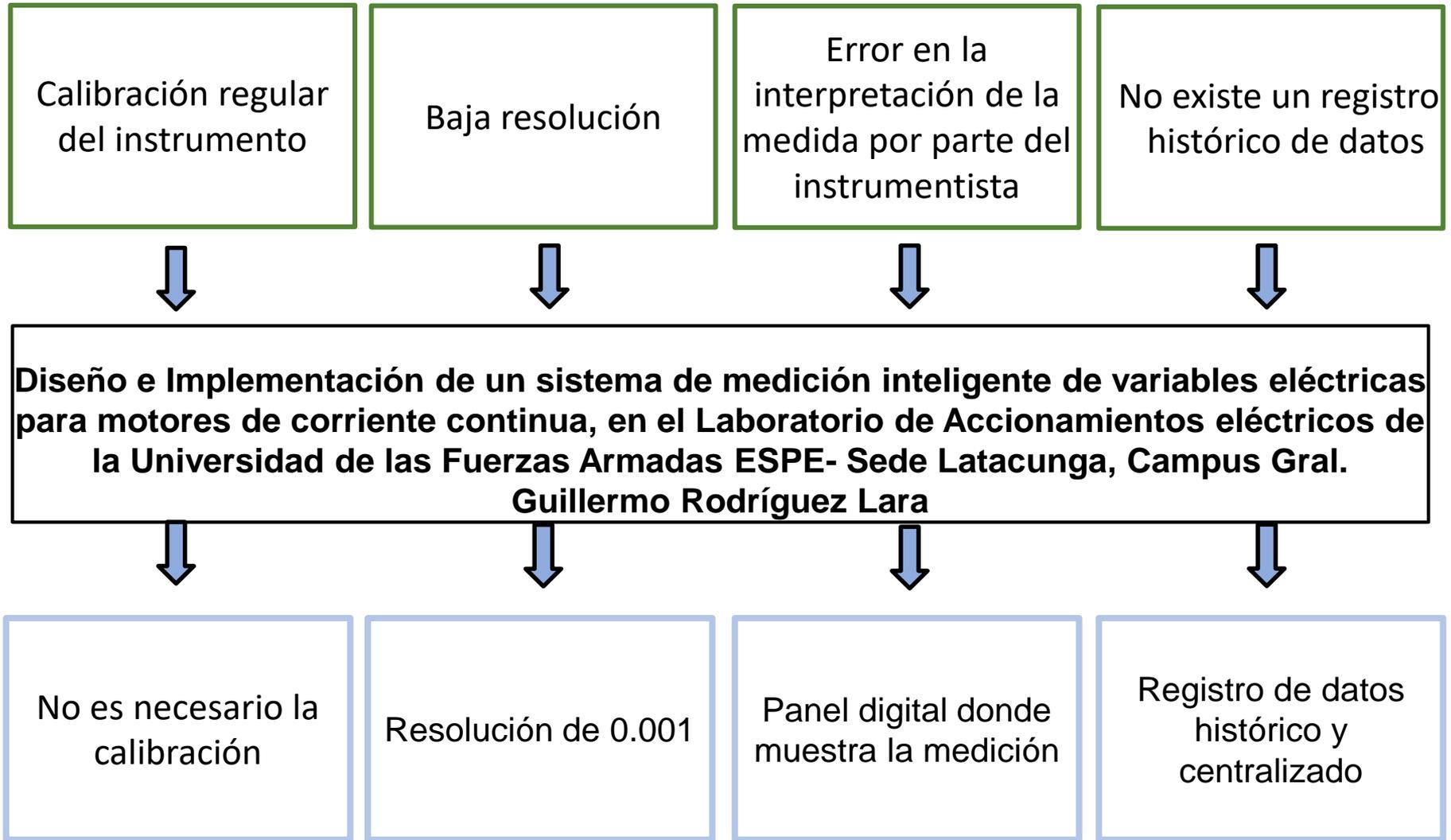
**Latacunga Agosto,
2023**



- Planteamiento del problema
- Justificación
- Objetivos
- Diseño e implementación
- Resultados
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



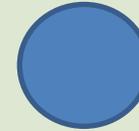
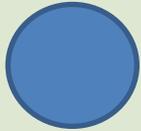
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



El presente proyecto detalla el de diseño, selección e implementación de medidores de DC y convertidores RS485/WIFI utilizados para el Desarrollo de un Sistema de medición inteligente



El proyecto desarrolla habilidades prácticas, impulsa la investigación, moderniza el laboratorio de Accionamientos Eléctricos y cumple objetivos educativos institucionales.



Logrando el diseño de un sistema que permite la captura, el análisis y registro de datos de voltaje, corriente y potencia en tiempo real para los motores de corriente continua



OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de medición inteligente de variables eléctricas para motores de corriente continua, en el Laboratorio de Accionamientos Eléctricos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Sede Latacunga, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara.

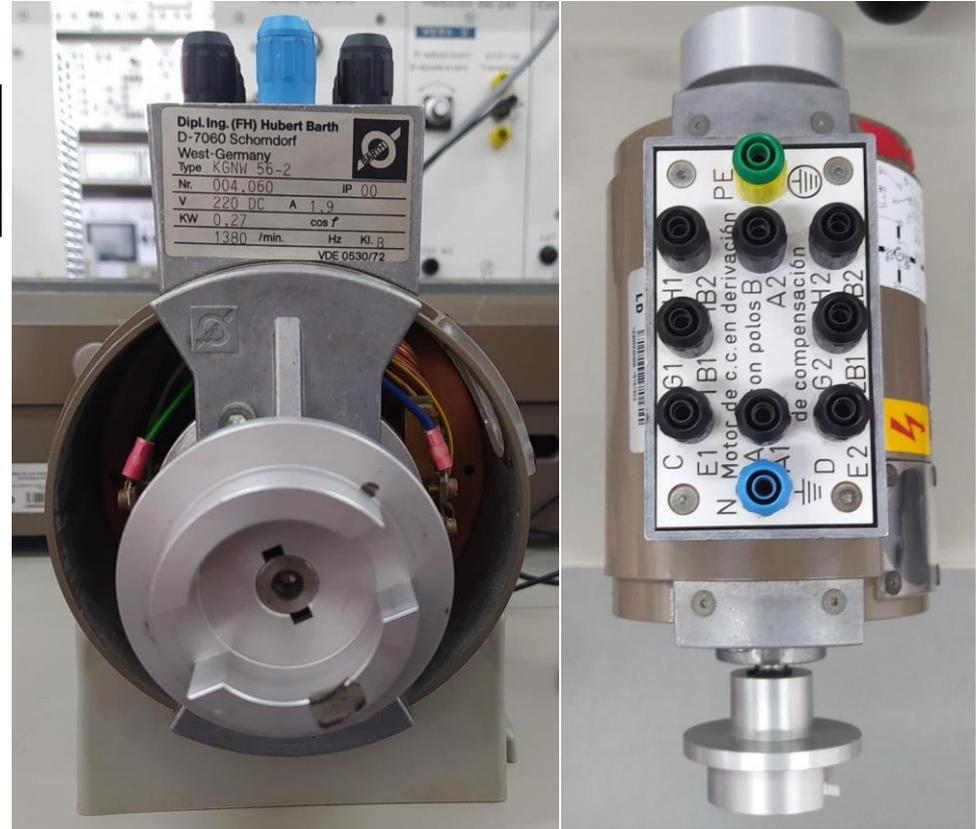
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de medición en base a los parámetros eléctricos de voltaje y corriente de los motores de corriente continua que se encuentran en el laboratorio de accionamientos eléctricos.
- Implementar cuatro módulos de medición inteligente para motores de corriente continua.
- Diseñar una red industrial utilizando el protocolo de comunicación Modbus RTU RS485 entre los módulos de medición.
- Implementar un sistema SCADA



Parámetros de funcionamiento del motor.

Motor	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia Nominal [kW]	RPM
Motor DC Shunt	220	1.9	0.27	1380



Cálculo de la corriente de arranque.

$$U = E + (r + R_c)I_i + 2U_e$$

$$220V = 0 + 11\Omega I_i + 2V$$

$$I_i = \frac{220 - 2}{11} = 19.8 A$$

Parámetros de selección del medidor.

Voltaje [V]	Corriente [A]	Comunicación	Digital input	Analoge Ouput	Necesidad de Data logger
220	19,8	RS 485	1	1	

Selección del medidor

Meter Model	Voltage Option	Current Option	Power Supply Option	I/O Option	Communication	Datalogging
AcuDC 243: Multifunction	1000V: Nominal Input Voltage 1000Vdc	A0: 0~±10A	P1: 100-240Vac 50/60Hz, 100-300Vdc	X0: No I/O	NC: No Communication	ND: No Datalogging
	600V: Nominal Input Voltage 600Vdc	A1: Shunt (50~100mV)	P2: 20-60Vdc	X1: 2DI+2AO (4~20mA/0~20mA)	C: RS485, Modbus RTU	D: Datalogging
	300V: Nominal Input Voltage 300Vdc	A2: Current Hall Effect Sensor (4~20mA/12mA±8mA)		X2: 2DI+2AO (0~5V/1~5V)		
	60V: Nominal Input Voltage 60Vdc	A3: Voltage Hall Effect Sensor (0~±5/0~±4V)		X3: 2DI+2RO		
	5V: Via Hall Effect Sensor (0-5V/0-4V), ratio settable			X4: 2DI+2DO		
				X5: 2DI+ ±15Vdc		
				X6: 2AI ±15Vdc (4~20mA/0~20mA)		
				X7: 2AI ±15Vdc (0~5V/1~5V)		



Denominación del medidor de potencia y energía DC es:

AcuDc 243-300V-A2-P1-X1-C-D



Selección del sensor de efecto hall

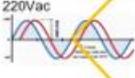


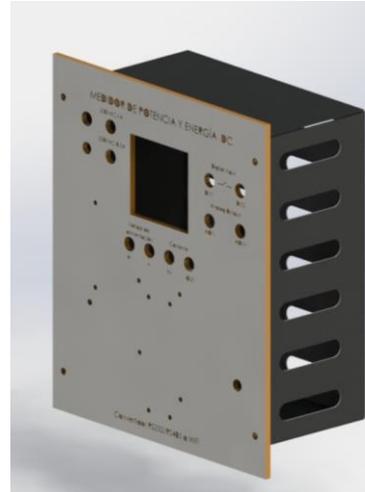
	Model	Rated Input	Rated Output	Directional
Ordering Number	-	:	-	-
Ordering Example	HAK21	100	A2	B
		50: 50A	A2: 4-20mA	Blank - Uni-directional
		100: 100A	A3: 0-5V	B - Bi-directional
		200: 200A		

Denominación del medidor de potencia y energía DC es:

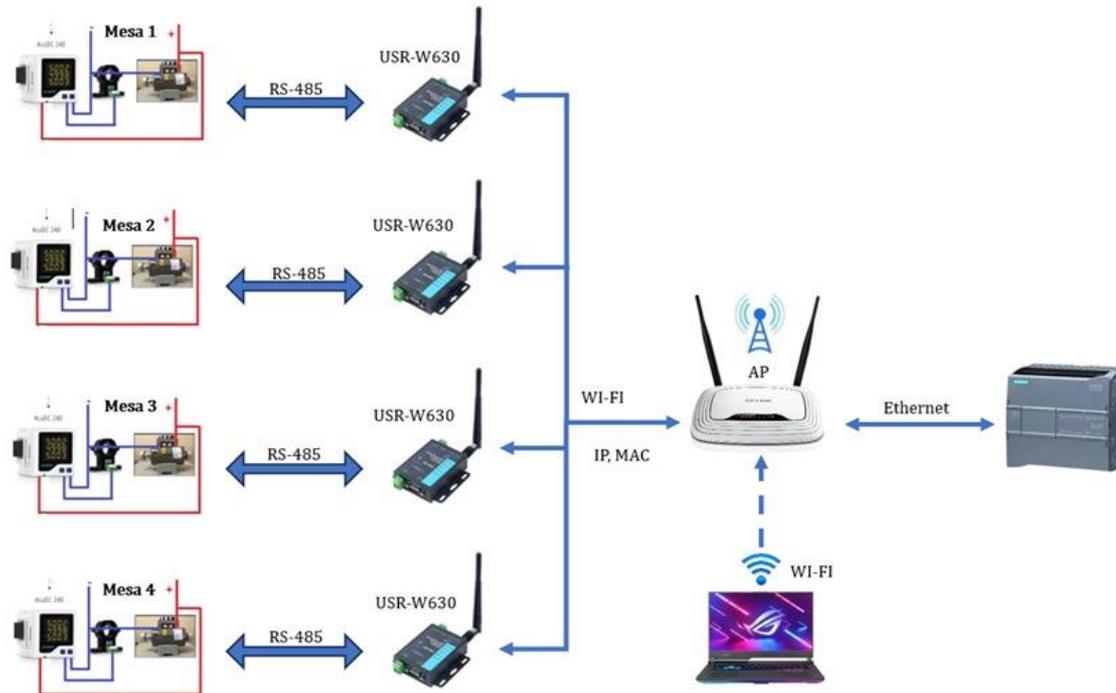
HAK21-50-A2-B

Diseño y construcción de módulo de medición inteligente

Sistema eléctrico	Fuente de alimentación			
Interruptor	ON/OFF 	Switch ojo de cangrejo 	Switch 3 pin 	
Portafusibles	De línea 	BLX 	Para circuito impreso 	
Piloto				
Conector banana hembra	De riel 4mm 	Tornillo 4mm 	Socket 4mm 	
Cables	Flexible #18 	Flexible #14 	Flexible #16 	
Bornera	P/Cable 	Transparente 6 conex 	De riel 	
Terminales	Tipo espada 	Tipo puntera 	Tipo ojal 	
Cable de alimentación	Enchufe tipo A 	Enchufe tipo F 	Enchufe tipo B 	



RED Industrial inalámbrica



Resumen de parámetro de configuración de la red industrial

Configuración ACU DC 243

Dispositivo: AcuDC 243			
	Dirección de comunicación	Tasa de baudios	Bit de paridad
AcuDC 243: Mesa 1	4	34800	EVEN
AcuDC 243: Mesa 2	5	34800	EVEN
AcuDC 243: Mesa 3	3	34800	EVEN
AcuDC 243: Mesa 4	1	34800	EVEN



Resumen de parámetro de configuración de la red industrial

Configuración USR W630

Dispositivo: USR W630				
	USR W630: Mesa 1	USR W630: Mesa 2	USR W630: Mesa 3	USR W630: Mesa 4
Mode Selection				
STA Mode	Station Mode	Station Mode	Station Mode	Station Mode
Data transfer mode	Modbus TCP<=>Modbus RTU	Modbus TCP<=>Modbus RTU	Modbus TCP<=>Modbus RTU	Modbus TCP<=>Modbus RTU
STA Interface Setting				
AP's SSID	TP- LINK_965FA0	TP- LINK_965FA0	TP- LINK_965FA0	TP- LINK_965FA0
IP Address	192.168.0.104	192.168.0.103	192.168.0.106	192.168.0.105
Subnet Mask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Default Gateway	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1	192.168.0.1
Application Setting				
Baudrate	34800	34800	34800	34800
Data bits	8	8	8	8
Parity	Even	Even	Even	Even
Stop	1	1	1	1
Network A Setting				
Mode	Server	Server	Server	Server
Protocol	TCP	TCP	TCP	TCP
Port	503	503	503	503
Network B Setting				
Protocol	TCP	TCP	TCP	TCP
Port	503	503	503	503

- [Quick Configure](#)
- [Mode Selection](#)
- [AP Interface Setting](#)
- [STA Interface Setting](#)
- [Application Setting](#)
- [Ethernet Setting](#)
- [HTTPD Client Mode](#)
- [Device Management](#)

Quick Configure

1F [Wi-Fi Setting](#) [\[Modify\]](#)

Wifi Mode	
Mode	Station Mode ▾
STA Interface Parameters	
AP's SSID	TP-LINK_965FA0 <input type="text"/> <input type="button" value="Search"/>
MAC Address (Optional)	<input type="text"/>
Security Mode	OPEN ▾
Encryption Type	NONE ▾
<input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

2F [Ethernet Ports Setting](#) [\[Modify\]](#)

3F [Uart Setting](#) [\[Modify\]](#)

4F [Network Setting](#) [\[Modify\]](#)

5F [Device Management](#)

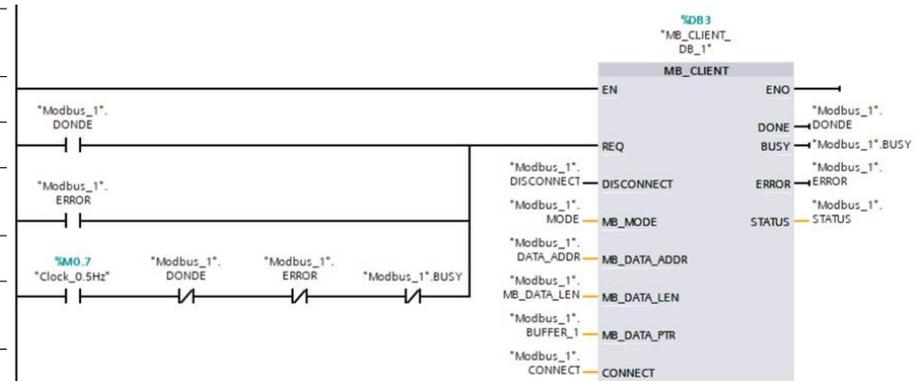
Restart Module	
Restart Module	<input type="button" value="Restart"/>



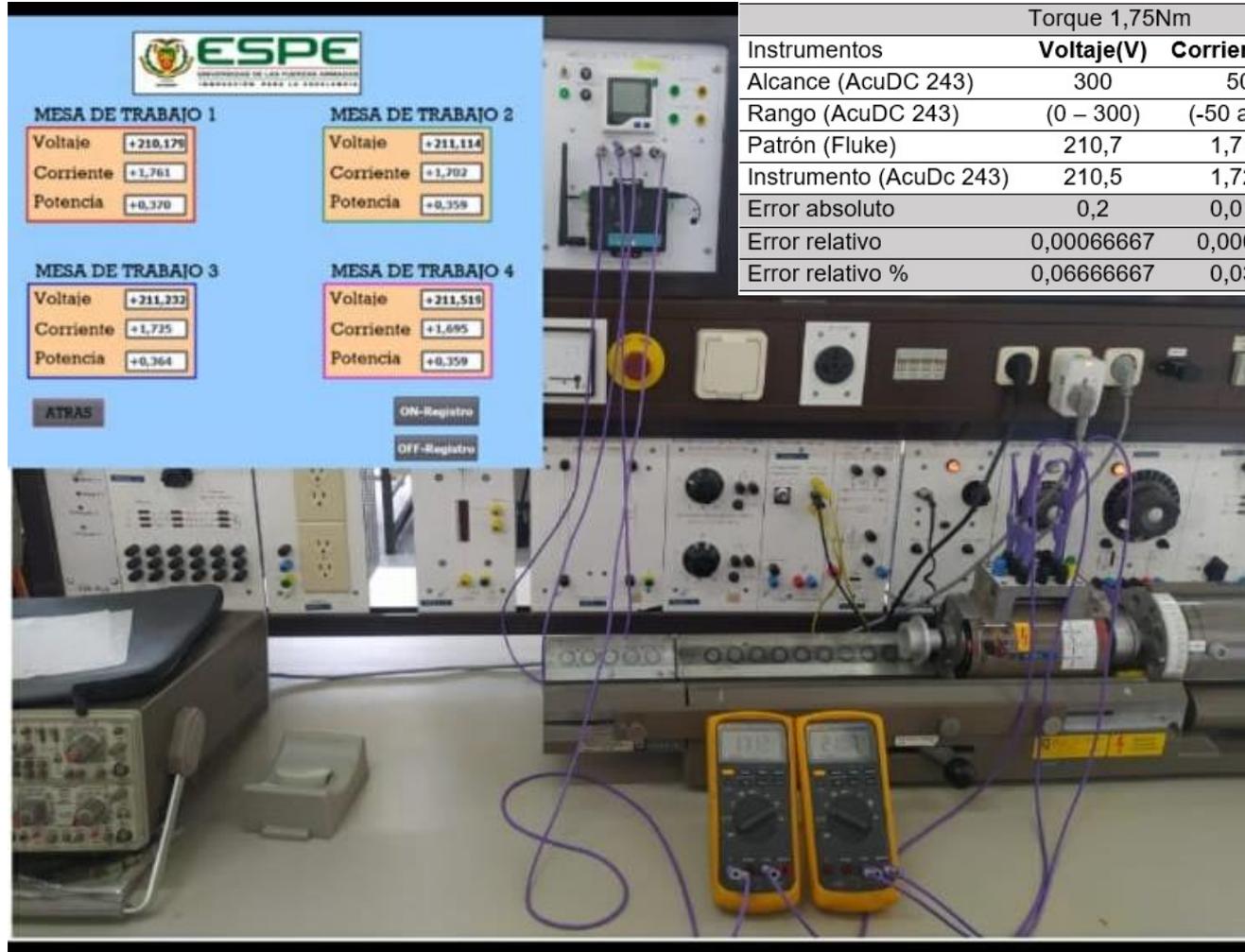
Resumen de parámetro de configuración de la red industrial

Configuración bloque Data Client

Parámetro	Descripción	Configuración
REQ	Solicitud para comenzar una sesión de Modbus. (REQ=true), la instrucción envía solicitudes de comunicación	"Clock_0.5Hz"
DISCONNECT	En caso de conectado: 1 y desconectado: 0	false
MB_MODE	Selecciona el modo de la solicitud Modbus	0
MB_DATA_ADDR	Número de registro para los diferentes registros en Modbus y depende del MB_MODE	40513
MB_DATA_LEN	Número de bits o palabras para el acceso a los datos.	6
MB_DATA_PTR	Puntero a un búfer de datos (Bloque de datos) para que los datos se reciban del servidor	BUFFER_1 Array[0..10] of Real
CONNECT	Dirección del dispositivo que se requiere obtener datos	Modbs_1
DONE	Se establece en "1" tan pronto como el último trabajo de Modbus se completa sin errores.	"Modbus_1".DONE
BUSY	No hay solicitud de Modbus en curso y 1: Solicitud de Modbus en proceso.	"Modbus_1".BUSY
ERROR	Error en la comunicación	"Modbus_1".ERROR
STATUS	Indica el estado en el que se encuentra la comunicación	"Modbus_1".ESTATUS

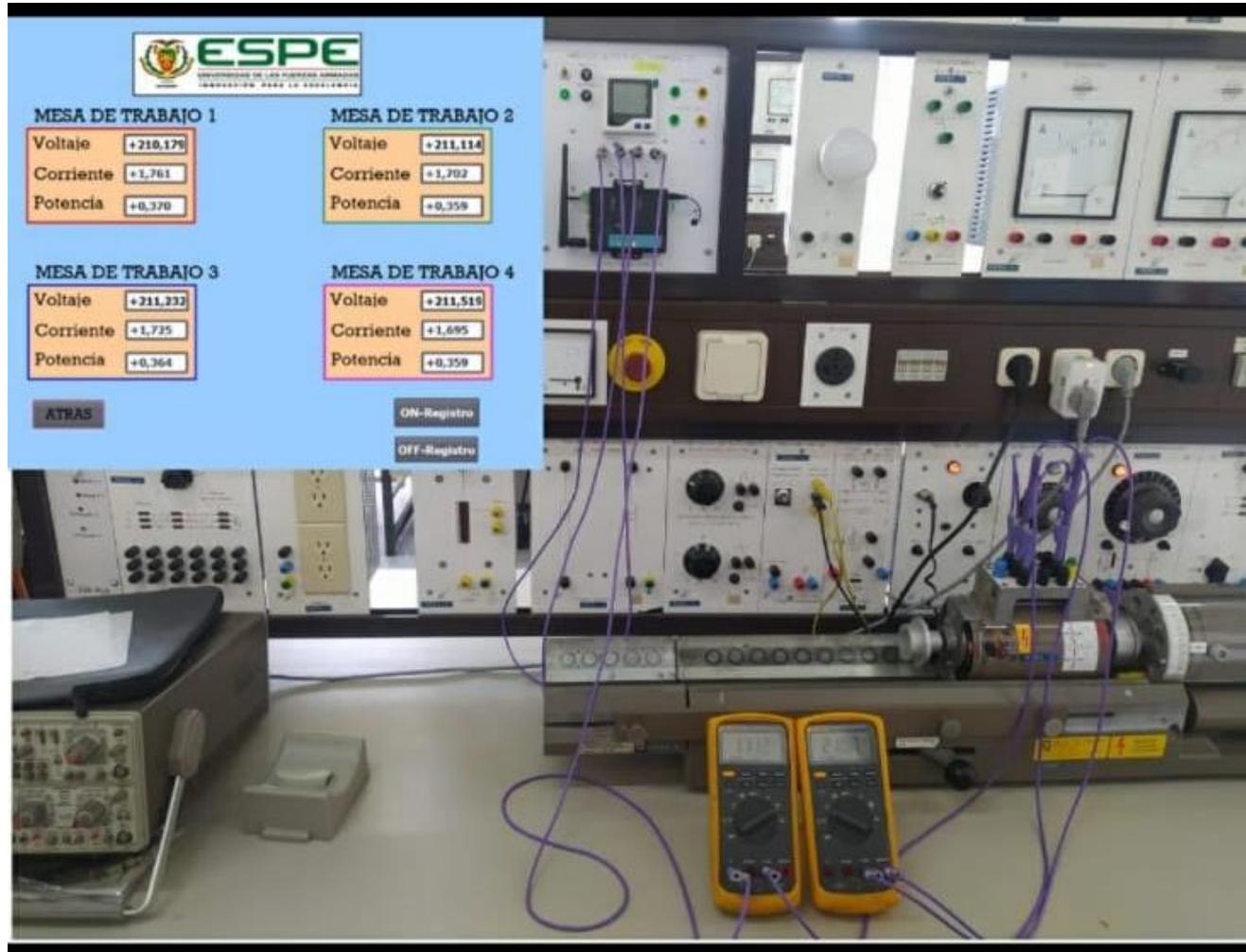


Contraste entre multímetro (FLUKE) y sistema de medición



	Torque 1,75Nm		
Instrumentos	Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia(kW)
Alcance (AcuDC 243)	300	50	15
Rango (AcuDC 243)	(0 – 300)	(-50 a 50)	(-15 a 15)
Patrón (Fluke)	210,7	1,712	0,361
Instrumento (AcuDc 243)	210,5	1,729	0,364
Error absoluto	0,2	0,017	0,003
Error relativo	0,00066667	0,00034	0,000218773
Error relativo %	0,06666667	0,034	0,0218773

Contraste entre multímetro (FLUKE) y sistema de medición



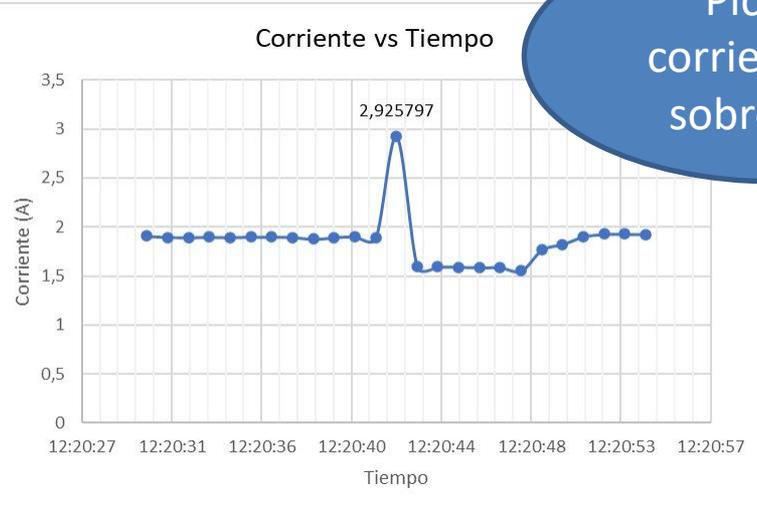
Cálculo de errores

Torque 1,75Nm			
Instrumentos	Voltaje(V)	Corriente(A)	Potencia(kW)
Alcance (AcuDC 243)	300	50	15
Rango (AcuDC 243)	(0 – 300)	(-50 a 50)	(-15 a 15)
Patrón (Fluke)	210,7	1,712	0,361
Instrumento (AcuDc 243)	210,5	1,729	0,364
Error absoluto	0,2	0,017	0,003
Error relativo	0,00066667	0,00034	0,000218773
Error relativo %	0,06666667	0,034	0,0218773



Registro de datos históricos motor de excitación independiente

SISTEMA DE MEDICIÓN DC				
MONITOREO MESA DE TRABAJO 3				
FECHA	HORA	Voltaje_3 [V]	Corriente_3 [A]	Potencia_3 [kW]
16/8/2023	12:20:30	207,3315	1,906704	0,3953198
16/8/2023	12:20:31	207,5189	1,895447	0,3933411
16/8/2023	12:20:32	207,6855	1,892628	0,3930714
16/8/2023	12:20:33	207,7376	1,896851	0,3940471
16/8/2023	12:20:34	207,8486	1,892628	0,3933801
16/8/2023	12:20:35	207,7063	1,89966	0,3945714
16/8/2023	12:20:36	207,6716	1,896851	0,3939221
16/8/2023	12:20:37	207,5467	1,895447	0,3933937
16/8/2023	12:20:38	207,4252	1,875742	0,3890762
16/8/2023	12:20:39	207,8139	1,892628	0,3933144
16/8/2023	12:20:40	207,7514	1,903887	0,3955353
16/8/2023	12:20:41	207,3732	1,886999	0,391313
16/8/2023	12:20:42	205,6969	2,925797	0,6018274
16/8/2023	12:20:43	208,4768	1,592808	0,3320634
16/8/2023	12:20:44	208,7197	1,594215	0,3327442
16/8/2023	12:20:45	208,6503	1,591406	0,3320473
16/8/2023	12:20:46	208,3796	1,585777	0,3304436
16/8/2023	12:20:47	208,1818	1,585777	0,33013
16/8/2023	12:20:48	208,2685	1,553398	0,3235239
16/8/2023	12:20:49	207,8313	1,767357	0,367312
16/8/2023	12:20:50	208,1679	1,823656	0,3796267
16/8/2023	12:20:51	207,9597	1,901075	0,395347
16/8/2023	12:20:52	207,6925	1,926413	0,4001014
16/8/2023	12:20:53	208,0152	1,927814	0,4010147
16/8/2023	12:20:54	207,807	1,925007	0,4000298



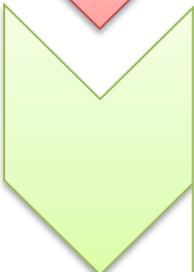
Pico de corriente por sobrecarga

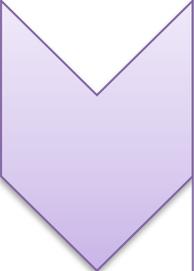


Comportamiento del motor en el transcurso del tiempo



- 
- Se diseñó e implementó un sistema de medición inteligente para medir voltaje, corriente y potencia de los motores de corriente continua, en el Laboratorio de Accionamientos Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara. Se aprecia que cada módulo comparte información con un computador centralizado permite la interacción con el usuario.

- 
- Se realizó la selección de los componentes que integran los diversos módulos de medición, considerando detenidamente las particularidades funcionales de los motores de corriente directa. Esto resultó en la obtención de instrumentos de medición de la marca AcuEnergy modelo AcuDC 243 con la denominación 300V-A2-P1-X1-C-D el que tiene la capacidad de registrar voltaje, potencia y el consumo energético de la carga..

- 
- Se implementó cuatro módulos capaces de establecer conexiones Wifi e intercambiar datos de variables eléctricas de forma autónoma, esto con la ayuda de convertidores USB W630 al convertir de RS485 a Wifi permitiendo diseñar una red industrial inalámbrica bajo el protocolo TCP/IP con lo cual se logra la intercomunicación entre los módulos de medición, PLC y PC en donde cada uno de estos elementos está direccionado a un Access Point (Router) e identificados por una dirección IP facilitando la transferencia de datos para lectura y visualización en un computadora.

- 
- Se comparó los valores medidos del medidor AcuDC 243 con respecto al instrumento patrón (Fluke) concluyendo que el error relativo porcentual más significativo es de 0.067% en voltaje el mismo que no representa un error relevante.



Debido a la vigente aplicación del internet de las cosas, se recomienda en forma de aplicación realizar una red IOT que involucre a los módulos de medición utilizando la nube URS Cloud aprovechando los convertidores RS232/485 de la misma marca.

Al conectar la carga (motor) al módulo de medición se recomienda tener en cuenta la polaridad de la corriente y el voltaje que va a sensar el medidor debido a que los resultados pueden interpretarse de forma diferente por la bidireccionalidad del sensor la cual permite registrar valores negativos de corriente dando a entender que la carga conectada no consume corriente sino más bien la entrega.

Para evitar errores en la comunicación entre los medidores y el PLC se debe de tener en cuenta que los dispositivos estén en la misma mascara de la sub red, las direcciones ID e IP coincidan en los medidores AcuDC243 y en el software TIA Portal respectivamente ya que de lo contrario no se podrá establecer la comunicación

Al tener un registro de datos se recomienda que se direcciona correctamente la variable que se encuentra almacenando los datos de voltaje, corriente y potencia de modo que el registro de datos sea de forma continua sin existir un cruce de las variables en el registro.



