	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ		
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

**RESUMEN TRABAJO DE  
GRADO**

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JHONATAN APELLIDOS: BAUTISTA CONTRERAS

NOMBRE(S): JESÚS ALIRIO APELLIDOS: GUEVARA LIDUEÑEZ

FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): IE MSC. JOSÉ ARMANDO APELLIDOS: BECERRA VARGAS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS

El proyecto de investigación que se desarrolla en este documento abarca el diseño e implementación de un módulo didáctico para el entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos, para las prácticas de máquinas eléctricas, supervisión y control de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde el objetivo principal es que los estudiantes de pregrado de ingeniería electromecánica cuenten con un módulo de gran versatilidad y fácil accesibilidad para el desarrollo de sus prácticas de laboratorio.

PALABRAS CLAVES: Módulo, Variador, Control, Velocidad, Maquinas Eléctricas

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 102 PLANOS: \_\_\_ ILUSTRACIONES: 41 CD ROOM: \_\_\_

MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE  
VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Presentado por:

JESÚS ALIRO GUEVARA LIDUEÑEZ

JHONATAN BAUTISTA CONTRERAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE  
VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Presentado por:

JESÚS ALIRO GUEVARA LIDUEÑEZ

JHONATAN BAUTISTA CONTRERAS

Trabajo de Grado para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director:

JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS  
MAGISTER EN CONTROLES INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO INVESTIGATIVO**

**FECHA:** 28 de junio de 2021

**HORA:** 10:00 AM

**LUGAR:** Sustentación Virtual

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** "MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS".

**JURADOS:** Ing: JESUS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA

Ing: RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

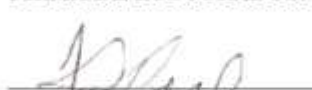
Ing: ARISTOBULO SIERRA ROJAS

**DIRECTOR:** Mgs: JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

**APROBADA**

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
JHONATAN BAUTISTA CONTRERAS	1090263	4.1
JESÚS ALIRIO GUEVARA LIDUEÑEZ	1090265	4.1

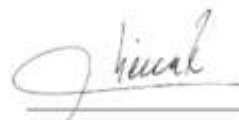
**FIRMA DE LOS JURADOS:**



JESUS HERNANDO ORDOÑEZ

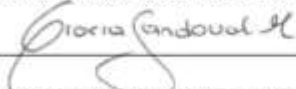


RONI MAURICIO JAYA



ARISTOBULO SIERRA VARGAS

**VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR**



GLORIA ESMERALDA SANDOVAL MARTINEZ

Mayaríne Ch.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA  
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta, Señores

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

Jhonatan Bautista Contreras, identificado con la C.C.Nº 1093742199 de Los Patios y Jesús Alirio Guevara Lidueñez, identificado con la C.C.Nº 1090366611 de Cúcuta autores de la tesis y/o trabajo de grado titulado MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de INGENIERO ELECTROMECAÁNICO; autorizamos a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que, con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que “**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

*Jonathan Bautista C.*  
1.093.742.199 los Patios

  
1.090.366.611 Cúcuta

## **Dedicatorias**

Primero dar gracias a mi universidad, por habernos permitido formarnos en ella, por permitirnos convertirnos en profesionales en el área que nos apasiona, gracias a todas las personas que participaron de manera directa o indirecta, a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este dispositivo que perdurará dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones de estudiantes que están por llegar. Gracias a nuestras familias que fueron un gran apoyo y motivación.

## **Agradecimientos**

Queremos expresar el mayor de los agradecimientos a:

Al Ingeniero Electricista MSc y director de tesis José Armando Becerra Vargas por toda su colaboración compromiso, por sus palabras de motivación, comprensión apoyo y espera para la realización del proyecto.

## Tabla de contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción	14
1. Descripción del problema	15
1.1. Título	15
1.2. Planteamiento del problema	15
1.3. Justificación	15
1.4. Beneficios	16
1.4.1. Beneficios tecnológicos	16
1.4.2. Beneficios económicos	16
1.4.3. Beneficios institucionales	16
1.5. Objetivos	16
1.5.1. Objetivo general	17
1.5.2. Objetivos específicos	17
1.6. Limitaciones y delimitaciones	17
1.6.1. Limitaciones	17
1.6.2. Delimitaciones	18
2. Marco referencial	19
2.1. Antecedentes	19



2.2. Marco teórico	21
2.2.1. Módulo Didáctico.	21
2.2.2. Variador de Velocidad para Motores de Inducción	21
2.2.3. Controlador PWM	24
2.2.4. Convertidor AC/CC	28
2.2.5. Interruptor termomagnético Bifásico	29
2.2.6. Motor asíncrono trifásico	31
2.2.7. Motor DC	33
2.2.8. Pare de emergencia	36
2.2.9. Pulsadores.	36
2.2.10. Selectores	37
2.2.11. Potenciómetro	37
2.3. Marco legal	38
3. Metodología	39
3.1. Recolección de información.	39
3.2. Selección de elementos.	39
3.2.1. Variador de Velocidad Altivar 11.	39
3.2.2. Control PWM	44
3.2.3. Fuente de alimentación DC.	45
3.2.4. Interruptor Termomagnético Bifásico	46

3.2.5. Motor asíncrono trifásico	46
3.2.6. Motor DC	47
4. Resultados	48
4.1. Diseño de planos de potencia y control.	48
4.2. Montaje de los elementos seleccionados.	49
4.2.1. Modulo panel frontal de conexiones	49
4.3. Pruebas y socialización.	54
4.3.1. Prueba Conexión Variador Altivar 11 a 3 hilos.	54
4.3.2. Conexión Controlador PWM	57
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Bibliografía	61
Anexos	63

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Conversión de CC-CC en modo de conmutación	25
Figura 2. Diagrama de bloques del modulador de anchura de impulsos	26
Figura 3. Señales de comparador de un modulador de anchura de pulsos	26
Figura 4. Formula de la relación de trabajo de un interruptor	27
Figura 5. Convertidor AC/CC	28
Figura 6. Filtro	29
Figura 7. Magnetotérmico unipolar	30
Figura 8. Motor asíncrono trifásico CA	33
Figura 9. Motor DC	35
Figura 10. Pare de emergencia	36
Figura 11. Pulsadores eléctricos	36
Figura 12. Selector de 3 posiciones	37
Figura 13. Potenciómetro	38
Figura 14. Variador de velocidad Altivar 11	40
Figura 15. Especificaciones del variador	41
Figura 16. Características de los Bornes de potencia	42
Figura 17. Características de los bornes de control	43
Figura 18. Bornes de control	43
Figura 19. Esquema de conexiones del variador Altivar 11	44
Figura 20. Controlador PWM ajustable con pantalla digital DC 6-60V a 30A	44
Figura 21. Fuente de alimentación 24V/10A	45

Figura 22.Interruptor termomagnético Schneider Bifásico	46
Figura 23.Motor asíncrono trifásico CA	47
Figura 24.Motor DC	47
Figura 25.Esquemático del módulo didáctico para el entrenamiento en control de velocidad	48
Figura 26..Esquemático del módulo didáctico para el entrenamiento en control de velocidad parte inferior	49
Figura 27.Maletín al inicio del montaje	50
Figura 28.Adaptación del ALTIVAR 11 y el motor AC	50
Figura 29.Tablero de conexiones para motor AC	51
Figura 30.Tablero de conexiones para el motor	52
Figura 31.Vista Frontal maletín	53
Figura 32.Vista frontal Módulo Didáctico terminado	53
Figura 33.Conexión de la toma 220V al variador	54
Figura 34.Conexión del motor trifásico a las salidas del variador	55
Figura 35.Conexión de las entradas digitales del variador	55
Figura 36.Conectando el potenciómetro a la entrada analógica del variador.	56
Figura 37.Programación del variador	56
Figura 38.Conexión fuente 220V	57
Figura 39.Conexión voltaje PWM	57
Figura 40.Conexión voltaje controlado al Motor DC	58
Figura 41.Motor DC siendo controlado por medio del PWM	58

## **Lista de Anexos**

Anexo 1. Manual de usuario del módulo didáctico	63
Anexo 2. Manual Variador Altivar 11	80
Anexo 3. Guías de Laboratorio	97

## **Introducción**

Se tiene la premisa de un diseño e implementación del módulo didáctico para el control de velocidad de motores eléctricos, utilizando un variador de velocidad y un PWM (Pulse Width Modulation/Modulación del ancho de pulso) que se define como un campo de aplicación en la automatización de procesos industriales, esto es de gran importancia para el beneficio de los estudiantes que cursan las asignaturas de máquinas eléctricas, supervisión y control del programa Ingeniería Electromecánica de la UFPS.

Con este proyecto, se pretende actualizar los laboratorios de las asignaturas mencionadas anteriormente con tecnología de punta, mediante el diseño de un módulo didáctico portable, con esta herramienta los estudiantes implementarán sus diseños de control y automatización, realizando pruebas en los módulos didácticos, al mismo tiempo con este proyecto se reforzarán los conocimientos adquiridos en clase.

El variador de velocidad dispone de un puerto Ethernet de comunicación para la fácil comunicación entre módulos ya existentes en los laboratorios de control y automatización de la UFPS.

## **1. Descripción del problema**

### **1.1. Título**

Módulo didáctico para entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Una de las mayores falencias que se han observado en el momento de realizar las prácticas de laboratorio de las asignaturas maquinas eléctricas, sistemas de supervisión y control en el programa de ingeniería electromecánica, es que sólo se cuenta con un módulo didáctico para control de velocidad en motores eléctricos, lo que es insuficiente para corroborar la teoría expuesta en clase, esto implica un desaprovechamiento de las horas de laboratorio y desconocimiento practico en el control de velocidad en motores eléctricos.

Esto confirma la necesidad de desarrollar un módulo didáctico por control de velocidad de motores eléctricos.

En base a lo dicho anteriormente surge la siguiente pregunta:

¿De qué forma se pueden reforzar los conocimientos aprendidos en las prácticas de laboratorio de las asignaturas maquinas eléctricas, sistemas de supervisión y control?

### **1.3. Justificación**

La falta de recursos didácticos en los laboratorios de máquinas eléctricas, sistemas de supervisión y control del plan de estudios de electricidad y electrónica afecta la necesidad de fomentar y fortalecer la adquisición de conocimientos en el control de velocidad para motores eléctricos trifásicos AC por medio de variadores de velocidad y motores eléctricos DC por medio de PWM. Esta situación entorpece la misión y visión del plan de estudio de Ingeniería Electromecánica que busca contribuir al desarrollo profesional del estudiante.

Para solucionar esta problemática de enseñanza se tiene por objetivo implementar un módulo didáctico portátil para fortalecer el conocimiento en control de la velocidad de motores eléctricos de inducción trifásica AC y también de motores eléctricos DC, además el estudiante podrá conectar a otros módulos por un puerto Ethernet ubicado en el variador de velocidad Altivar 11.

## **1.4. Beneficios**

### **1.4.1. Beneficios tecnológicos**

Se beneficiaron los laboratorios que pertenecen al departamento de electricidad y electrónica de la UFPS, con un Módulo Didáctico Para Entrenamiento Del Control De Velocidad Para Motores Eléctricos, lo cual les permitió a los estudiantes un refuerzo en sus conocimientos de control y variación de velocidad en motores eléctricos.

### **1.4.2. Beneficios económicos**

Los estudiantes del programa de ingeniería electromecánica se beneficiaron al no tener que realizar gastos adicionales para la compra de elementos electrónicos para las prácticas de laboratorio de las asignaturas maquinas eléctricas, sistemas de supervisión y control al poder contar un el módulo didáctico para entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos.

### **1.4.3. Beneficios institucionales**

La Universidad Francisco de Paula Santander cuenta con un módulo didáctico para entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos el cual contribuye al progreso en el desarrollo de las prácticas que lo requieran mejorando así la calidad de la educación que reciben los estudiantes.

## **1.5. Objetivos**

A continuación, se presentan el objetivo general y los objetivos específicos.



### **1.5.1. Objetivo general**

Diseño e implementación de un módulo didáctico para el entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos, utilizando un variador Altivar 11 para control de velocidad para motores de inducción trifásicos y un PWM para variación de velocidad en motores DC.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Recopilar información de fuentes primarias como las bases de datos a nivel nacional e internacional y fuentes secundarias como las revistas científicas y documentos relacionados con el módulo didáctico.
- Reunir información sobre los elementos necesarios que serán usados en el módulo didáctico los cuales estarán ubicados dentro de un maletín
- En base a la información recolectada se planea el diseño de los planos de potencia y control del variador de velocidad ALTIVAR 11 y el controlador PWM a implementar
- Implementar el circuito de control y potencia según planos previamente diseñados para verificar su debido funcionamiento con el diseño definitivo.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema mediante diferentes pruebas donde se presenten las condiciones a las que se someterá el sistema para evitar fallos futuros que puedan afectar negativamente al módulo didáctico.
- Promocionar y divulgar los resultados del proyecto a la comunidad académica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

## **1.6. Limitaciones y delimitaciones**

### **1.6.1. Limitaciones**

La realización del proyecto fue limitada a los recursos existentes en el grupo de investigación GIAC de la universidad, desde donde se suministraron los elementos y algunos equipos necesarios

para la realización del presente proyecto, pero a través de la gestión del director del grupo de investigación y recursos propios se logró desarrollar esta propuesta.

La adquisición de algunos elementos estéticos y electrónicos como la serigrafía y el control PWM puede afectar el cumplimiento del cronograma de actividades.

### **1.6.2. Delimitaciones**

Este proyecto se realizó durante el primer semestre del año 2021 a partir de la aprobación del anteproyecto

El espacio geográfico donde se desarrolló fue en los domicilios de los desarrolladores de este proyecto ubicados en la ciudad de Cúcuta y Los Patios del departamento de Norte de Santander.

Tiempo: 5 meses.

## 2. Marco referencial

A continuación, se presentan los estudios a nivel nacional e internacional de mayor importancia para el desarrollo del diseño del módulo didáctico.

### 2.1. Antecedentes

- **Título:** diseño e implementación de maletas didácticas para el control de llenado.

**Autores:** Miguel Ángel Cevallos Tixi, Carlos Andrés Huiracocha Salavarría.

**País:** Ecuador

**Año:** 2015

**Resumen:** Se basa en la investigación, diseño e implementación de tres módulos didácticos para generar las prácticas de sistemas de controles industriales, complementando los conocimientos teóricos que se adquirieron, generando variaciones en el motor trifásico mediante el uso del variador G110 modificando su frecuencia por medio del panel de programación BOP.

- **Título:** Desarrollo e implementación de un módulo didáctico de automatización bajo una red de comunicación industrial Modbus

**Autores:** Francisco Moreno, José Becerra, Jorge Mondragón

**País:** Cúcuta, Colombia

**Año:** 2012

**Resumen:** Este trabajo presenta el desarrollo y la implementación de un módulo didáctico bajo una red de comunicación con protocolo Modbus RTU, integrando elementos de automatización industrial como lo son una interfaz gráfica (HMI), dos controladores lógicos programables PLC's y un variador de frecuencia altivar 71. Este proyecto es un aporte a la solución de problemas relacionados a la transferencia de información entre diferentes

dispositivos electrónicos y a la generación de alternativas de bajo costo para la adquisición y adaptación tecnológica en el área de comunicaciones industriales y automatización industrial colombiana.

- **Título:** Instrumentación y control de velocidad para un motor de corriente alterna en el laboratorio de control e instrumentación de la et UIS

**Autores:** Sergio Fabián Muñoz Suárez, Diego Fernando Guarín Mantilla, George Rusbell Sarmiento Cruz

**País:** Bucaramanga, Colombia

**Año:** 2013

**Resumen:** este trabajo de grado permite al estudiante entender de una mejor manera el funcionamiento de un controlador PID y los conceptos básicos que se enseñan en las asignaturas afines al control y la instrumentación. Al aplicar este tipo de control para modificar la velocidad de un motor de inducción trifásico, el estudiante tiene la posibilidad de observar el funcionamiento de esta estructura ampliamente usada en la industria.

- **Título:** Sistema de control de velocidad de un motor trifásico mediante un variador de frecuencia y sistema Scada

**Autores:** Estiven Andrés Sanabria Betancur, Juan David Sánchez Ramos

**País:** Pereira, Colombia

**Año:** 2013

**Resumen:** se realiza un módulo didáctico para el laboratorio de mecatrónica, donde los estudiantes pueden poner en práctica sus conocimientos de programación y electricidad, los cuales han adquirido durante la carrera. El módulo cuenta con un arrancador para el motor donde tiene un start-stop, un contador y un relé térmico, donde este protege al sistema de una

sobrecarga al motor, y el PLC se usará para enviar la señal análoga al variador, mediante comunicación modbus.

## **2.2.Marco teórico**

### **2.2.1. Módulo Didáctico.**

Un módulo didáctico es un conjunto de elementos en este caso eléctricos y electrónicos que se ensamblan entre sí para realizar diferentes funciones las cuales cumplan con las necesidades requeridas, contando con diferentes módulos periféricos, con la posibilidad de tener interacción Hombre-Máquina.

### **2.2.2. Variador de Velocidad para Motores de Inducción**

La maquinaria industrial generalmente es accionada a través de motores eléctricos, a velocidades constantes o variables, pero con valores precisos. No obstante, los motores eléctricos generalmente operan a velocidad constante o casi-constante, y con valores que dependen de la alimentación y de las características propias del motor, los cuales no se pueden modificar fácilmente.

Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad, los mismos se emplean en una amplia gama de aplicaciones industriales, como en ventiladores y equipos de aire acondicionados, equipos de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, tornos y fresadoras, etc.

Estos variadores constituyen, además, un producto accesible y conocido dentro de los accionamientos para motores de corriente alterna debido, en gran parte, a las ventajas que estos sistemas de control pueden incorporar a los procesos de producción, además del ahorro de energía que estos proporcionan.

- Aplicaciones de los Variadores de Velocidad

Los Variadores de Velocidad son aplicados, fundamentalmente, en los siguientes tipos de máquinas:

- Transportadoras: Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta, etc.
- Bombas y ventiladores centrífugos: Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- Bombas de desplazamiento positivo: Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad. Por ejemplo, en bombas de tornillo, bombas de engranajes. Para transporte de pulpa de fruta, pasta, concentrados mineros, aditivos químicos, chocolates, miel, barro, etc.
- Ascensores y elevadores: Para arranque y parada suaves manteniendo la cupla del motor constante, y diferentes velocidades para aplicaciones distintas.
- Extrusoras: Se obtiene una gran variación de velocidades y control total de de la cupla del motor.
- Centrífugas: Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.
- Prensas mecánicas y balancines: Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.

- Máquinas textiles: Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades del tipo random para conseguir telas especiales.
- Compresores de aire: Se obtienen arranques suaves con máxima cupla y menor consumo de energía en el arranque.
- Pozos petrolíferos: Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.
- Aplicaciones industriales

La instalación de los variadores de velocidad nace de dos motivos principales: el mejoramiento en el proceso de operación del equipo y el ahorro de energía eléctrica. Su instalación puede conllevar los dos fines o solamente uno, para esto es importante conocer los procesos industriales y sus necesidades, lo que implica conocer los tipos y clases de carga que existen, y que básicamente se dividen en tres:

- Carga de par constante: Es la carga que demanda del motor un par constante en cualquier rango de velocidad en que éste trabaje. En este tipo de carga el motivo principal para la aplicación de los variadores de velocidad es la optimización del proceso y rara vez hay ahorro de energía.
- Carga de par variable: Es el tipo de carga en la que las necesidades del par disminuyen conforme lo hace la velocidad del motor, y por consiguiente las de la carga también disminuyen. Este tipo de carga se encuentra comúnmente en las aplicaciones de flujo variable, como ventiladores, bombas centrífugas, agitadores y compresores axiales. En este caso el variador de velocidad ofrece grandes oportunidades de ahorro de energía, pues los requerimientos de potencia disminuyen conforme lo hace la velocidad del motor.

- Carga de potencia constante: Es la carga donde no importa la velocidad a que está girando el motor, para demandar la potencia máxima, pues así lo exige la carga. Este tipo de carga se encuentra básicamente en máquinas herramientas, bobinadoras, dobladoras, troqueladoras y bombas centrífugas de alta inercia. En estas cargas difícilmente se puede obtener ahorro de energía, debido a que el proceso exige el máximo de potencia en cualquier rango de velocidad.
- Ventajas

Entre las diversas ventajas para el control del proceso que proporciona el empleo de Variadores de Velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

La ventaja principal de los variadores de velocidad es que disminuye los consumos de energía en algunos de los procesos que controla, dando como resultado considerables disminuciones en los costos de operación.

### **2.2.3. Controlador PWM**

En los convertidores de CC-CC, el voltaje medio de salida de CC debe controlarse para que iguale un nivel deseado, aunque quizá fluctúen el voltaje de entrada y la carga de salida. Los



convertidores de CC-CC de modo de conmutación utilizan a uno o más interruptores para transformar CC de un nivel a otro. En un convertidor CC-CC con un voltaje de entrada dado, el voltaje medio de salida se controla mediante el control de los tiempos de encendido y apagado ( $t_{enc}$  y  $t_{apag}$ ) Para ilustrar el concepto de conversión por el modo de conmutación, se considera el convertidor CC-CC básico que se muestra en la ilustración 1a. El valor medio  $V_o$  del voltaje de salida  $v_o$  en la ilustración 1b depende de  $t_{enc}$  y  $t_{apag}$ . Un método para controlar el voltaje de salida emplea la conmutación con una frecuencia constante (por ende, un periodo de conmutación constante ( $T_s = t_{enc} + t_{apag}$ ) y el ajuste de la duración de encendido del interruptor para controlar el voltaje medio de salida. En este método, llamado conmutación por modulación de anchura de pulsos (pulse-width modulation, PWM), la relación de trabajo del interruptor  $D$ , que se define como la proporción de la duración de encendido con el periodo de conmutación, es variada.

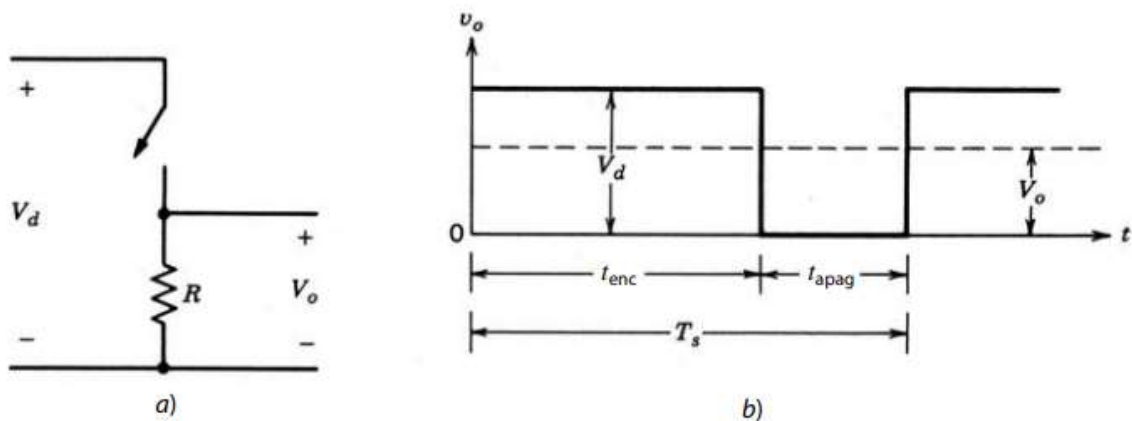


Figura 1. Conversión de CC-CC en modo de conmutación

El otro método de control es más general, donde tanto la frecuencia de conmutación (y por tanto el periodo), como la duración de encendido del interruptor, son variados. Este método se emplea sólo en convertidores de CC-CC que usan tiristores de conmutación forzada. La variación

en la frecuencia de conmutación dificulta filtrar los componentes de ondulación en las formas de ondas de entrada y salida del convertidor.

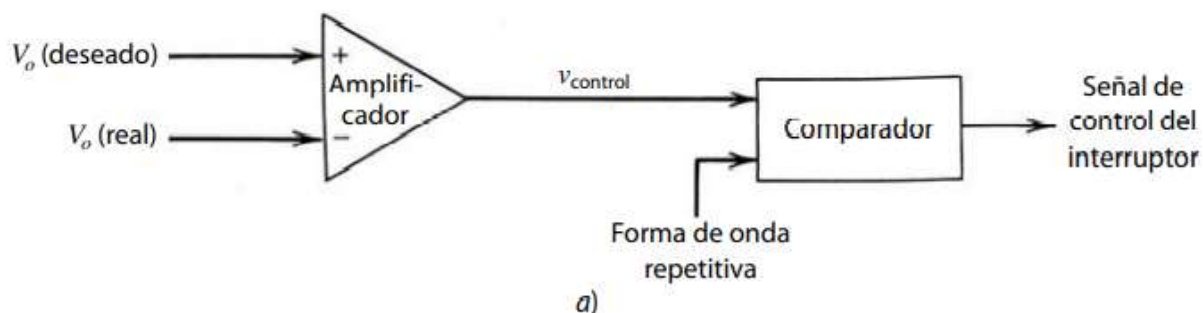


Figura 2. Diagrama de bloques del modulador de anchura de impulsos

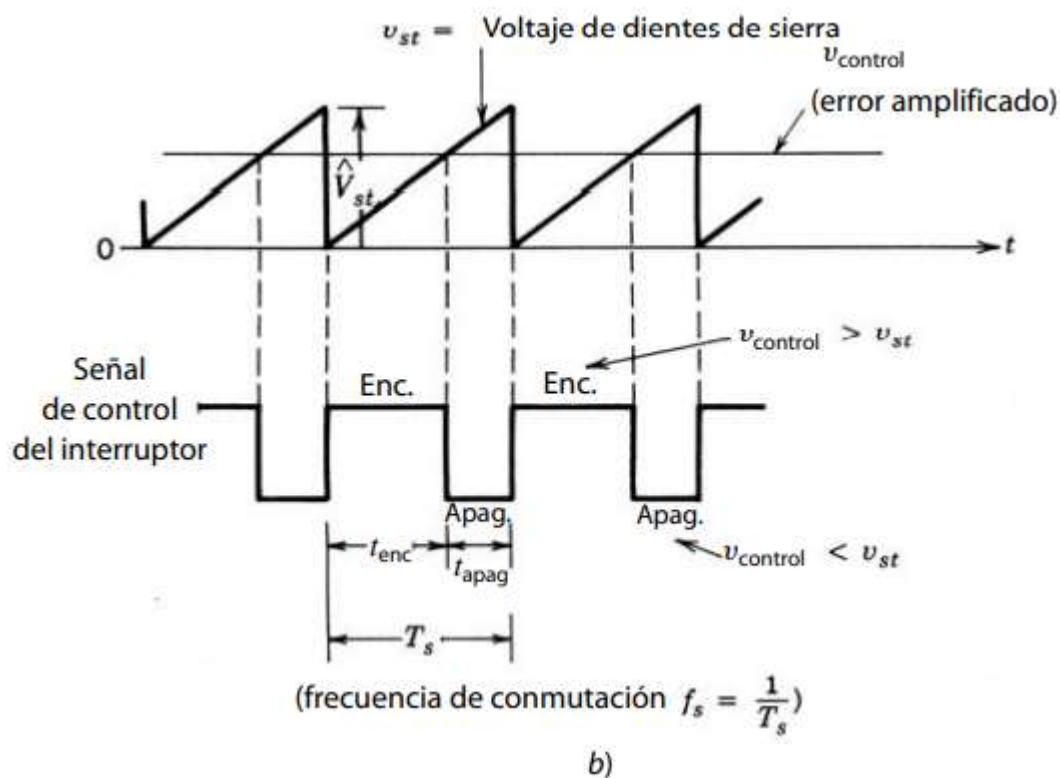


Figura 3. Señales de comparador de un modulador de anchura de pulsos

En la conmutación de PWM con una frecuencia de conmutación constante, la señal de control del interruptor que controla el estado (encendido o apagado) del interruptor se genera por medio

de la comparación de un voltaje de control en el nivel de señales  $v_{control}$  con una forma de onda repetitiva, como se muestra en las ilustraciones 2 y 3. La señal del voltaje de control se obtiene por lo general mediante la amplificación del error, o la diferencia entre el voltaje de salida real y su valor deseado. La frecuencia de la forma de onda repetitiva con un pico constante, el cual se muestra como diente de sierra, establece la frecuencia de conmutación. Esta frecuencia se mantiene constante en un control PWM y se elige dentro de un rango de unos cuantos Kilo Hertz a cientos de Kilo Hertz. Cuando la señal de error amplificada, que varía muy lentamente con el tiempo en relación con la frecuencia de conmutación, es más grande que la forma de onda de diente de sierra, la señal de control del interruptor se vuelve alta, lo que causa que el interruptor se encienda. De lo contrario, el interruptor está apagado. En términos de  $v_{control}$  y el pico de la forma de onda de diente de sierra  $\hat{v}_{st}$  en la ilustración 3, la relación de trabajo del interruptor se expresa como

$$D = \frac{t_{enc}}{T_s} = \frac{v_{control}}{\hat{V}_{st}}$$

Figura 4. Formula de la relación de trabajo de un interruptor

Los convertidores de CC-CC pueden tener dos modos de operación: 1) conducción de corriente continua y 2) conducción de corriente discontinua. En la práctica, un convertidor puede trabajar en ambos modos, los cuales tienen características considerablemente distintas. Por tanto, un convertidor y su control se deben diseñar con base en ambos modos de operación. La modulación por ancho o de pulso (o en inglés **pulse width modulation PWM**) la cual es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales es muy utilizado en controlar la velocidad de los motores.

### 2.2.4. Convertidor AC/CC

En la industria la mayoría de las aplicaciones industriales utilizan cada vez más frecuente sistemas eléctricos y electrónicos que utilizan como fuente una señal de potencia CC, sin embargo, la entrada de energía más frecuente viene en forma de onda sinusoidal pura de entre 50Hz o 60 HZ. Para suplir esta necesidad utilizan convertidores CA/CC no controlados basado en diodos de potencia. También se implementan rectificadores CA/CC controlados con PWM que evita la utilización de voluminosos transformadores en los convertidores más modernos.

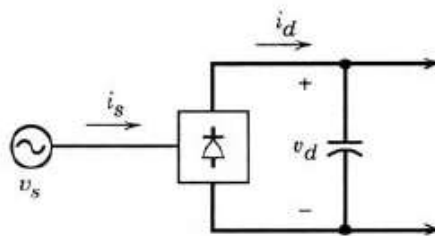


Figura 5. Convertidor AC/CC

En la Figura 5 se muestra la topología general de un rectificador AC/CC, de esta imagen podemos concluir que el flujo de energía solo puede ir desde la fuente principal AC hasta al lado CC. Para mantener el voltaje con un rizado lo más pequeño posible se utilizan un condensador grande que se carga al pico de voltaje de la fuente AC y se descarga en el siguiente semiciclo permitiendo un voltaje de salida continuo. En aplicaciones donde la carga es altamente inductiva la corriente de la fuente tiende a distorsionarse situación que es penalizada por las empresas proveedoras del servicio. Es por esto que se utilizan filtros en la entrada que absorban estas distorsiones como se muestra en la Figura 6.

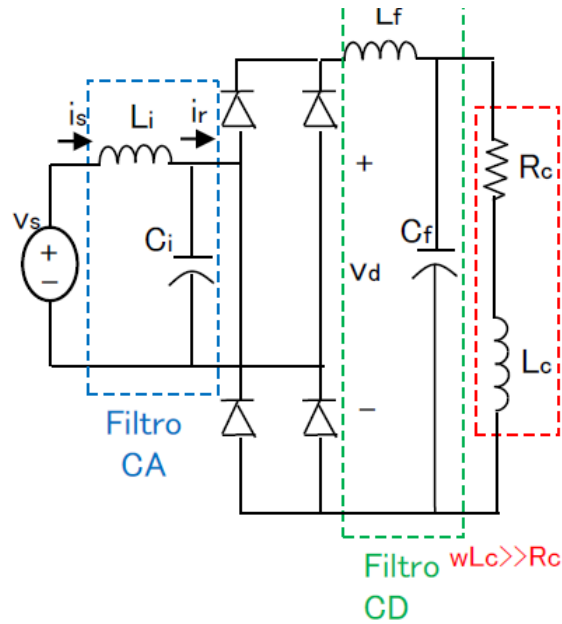


Figura 6.Filtro

### 2.2.5. Interruptor termomagnético Bifásico

Sirven para proteger los circuitos contra las sobre intensidades, es decir contra corrientes superiores a su valor asignado. Las sobre intensidades pueden ser sobrecargas o cortocircuitos. Si el aumento de la corriente es algo mayor que la asignada -por ejemplo, porque se obligue a un motor a proporcionar un par superior al asignado- se tiene una sobrecarga. Un circuito puede soportar una sobrecarga durante cierto tiempo sin sufrir daños y si ésta cesa antes de que pase este tiempo, no es preciso que actúe ninguna protección.

Si el aumento de la corriente es debido al contacto entre dos partes a distinta tensión o entre partes activas y masa o tierra se tiene un cortocircuito. Normalmente un cortocircuito produce una intensidad muy elevada que hay que interrumpir lo más rápidamente posible.

Una protección magneto térmica incluye una protección contra sobrecargas, que no actúa instantáneamente sino con cierto retraso, tanto menor cuanto mayor sea la sobrecarga, y una

protección contra cortocircuitos instantánea (no tiene ningún retraso en su actuación introducido adrede por el fabricante).

Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta, aunque se sujete la manecilla de conexión.

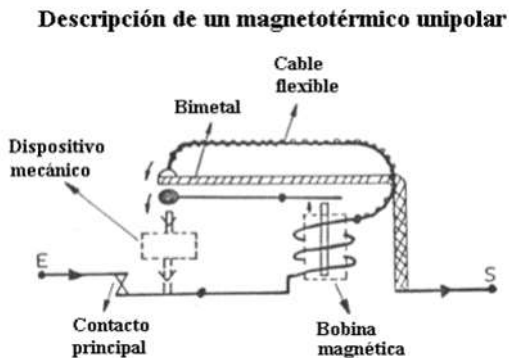


Figura 7. Magnetotérmico unipolar

Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

Cuando se trata de magneto-térmicos tripolares, si una fase sufre perturbaciones, al disparar su polo arrastra a los otros dos y desconecta completamente el sistema. Si este circuito se hubiera protegido sólo con tres fusibles, se fundiría el correspondiente a la fase perjudicada y dejaría a todo el sistema en marcha con sólo dos fases, con los consiguientes peligros de averías que tal estado acarrea en determinados circuitos.

### **2.2.6. Motor asíncrono trifásico**

El motor asíncrono trifásico conocido también de inducción es aquel que tiene la capacidad de transformar la energía eléctrica en mecánica. Su velocidad de campo magnético es originada por el estator que excede a la velocidad de giro del rotor. Además, funciona con un sistema de bobinado y la corriente de inducción.

- Tipos de motores asincrónicos trifásico

Este dispositivo viene con un anillo cilíndrico con una chapa magnética en los que se encuentran unas bobinas inductoras trifásicas. El motor asíncrono trifásico de anillos rozantes se acciona la carga mediante la forma aislada y se mantiene conectado por un lado en estrella. Mientras que el motor jaula de ardilla, posee un cilindro ranurado que está estructurado por una serie de conductores de cobre o aluminio. Va colocado en cortocircuito por dos anillos laterales. Es muy utilizado por las bombas hidráulicas cargadas, compresores de pistón, molinos, máquina elevada, bandas transportadoras, sopladores, grúas, prensas, cortadoras, etc.

- Características

Entre las cualidades del motor asíncrono trifásico destaca que su construcción es eléctrica y la mecánica muy resistente. Posee láminas magnéticas con mínimas pérdidas. Tiene una protección y estanqueidad de IP55 hasta superiores. El estator posee alto contenido de cobre.

Viene con separadores de fase en cabeza. Ofrece mayor rendimiento que el monofásico. El nivel de precisión es elevado. Tiene mayor versatilidad. Está disponible en diversas potencias que pueden llegar hasta 300 KW y velocidades que oscilan entre 900 y 3.600 revoluciones por minuto (RPM).

- Funcionamiento

La corriente trifásica que pasa de forma circular por los devanados del estator y origina un campo magnético giratorio del motor asíncrono trifásico, es decir, sus polos giran, aunque las bobinas se queden fijas. Para calcular la polaridad, se aplica la regla de la mano derecha por la que circula la corriente trifásica.

Este campo magnético produce en las bobinas del motor una polaridad contraria. Provoca que ambas fuerzas se atraigan entre sí. Por ello el campo del estator gira, al igual que el del rotor.

Opera a través de una fuente de potencia trifásica, impulsada por tres corrientes alternas de la misma frecuencia que alcanzan sus máximos valores de forma alternada.

- Ventajas
    - Tienen mayor robustez
    - El mantenimiento es sencillo de realizar porque no emite gases.
    - Son fáciles de instalar
    - Los elementos que lo forman resultan económicos, por lo que sale barata su construcción
    - Proporcionan mayor fiabilidad para maquinarias industriales, comerciales y demás usos.
    - Carecen de anillos rozantes o escobillas que evitan su desgaste
    - Su poder de arranque es elevado
    - La cantidad de voltaje puede ser regulada
    - Requiere de electricidad para su funcionamiento y generan poco ruido porque apenas vibran
- Desventajas

El reducido par de arranque y la gran intensidad de corriente de arranque son variables

Los motores con jaula de ardilla presentan dificultad para regular el número de revoluciones.

Tanto los motores de jaula de ardilla como el rotor bobinado, presentan sensibilidad a las oscilaciones de la tensión



El motor asincrónico trifásico es ampliamente utilizado en el sector industrial dada su potencia que supera 150% con respecto al monofásico. De igual manera, es aplicado en las redes eléctricas porque transfieren mayor potencia. Por esta razón, es indispensable para convertir este tipo de energía en mecánica y proporcione mayor rendimiento por la corriente de inducción.

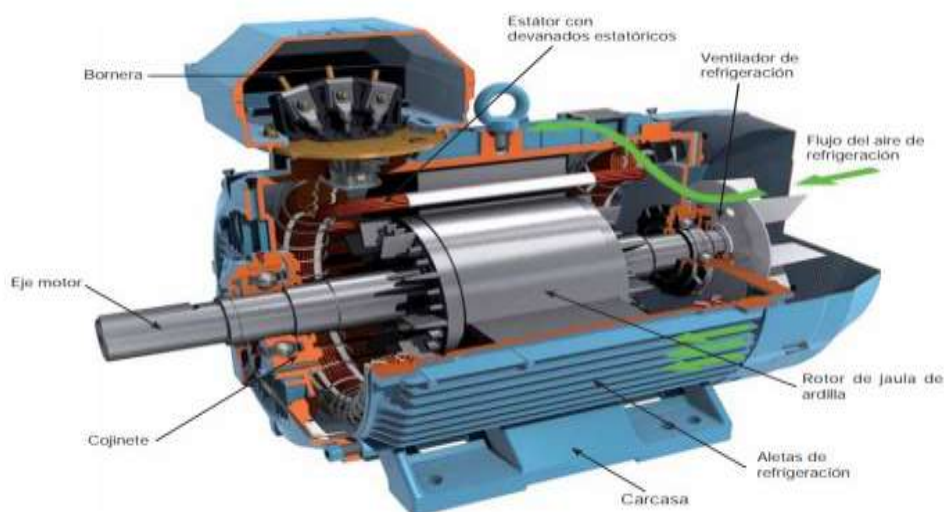


Figura 8. Motor asíncrono trifásico CA

### 2.2.7. Motor DC

El motor DC, también llamado motor de corriente continua, pertenece a la clase de los electromotores y sirve principalmente para transformar la energía eléctrica en energía mecánica. La mayoría de las formas de construcción del motor DC se basa en fuerzas magnéticas y dispone de mecanismos internos de tipo electrónico o electromecánico. También característico de los motores de corriente continua convencionales es el acumulador, que cambia periódicamente la dirección del flujo de corriente dentro del motor. Una modificación del motor DC clásico que resulta más potente en numerosos ámbitos de aplicación es el motor DC sin escobillas, que prescinde de contactos de roce y ofrece así, entre otras cosas, una vida útil más larga.

A pesar de la creciente utilización de motores AC y de la gran rivalidad con ellos, que, como motores trifásicos, también se consideran electromotores, los motores DC todavía tienen una importancia enorme a día de hoy. Gracias a sus características, (especialmente la regulabilidad de revoluciones y par motor, que es precisa y extremadamente variable), se utilizan en diversas aplicaciones industriales. Ejemplo de ello son los servo accionamientos de la serie PMA de Harmonic Drive AG, compuestos por un motor de corriente continua altamente dinámico con codificador incremental y la caja de reductor PMG. Son ideales para aplicaciones de la industria de semiconductores, la técnica de la medicina y para ser utilizados en máquinas de medición y de control.

- Estructura y modo de funcionamiento del motor DC

La estructura del motor DC clásico sigue un modo de construcción sobrio y emplea pocos componentes. Los elementos principales son el estator y el rotor. Como componente fijo, inmóvil, el estator suele estar compuesto de un electroimán o, (sobre todo en máquinas pequeñas), de un imán permanente. En el interior del estator, con el rotor, también denominado ancla, se encuentra un componente giratorio que en los motores DC convencionales también está hecho con un electroimán. Los motores de corriente continua con la asignación descrita de estator y rotor se denominan de rotor interior o central, mientras que la estructura contraria se corresponde al denominado motor de rotor exterior o inducido exterior.

Las bobinas del rotor se conectan mediante un conmutador. Este sirve como alternador de polos y alberga contactos de roce que adquieren una forma tipo cepillo y están fabricados con un material eléctricamente conductor. Los materiales más apreciados son grafito y, dependiendo de la aplicación específica del motor, materiales enriquecidos con metal. En servicio, los contactos de roce son determinados para el funcionamiento del motor DC convencional. Puesto que, cuando fluye corriente continua a través de la bobina del rotor o a través del rotor, este se

convierte en un electroimán y genera, gracias a las características del estator, fuerzas magnéticas. Debido a que los polos del mismo signo se rechazan y los polos diferentes se atraen, el resultado es un movimiento giratorio del rotor, movimiento este que principalmente terminaría en un ámbito neutral. Para garantizar una rotación continua debe producirse una reversión periódica de la dirección de la corriente. Mediante la intervención de las escobillas, el acumulador del motor de corriente continua realiza estas inversiones de polos periódicas.

En lo que respecta a la construcción, la diferencia de motores DC con escobillas también se puede profundizar según el tipo de conmutación de ancla y de bobina de estator. En la máquina de conexión principal, también conocida como máquina de conexión en serie, el inductor (bobina del agente) y la bobina del rotor están conectados en serie, esto es, uno después de otro, lo cual crea la base de la alimentación de corriente alterna. La pieza contrapuesta o contraparte es la máquina de conexión paralela, en la que ambas bobinas se conectan paralelamente. Una combinación de máquina de conexión en serie y máquina de conexión paralela se encuentra en el motor combinado o compuesto (compound). Dependiendo de la configuración da soporte a un modo de funcionamiento diferente y se beneficia de las ventajas de ambos tipos de construcción.

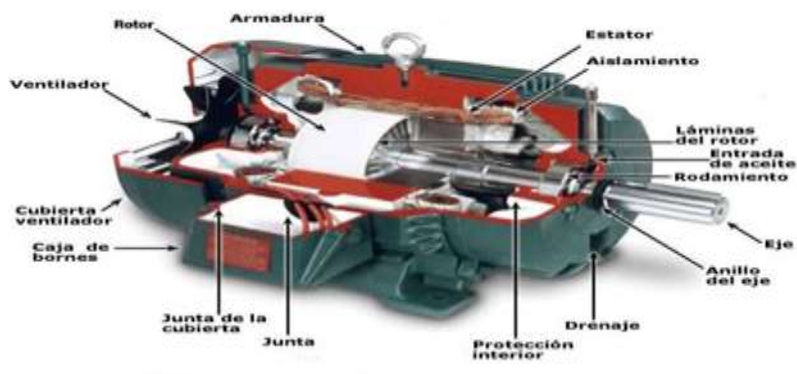


Figura 9. Motor DC

### 2.2.8. Pare de emergencia

Los interruptores de parada de emergencia son pulsadores importantes en razón de la seguridad con una función mecánica de enganchado. Los interruptores de parada de emergencia se pueden utilizar también para la función de parada de emergencia según la normativa IEC EN 13850 y pueden activar diversas categorías de parada (en función de seguridad



Figura 10. Pare de emergencia

### 2.2.9. Pulsadores.

Interrumpe el paso de corriente cumpliendo una función de encendido o apagado mientras este accionado su contacto. Sus contactos pueden ser de dos tipos:

- Normalmente cerrado utilizados para paro.
- Normalmente abiertos utilizados para marcha



Figura 11. Pulsadores eléctricos

### 2.2.10. Selectores

Al igual que un pulsador también permiten o interrumpen el paso de una corriente eléctrica, utilizado usualmente para seleccionar dos o más operaciones en un mismo sistema



Figura 12. Selector de 3 posiciones

### 2.2.11. Potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor eléctrico con un valor de resistencia variable y generalmente ajustable manualmente. Los potenciómetros utilizan tres terminales y se suelen utilizar en circuitos de poca corriente. En muchos dispositivos eléctricos los potenciómetros son los que establecen el nivel de salida. Por ejemplo, en un altavoz el potenciómetro ajusta el volumen; en un televisor o un monitor de ordenador se puede utilizar para controlar el brillo.



Figura 13.Potenciómetro

### **2.3.Marco legal**

Ley 1672 de 2013 (Julio 19) - Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones.

Decreto N° 1162 de 2010 (13 de abril) - Por el cual se organiza el Sistema Administrativo Nacional de Propiedad Intelectual (2010)

Decreto N° 4540 de 2006 (22 de diciembre) - Por el cual se adopta los controles de aduana para la protección de la Propiedad Intelectual (2006)

Ley N° 565 de 2000 (2 de febrero) - Por medio de la cual se aprueba el "Tratado de la OMPI - Organización Mundial de la Propiedad Intelectual- sobre Derechos de Autor (WCT)", adoptado en Ginebra, el veinte (20) de diciembre de mil novecientos noventa y seis (1996) (2000).

### **3. Metodología**

#### **3.1. Recolección de información.**

Se realizó la búsqueda, organización, sistematización y análisis de un conjunto de documentos físicos y electrónicos, tales como: papers, proyectos de grado, libros, catálogos, revistas, monografías, artículos donde se han construido y trabajado con módulos didácticos, se escogió una lista de los elementos necesarios para su implementación, dichos elementos deben ser fácil de adaptación a la caja o maletín que se va a emplear.

Los elementos principales para el desarrollo del módulo didáctico son:

Variador de velocidad altivar 11 de la marca Telemecanique con capacidad para motores trifásicos a 220V 0.75KW o  $\frac{3}{4}$  HP

Controlador DC 6-60V 30A Speed PWM controlador motor ajustable con pantalla digital

#### **3.2. Selección de elementos.**

##### **3.2.1. Variador de Velocidad Altivar 11.**

Conociendo el funcionamiento de un módulo didáctico se escogió este variador ya que cumple con los requisitos como entradas digitales, entradas análogas, salida digitales etc. Teniendo en cuenta que además el variador de frecuencia Altivar 11 de la marca Telemecanique con capacidad para motores trifásicos a 220V 0.75KW o  $\frac{3}{4}$  HP se encuentra disponible en el grupo de investigación GIAC.



Figura 14. Variador de velocidad Altivar 11

Además, cuenta con entradas y salidas que pueden ser digitales (todo o nada) o analógicas mediante valores de tensión de 0-10 voltios e intensidad de 4-20 miliamperios y un puerto RS-232 para comunicación con otros dispositivos.

### **Especificaciones del variador**

A continuación, se muestran las características más importantes del variador



Atributo	Valor
Potencia Nominal	0,75 kW
Fase	1
Tensión de Alimentación	230 V
Corriente Nominal	8,6 A
Frecuencia de Salida	200Hz
Temperatura Ambiental	-10 → +40°C
Anchura Total	72mm
Longitud Total	142mm
Profundidad Total	138mm
Panel de Control	SI
Filtro Incluido	SI
Serie	ALTINAR 11
Índice de Protección IP	IP20

Figura 15. Especificaciones del variador

### **Bornas del variador**

- **Bornas de Potencia.**

Terminales	Función	Para los ATV11
⊥	Terminal de tierra	Todos los valores nominales
R/L1 S/L2	Fuente de alimentación	ATV11••••M2•
R/L1 S/L2 T/L3		ATV11••••M3•
R/L1 N		ATV11••••F1•
PA/+	+ salida --- (cd) al módulo de frenado	Todos los valores nominales
PC/-	- salida --- (cd) al módulo de frenado	Todos los valores nominales
U V W	Salidas al motor	Todos los valores nominales
⊥	Terminal de tierra	Todos los valores nominales

Figura 16. Características de los Bornes de potencia

- **Bornas de Control**

Se utilizaron para la maniobra y puesta en marcha del variador después de las conexiones necesarias

Terminal	Función	Especificaciones eléctricas
RC RA	Contacto del relé de falla (se abre si hay una falla o si el variador está apagado)	Capacidad de conmutación mínima: 10 mA para 24 V $\overline{\text{cd}}$ Capacidad de conmutación máxima: • 2 A para 250 V- (ca) y 30 V $\overline{\text{cd}}$ en la carga inductiva Constante de tiempo = 0,4 – (Inductancia / resistencia) = 7 ms • 5 A para 250 V- (ca) y 30 V $\overline{\text{cd}}$ en la carga resistiva Constante de tiempo = 1 – (inductancia / resistencia) = 0
0 V	Común para las entradas/salidas lógicas	0 V
AI1	Entrada analógica de tensión o corriente	Entrada analógica de 0 a 5 V o 0 a 10 V (30 V como máximo): • Impedancia: 40 k $\Omega$ • Resolución: 0,4% • Precisión, linealidad: $\pm$ 5% • Tiempo de muestreo: 20 ms máx. Entrada analógica de 0 a 20 mA o 4 a 20 mA: • Impedancia: 250 $\Omega$ (sin resistencia externa) • Resolución: 0,4% • Precisión, linealidad: $\pm$ 5% • Tiempo de muestreo: 20 ms máx.
+5 V	Fuente de alimentación para el potenciómetro de referencia: 2,2 a 10 k $\Omega$	• Precisión: 0–5% • Corriente máxima disponible: 10 mA
DO	Salida (puede configurarse como salida analógica o lógica)	Salida analógica • Salida analógica del colector abierto de PWM en 2 kHz • Tensión: 30 V máx. • Impedancia: 1 k $\Omega$ , 10 mA máx. • Linealidad: $\pm$ 1% • Tiempo de muestreo: 20 ms máx. Colector abierto para la salida lógica • Tensión: 30 V máx. • Impedancia: 100 $\Omega$ , 50 mA máx. • Tiempo de muestreo: 20 ms máx.

Figura 17. Características de los bornes de control

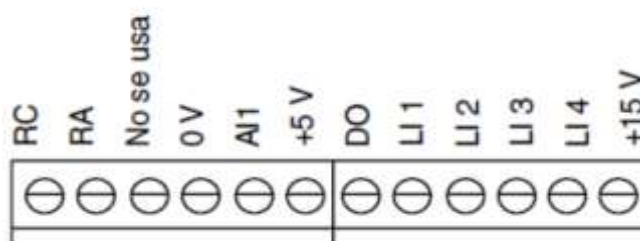


Figura 18. Bornes de control

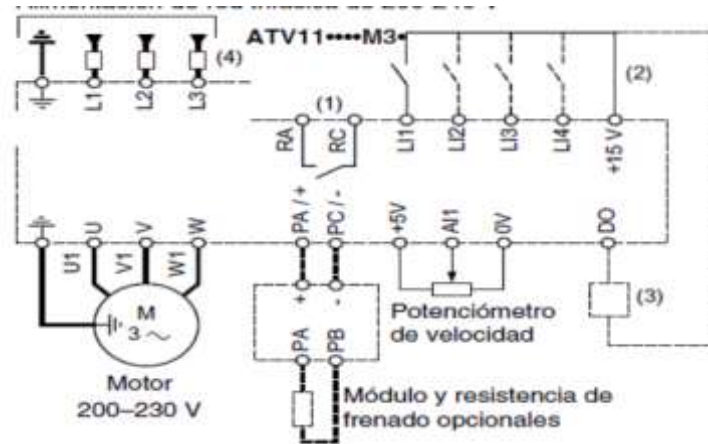


Figura 19. Esquema de conexiones del variador Altivar 11

### 3.2.2. Control PWM

Para el control de velocidad de los motores DC, se seleccionó el Controlador DC 6-60V 30A Speed PWM controlador motor ajustable con pantalla digital.



Figura 20. Controlador PWM ajustable con pantalla digital DC 6-60V a 30A

Se escogió este controlador por sus especificaciones, pero principalmente para que soportara la implementación de un motor DC a 24V.

Rango de voltaje de entrada: DC6V-60V (el voltaje de entrada debe ser el mismo que el voltaje nominal del motor)

Voltaje de salida: lineal con carga

Corriente de salida: 0A-30A

Corriente Continua: 20A

Rango de velocidad: 0% a 100%

Método de regulación: potenciómetro

Tipo de regulación: regulación de corriente

Frecuencia de Control: 15KHz

Tipo de Cableado: terminal de tornillo

### 3.2.3. Fuente de alimentación DC.

Para el desarrollo del módulo principal de conexiones se implementó una fuente de alimentación DC de 24v 6A ya que está dentro de los rangos de voltajes y corrientes que necesita el PWM para su correcto funcionamiento.



Figura 21. Fuente de alimentación 24V/10A

#### **Características:**

-Protección: AC85-265V

-Tensión de entrada: 110-260 V

-Tensión de salida: DC dc24v

-Corriente de salida: hasta 6A

-Potencia de salida: 150W

-Dimensiones totales: 10.65 cm x 5.7 cm

### 3.2.4. Interruptor Termomagnético Bifásico

Para proteger el variador de velocidad se utilizó un interruptor térmico capaz de abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.



Figura 22. Interruptor termomagnético Schneider Bifásico

### 3.2.5. Motor asíncrono trifásico

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna. El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí  $120^\circ$ .

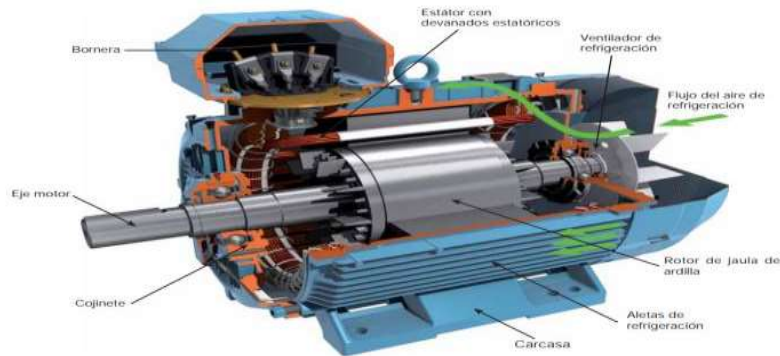


Figura 23. Motor asíncono trifásico CA

### 3.2.6. Motor DC

El motor DC de la marca Japon Servo a 24 VDC, se escogió por estar disponible en el Grupo de Investigación GIAC.



Figura 24. Motor DC

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio. Estos motores admiten un preciso y ajustado control de la velocidad, también pueden ser usados como generadores de energía eléctrica ventaja que los ha inducido a que cada día tengan más presencia en diferentes procesos industriales.

## 4. Resultados

### 4.1. Diseño de planos de potencia y control.

A continuación, se presentan los planos del módulo didáctico para el entrenamiento en control de velocidad de la sección superior e inferior.

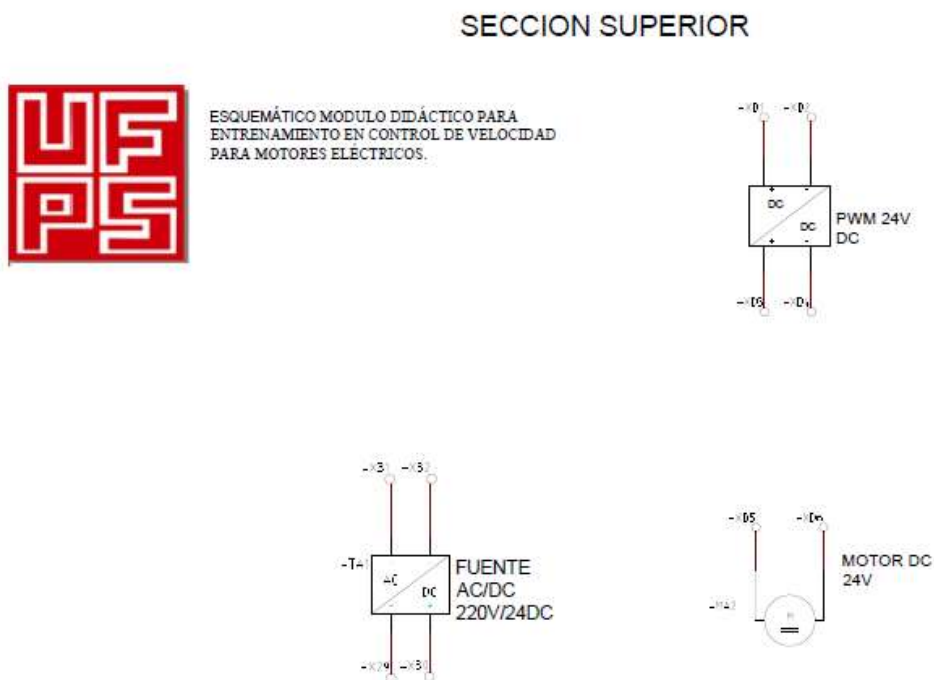


Figura 25. Esquemático del módulo didáctico para el entrenamiento en control de velocidad



## SECCION INFERIOR

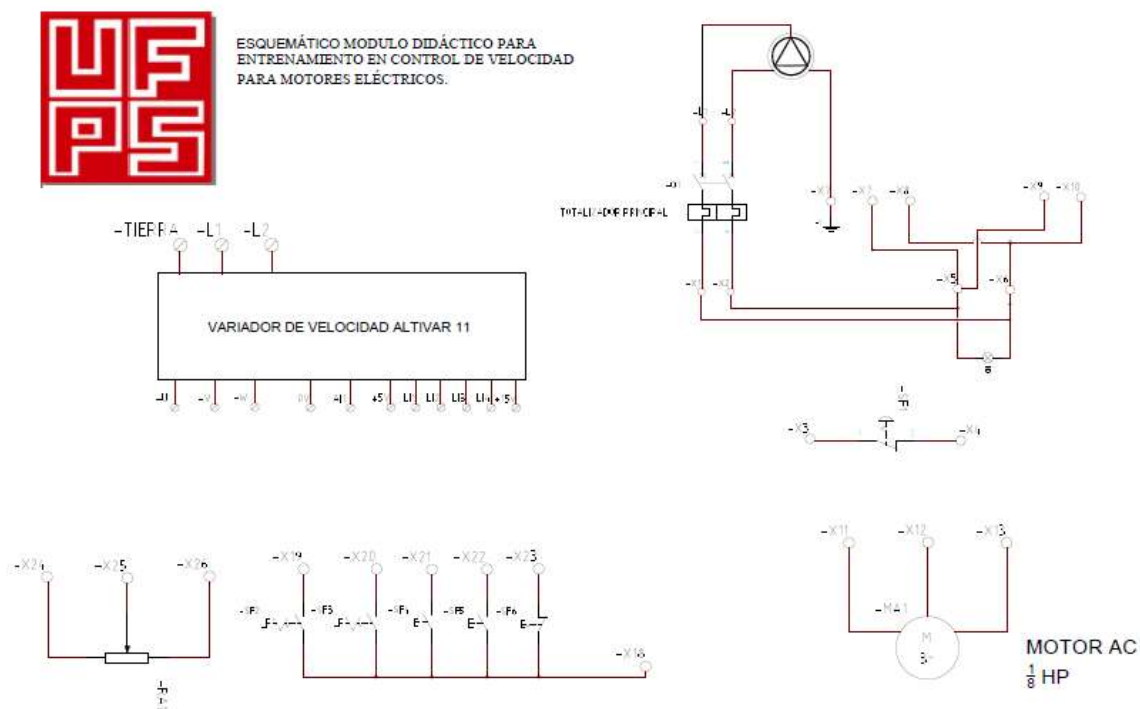


Figura 26..Esquemático del módulo didáctico para el entrenamiento en control de velocidad parte inferior

## 4.2. Montaje de los elementos seleccionados.

### 4.2.1. Modulo panel frontal de conexiones

Para la construcción del panel principal de conexiones se utilizó un maletín suministrado por el grupo de investigación GIAC el cual tiene un tamaño de 16.5cm x 45.5cm x 33cm.



Figura 27. Maletín al inicio del montaje

Este módulo se limpió y se extrajeron la totalidad de los elementos que formaban la parte interna dejando totalmente vacía su base. Una vez estando vacío se procedió a adaptarle el Variador ALTIVAR 11, el Interruptor termo magnético Bifásico y el Motor AC.



Figura 28. Adaptación del ALTIVAR 11 y el motor AC

Una vez fijados los dispositivos eléctricos se colocó en la parte superior una lámina de acrílico de 5 mm de grosor (este mismo calibre se utilizó para cada módulo) las dimensiones de la

misma son de 43.5 x 31 cm de longitud la cual fue cortada a laser, allí se mostrarán 19 conectores socket jack banana hembras de 4mm, el Interruptor Termomagnético Bifásico, un led piloto para mostrar la correcta conexión del sistema, un suich pulsador rojo NC de 22mm, 2 suiches pulsadores NA verdes de 22mm, 2 selectores de 2 posiciones de 22mm y un Pulsador de pare de emergencia de 22mm.

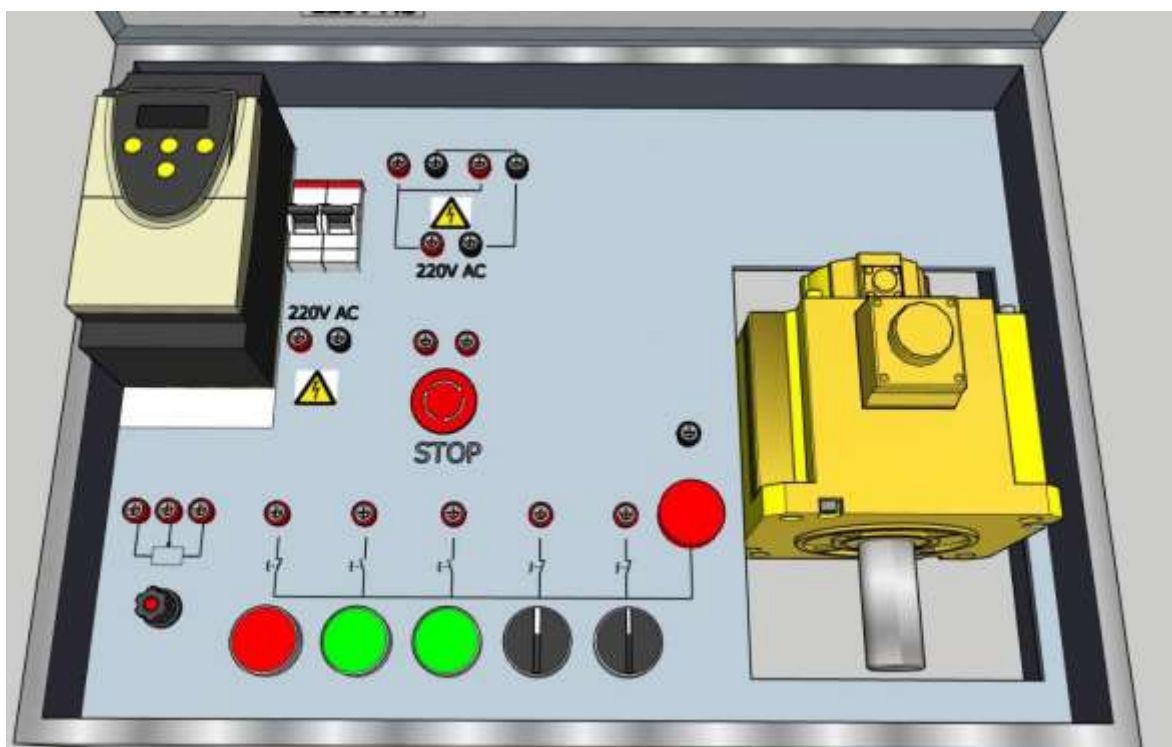


Figura 29. Tablero de conexiones para motor AC

Para la tapa del maletín se procedió igualmente a su limpieza y una vez estando vacío se realizó la adaptación de la Fuente AC/DC de 220V/24V respectivamente.

Después de la fijación de la Fuente se colocó una lámina de acrílico de 43.5cm x 31cm, donde se mostrarán 10 conectores socket jack banana hembras de 4mm, el dispositivo PWM que mide 9.6cm x 6.1cm x 3.4cm el cual viene con un Potenciómetro y un pulsador para su funcionamiento y el Motor DC de 24V.

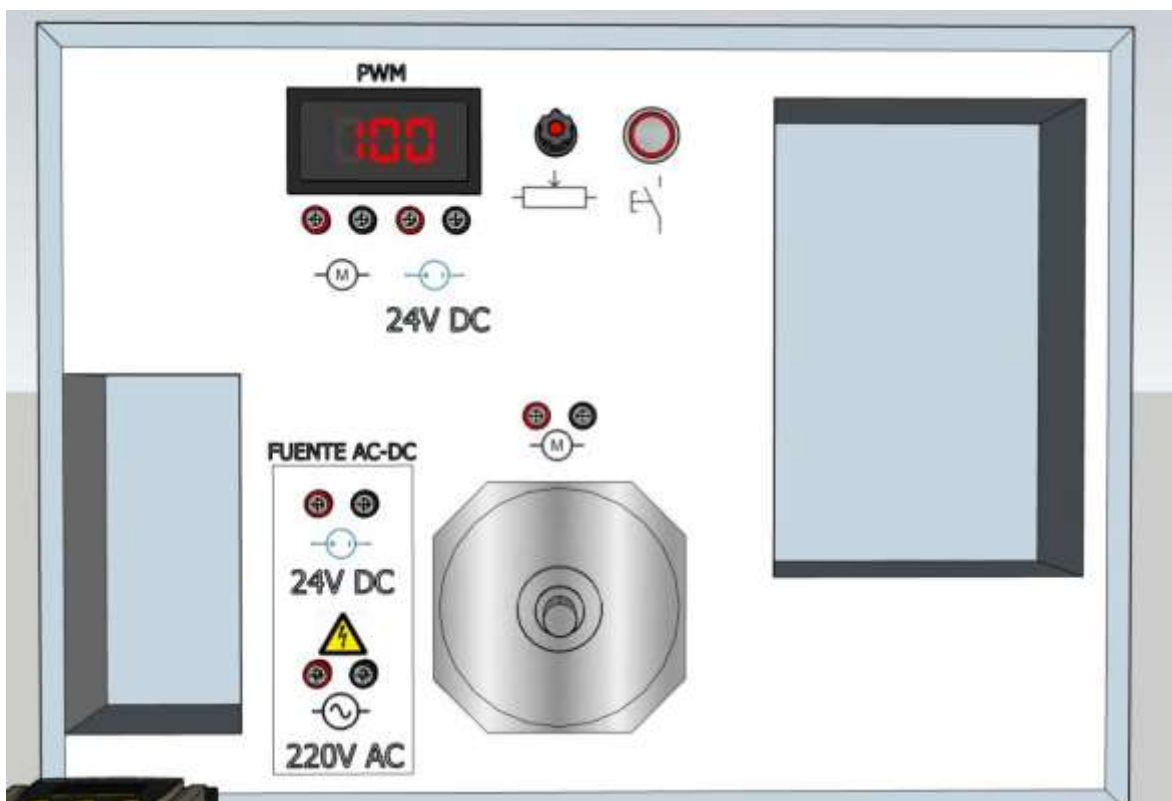


Figura 30. Tablero de conexiones para el motor

Conociendo las dimensiones del acrílico y de los conectores se procedió a diseñar en el programa AutoCAD el panel de conexiones frontal del módulo didáctico.

Teniendo el diseño se procedió a imprimirlo en papel bond adhesivo y se lamino con papel contact para proteger y evitar que la tinta de la serigrafía se deteriorara. Una vez impreso se limpió con alcohol el acrílico para quitar partículas de mugre y grasa para que al pegar el papel adhesivo no queden burbujas que generen desperfectos en el diseño.



Figura 31. Vista Frontal maletín



Figura 32. Vista frontal Módulo Didáctico terminado

### 4.3. Pruebas y socialización.

La socialización se realizó el miércoles 26 de mayo de 8:00 AM a 8:30 AM, curso de máquinas II, y el mismo día, pero de 10:00 AM a 10:30 AM curso de Supervisión, en el curso de comunicaciones industriales y en la clase de máquinas eléctricas con el docente Armando Becerra.

#### 4.3.1. Prueba Conexión Variador Altivar 11 a 3 hilos.

En esta prueba se implementó una conexión a 3 hilos teniendo en cuenta del manual del variador altivar 11 (ver anexos).

Descripción de los pasos para conectar el variador al motor.

Se conectaron las entradas del variador altivar 11 a la toma 220V de la parte inferior del módulo (Figura 33).



Figura 33. Conexión de la toma 220V al variador

Seguidamente se realizó las bornas de salida R, S, T del variador al motor trifásico de 1/8 Hp (Figura 34).





Figura 34. Conexión del motor trifásico a las salidas del variador

Se conectó la salida de 15V del variador al común de los accionamientos de control como son en este caso a los pulsadores normalmente abiertos y normalmente cerrado del módulo a las entradas digitales 11, 12, 13 como lo indica el manual en la página 60. (Figura 35).



Figura 35. Conexión de las entradas digitales del variador

Después se realizó la conexión de la salida de 5 voltios de la fuente interna del variador a uno de los extremos del potenciómetro de 10K $\Omega$  el otro extremo va al terminal 0V y la salida de resistencia variable del potenciómetro se conectó a la entrada analógica AI, ver manual página 58 (Figura 36).



Figura 36. Conectando el potenciómetro a la entrada analógica del variador.

Conectadas las entradas y salida de potencia, las entradas digitales y la entrada analógica que controla la frecuencia del variador, se programó el variador desde su HMI local siguiendo las instrucciones del manual para su manipulación (ver anexo manual)



Figura 37. Programación del variador



### 4.3.2. Conexión Controlador PWM

Descripción de los pasos para conectar el PWM al motor.

Se conectaron las entradas AC de la fuente a las salidas 220V de la parte inferior del Módulo



Figura 38. Conexión fuente 220V

Después se conectó la salida de 24V DC de la fuente a la entrada DC del Controlador PWM



Figura 39. Conexión voltaje PWM

Y por último se conectó la salida controlada del PWM al motor DC 24V



Figura 40. Conexión voltaje controlado al Motor DC

El Motor en total funcionamiento siendo controlado por el Controlador PWM

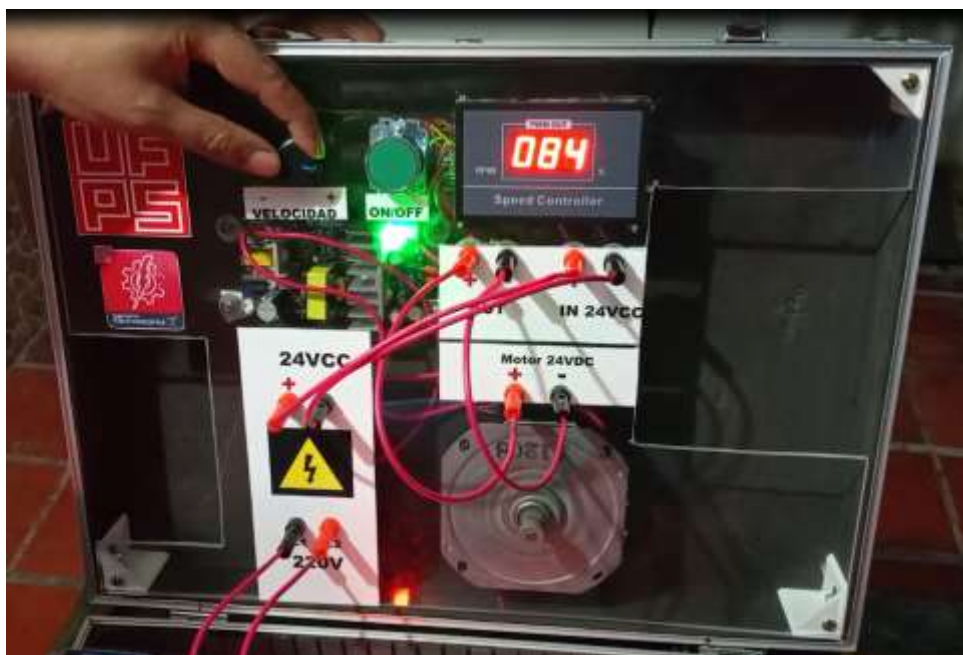


Figura 41. Motor DC siendo controlado por medio del PWM

## Conclusiones

Los modulo didáctico para la simulación de procesos industriales como lo es la variación de velocidad en motores AC y DC satisface los objetivos propuestos en el plan de desarrollo del proyecto empleando nuevas técnicas de implementación, proporcionando un sistema, funcional flexible, técnico de operación sencilla, fácil de entender y capaz de incrementar los conocimientos para los estudiantes, el cual será un aporte para el Grupo de Investigación GIAC.

Se concluyó que en comparación con el precio de los Módulos Didácticos como el de las empresas Schneider Electronic, Festo y De Lorenzo que se pueden adquirir en el mercado con precios de 48 millones, 75 millones y 95 millones respectivamente, la implementación de estos módulos didácticos para simular procesos industriales que se planteó en este proyecto permite la reducción de costos, ya que el diseño y construcción se hizo con la intención total de disminuir gastos.

El uso de conectores socket Jack simplifico las conexiones, facilitando al estudiante la interacción con el dispositivo.

Este módulo didáctico se diseñó para que se puedan realizar diferentes tipos de variaciones en motores AC y DC es decir que no queda limitados a la programación desarrollada en este proyecto, con el fin de fortalecer los conocimientos de los estudiantes en las áreas de máquinas eléctricas, sistemas de supervisión y control.

El uso de un maletín como módulo didáctico hace fácil y práctico el transportar estos dispositivos.

### **Recomendaciones**

Se debe tener en cuenta antes de hacer el uso del módulo didáctico consultar el manual de usuario, ya que en este se encuentran especificados las características técnicas del dispositivo, el plano de conexiones y un pequeño manual de mantenimiento. Se recomienda revisar las conexiones antes de encender el dispositivo.

## Bibliografía

*150432.pdf*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2021, de

<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/150432.pdf>

Abril, B. R. S., Peñaranda, J. A. P., & Tovar, C. L. P. (2013). Optimización de energía en sistemas de bombeo. *Informador Técnico*, 77(1), 47-47. <https://doi.org/10.23850/22565035.44>

Betancur, E. A. S., & Ramos, J. D. S. (s. f.). *SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA Y SISTEMA SCADA*. 56.

Castillo, J. C. M. (2017). *Fuentes de alimentación (Electrónica)*. Editex.

CECOLDA - Centro Colombiano del Derecho de Autor—MEDIDAS EN FRONTERA - DECRETO 4540 DEL 22 DE DICIEMBRE DE 2006. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2021, de <http://www.cecolda.org.co/index.php/derecho-de-autor/normas-y-jurisprudencia/normas-nacionales/128-medidas-en-frontera-decreto-4540-del-22-de-diciembre-de-2006>

Cevallos Tixi, M. A., & Huiracocha Salavarría, C. A. (2015). *Diseño e implementación de maletas didácticas para el control de motores utilizando variadores de velocidad para el control de llenado*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10423>

¿Cómo funciona un motor asíncrono trifásico? (2020, enero 23). Tienda online de motores eléctricos. <https://www.distribimotor.es/2020/01/23/c%C3%B3mo-funciona-un-motor-as%C3%ADncrono-trif%C3%A1sico/>

*Controlador de Velocidad PWM 6V-60V 30A DC*. (s. f.). UNIT Electronics. Recuperado 25 de junio de 2021, de <https://uelectronics.com/producto/controlador-de-velocidad-para-motor-dc-pwm-dc-6-v-60-v-30a/>

*Decreto 1162 de 2010—EVA - Función Pública*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2021, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39323>

*Ley\_1672\_2013.pdf*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2021, de

[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley\\_1672\\_2013.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley_1672_2013.pdf)

Mohan, N. (s. f.). *Electrónica de potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño*. 722.

Moreno, F., Becerra, J., & Mondragón, J. (2012). Desarrollo e implementación de un módulo

didáctico de automatización bajo una red de comunicación industrial Modbus. *Respuestas*, 17(1),

20-26. <https://doi.org/10.22463/0122820X.365>

*Motor DC: El pionero de los electromotores*. (s. f.). Harmonic Drive SE. Recuperado 25 de junio de

2021, de <https://harmonicdrive.de/es/glosario/motor-dc-el-pionero-de-los-electromotores>

Pozueta, M. A. R. (s. f.). *Instalaciones eléctricas*. 49.

R, J. L. (2017, diciembre 10). *INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO | Que es y como funciona*.

<https://como-funciona.co/un-interruptor-termomagnetico/>

Rod, F. (s. f.). *Variadores de velocidad para motores asíncronos Altivar 11*. Recuperado 25 de junio

de 2021, de

[https://www.academia.edu/22496049/Variadores\\_de\\_velocidad\\_para\\_motores\\_as%C3%ADncronos\\_Altivar\\_11](https://www.academia.edu/22496049/Variadores_de_velocidad_para_motores_as%C3%ADncronos_Altivar_11)

*Variador de velocidad—EcuRed*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2021, de

[https://www.ecured.cu/Variador\\_de\\_velocidad](https://www.ecured.cu/Variador_de_velocidad)

*WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf*. (s. f.).

Recuperado 25 de junio de 2021, de [https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf)

[motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf](https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h6e/h82/WEG-motores-electricos-guia-de-especificacion-50039910-brochure-spanish-web.pdf)

## Anexos

### Anexo 1. Manual de usuario del módulo didáctico



#### MANUAL DE USUARIO

#### *MODULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES*





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA  
MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA  
ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD  
PARA MOTORES ELÉCTRICOS



### TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
FICHAS DE DATOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS .....	4
CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS .....	5
CONEXIONES DE LOS ELEMENTOS .....	10
PANEL SUPERIOR.....	10
FUENTE AC/DC 220V/24V.....	11
PANEL INFERIOR.....	12
CONEXIONES AL TIVAR 11 .....	13
MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	15





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA  
MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA  
ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD  
PARA MOTORES ELÉCTRICOS



## MANUAL DE CONEXIONES DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS

### INTRODUCCIÓN

El control de motores trifásicos y de corriente continua es un tema ampliamente estudiado en la ingeniería electromecánica de la universidad Francisco de Paula Santander por su implementación en procesos industriales.

Actualmente el departamento de electricidad y electrónica posee módulos didácticos para control de motores eléctricos, sin embargo, se presenta una falta de equipos por parte de la misma, es necesario incluir más equipos que permitan el desarrollo de prácticas con dichos dispositivos.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA  
MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA  
ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD  
PARA MOTORES ELÉCTRICOS



### FICHAS DE DATOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS

FICHAS DE DATOS Y CARACTERISTICAS TECNICAS			
MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS			
PROYECTO DE INVESTIGACION	AÑO:2021		
CARACTERISTICAS GENERALES			
ELEMENTOS	DIMENSIONES		
	LARGO	ANCHO	ALTO
PANEL SUPERIOR	45.5 CM	33CM	5.5 CM
PANEL INFERIOR	45.5 CM	33CM	9.5 CM
<p>El módulo didáctico para entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos tiene un cable de conexión en la parte trasera que se debe conectar a una fuente de 220V En el panel superior cuenta con un rectificador que va conectado a la fuente de 220V aguas abajo por medio de conexión banana-banana. Este proporciona una salida de 24 VDC con una corriente máxima de 5 A. Dispositivo panel superior: Variador de velocidad para motores DC PWM 24 voltios Dispositivo panel Inferior: Variador de frecuencia Altivar 11 220V Motor DC alimentación 24VDC Motor AC 3PH 220V Material de la lámina: acrílico 5mm de grosor.</p>			

### CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS

#### Dispositivo de control para motor DC con PWM

Es el dispositivo que se utiliza para controlar las variaciones de la velocidad de un motor DC a 24 voltios



- Voltaje de entrada: DC6-60V
- Voltaje de salida: carga lineal
- Corriente de salida: 0-30A
- Corriente continua: 20A
- Control de velocidad, tipo:
- Modo de control de velocidad: potenciómetro
- Rango de velocidad: 0-100%
- Frecuencia de Control: 15KHZ
- Tipo de Cableado: perilla de terminal de valla
- Longitud: 18CM
- Tamaño del módulo: L \* W \* H 96mm \* 61mm \* 34mm
- Ingresos netos del producto: 120 gramos
- Panel aberturas: L \* W 92mm \* 56mm
- Velocidad Digital: porcentaje 0-100

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS</p>	 <p>Ingeniería Electromecánica</p>
---	---	---

#### Fuente Conmutada AC-DC

Se utilizó una fuente conmutada AC-DC para proporcionar 24Vdc al Control PWM



- Protección: AC85-265V
- Tensión de entrada: 110-260 V
- Tensión de salida: DC dc24v
- Corriente de salida: hasta 6A
- Potencia de salida: 150W
- Dimensiones totales: 10.65 cm x 5.7 cm

#### Motor DC 24VDC

Se utilizó un motor de 24VDC para controlar su velocidad por medio del controlador PWM



- Voltaje: 24 VDC
- Corriente: 874mA

 <p>Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER          PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA          MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS</p>	
---	---	---

### Variador de Velocidad Altivar 11

Se utilizó un variador para el control de velocidad del motor trifásico



- Potencia: ¼ DE HP
- Corriente de entrada: 8.6 A Max
- Corriente de salida: 3.6 A
- Protección sobrecarga del motor: clase 10
- Voltaje de entrada: 200/240V 1PH
- Voltaje de salida: 200/230V 3PH
- Frecuencia de entrada: 50/60HZ
- Frecuencia de salida: 0.5/200HZ

### Motor Trifásico 220V

Se utilizó un motor trifásico para pruebas en AC.



- Potencia: 0.12 C.V.
- Voltaje: 280/450V 3PH
- RPM: 3450 RPM
- Corriente: 0.5/0.29 A

## CONEXIONES DE LOS ELEMENTOS

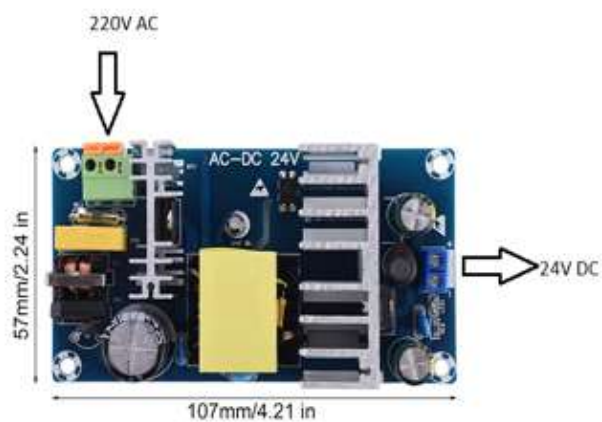
PANEL SUPERIOR

CONTROLADOR PWM





### FUENTE AC/DC 220V/24V



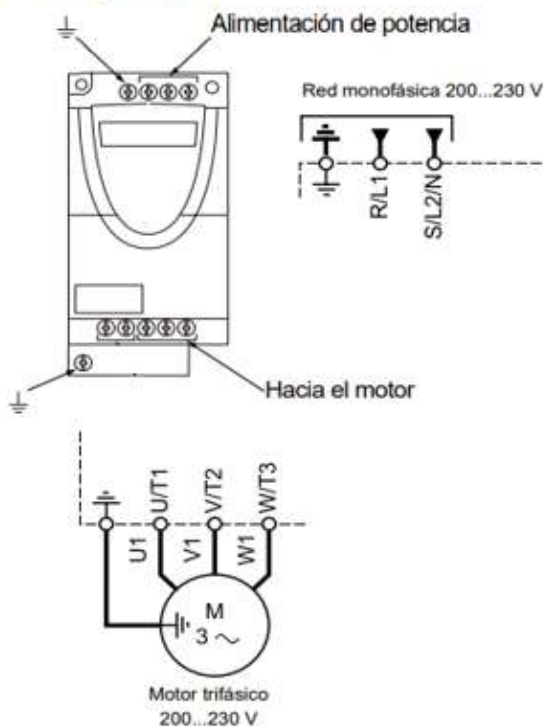
 <p>Universidad Francisco de Paula Santander</p>	<p>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS</p>	 <p>Ingeniería Electromecánica II</p>
---	---	--

## PANEL INFERIOR

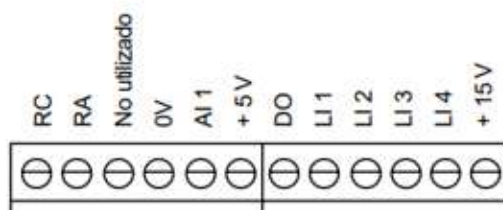
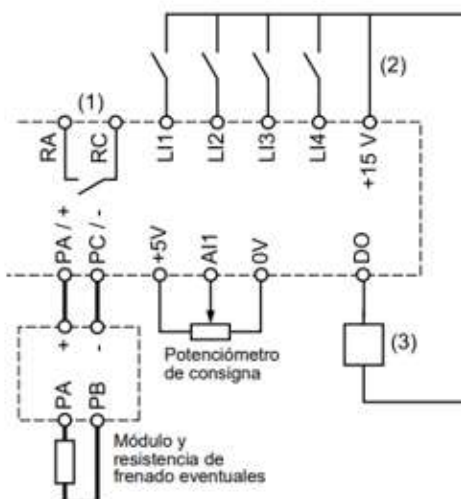


## CONEXIONES AL TIVAR 11

### Borneros de potencia



## Borneros de control





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA  
MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA  
ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD  
PARA MOTORES ELÉCTRICOS



## MANUAL DE MANTENIMIENTO

**PANEL SUPERIOR:** Verificar que los tornillos de la tapa superior, los conectores socket Jack este ajustados adecuadamente y las conexiones eléctricas de entrada y salida, tanto de la fuente AC/DC como del controlador PWM. Debido a la portabilidad del módulo se pueden presentar desajustes por lo que es necesario revisarlo por lo menos una vez al mes.

**PANEL INFERIOR:** Verificar que los tornillos de la tapa inferior, los conectores socket Jack este ajustados adecuadamente y las conexiones eléctricas de entrada y salida, tanto del variador de frecuencia ALTIVAR 11 y el interruptor termo magnético, también revisar las sujeciones del motor trifásico estén correctas, revisar las conexiones de los dispositivos de maniobra como selectores y pulsadores. Debido a la portabilidad del módulo se pueden presentar desajustes por lo que es necesario revisarlo por lo menos una vez al mes.

**MÓDULO:** Observar el estado físico de las bisagras y sujetadores del maletín que pueden sufrir daños debido al uso.



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA  
MANUAL DE USUARIO MÓDULO DIDÁCTICO PARA  
ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE VELOCIDAD  
PARA MOTORES ELÉCTRICOS



TAREAS DE MANTENIMIENTO

Módulo didáctico para motores eléctricos		Fecha de creación: Junio 2021	Tiempo en minutos	Frecuencia		Responsable
Parte del sistema	Tarea	Herramientas		Quincenal	Mensual	
Panel Superior	Ajustar los tornillos de la placa, revisar estado del motor y el PWM, medir continuidad entre las borneras e inspeccionar cada elemento	Destornillador estrella y multímetro	20	X		INGENIERO/ESTUDIANTE
Panel inferior	Verificar estado del variador, de los pulsadores, selectores y del motor, ajustar tornillos de la placa y medir continuidad	Destornillador estrella y multímetro	20	X		INGENIERO/ESTUDIANTE



	en cada bornera.					
Módulo	Revisar el estado de las bisagras y seguros del maletín	Destornillador	5		X	INGENIERO/ESTUDIANTE

Guide d'exploitation  
User's manual  
Bedienungsanleitung  
Guía de explotación  
Guida all'impiego

## Altivar 11

Variateurs de vitesse pour  
moteurs asynchrones,  
Variable speed drives  
for asynchronous motors,  
Frequenzumrichter  
für Drehstrom-Asynchronmotoren,  
Variadores de velocidad  
para motores asíncronos,  
Variatori di velocità  
per motori asincroni.

**ATV 11●●●●●●E/U**  
**V1.2 IE ≥ 21**





## Etapas de la instalación

### 1 - Fije el variador

### 2 - Conecte al variador:

- la red de alimentación, asegurándose de que:
  - **Se encuentra en el rango de tensión del variador.**
  - **Está sin tensión.**
- El motor, asegurándose de que la conexión de motor corresponde a la tensión de la red.
- El mando, a través de las entradas lógicas.
- La consigna de velocidad, a través de las entradas lógicas o analógicas.

### 3 - Ponga en tensión el variador sin dar la orden de marcha

### 4 - Configure:

- La frecuencia nominal (bFr) del motor, si no es de 50 Hz para la gama E o no es de 60 Hz para la gama U (sólo aparece en la primera puesta en tensión).
- Los parámetros ACC (Aceleración) y dEC (Deceleración).
- Los parámetros LSP (Mínima velocidad cuando la consigna es nula) y HSP (Máxima velocidad cuando la consigna es máxima).
- El parámetro lTH (Protección térmica del motor).
- Las velocidades preseleccionadas SP2-SP3-SP4.

### 5 - Configure en el menú Alt:

- La consigna de velocidad si no es de 0 a 5 V (de 0 a 10 V, de 0 a 20 mA, de 4 a 20 mA o de X a Y mA).

### 6 - Configure en el menú drC:

Los parámetros del motor, si la configuración de fábrica del variador no es adecuada.

### 7 - Arranque

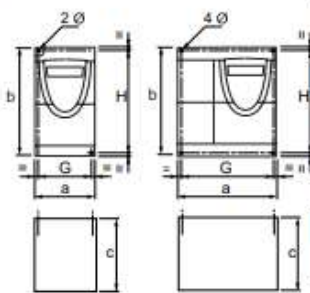
#### Configuración de fábrica

El Altivar 11 está configurado de fábrica para las condiciones de uso más habituales:

- Entradas lógicas:
  - LI1, LI2 (2 sentidos de marcha): control 2 hilos en la transición, LI1 = marcha adelante, LI2 = marcha atrás.
  - LI3, LI4: 4 velocidades preseleccionadas (velocidad 1 = consigna de velocidad o LSP, velocidad 2 = 10 Hz, velocidad 3 = 25 Hz, velocidad 4 = 50 Hz).
- Entrada analógica AI1: consigna de velocidad (0 + 5 V).
- Relé R1: el contacto se abre en caso de fallo (o si el variador está sin tensión).
- Salida DO: salida analógica, refleja la frecuencia del motor.

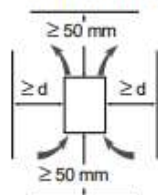
Si la configuración de fábrica no es adecuada, el menú FUn permite modificar las funciones y las asignaciones de las entradas y salidas.

#### Dimensiones



ATV 11H	a	b	c	G	H	Ø	Tornillo
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
U05●● gamas E, U U09●● gama U	72	142	≤125	60±1	131±1	2 x 5	M4
U09●● gama E U12●● gama E U18M● gama E	72	142	≤138	60±1	120±1	2 x 5	M4
U18M● gama U	72	147	138	60±1	131±1	2 x 5	M4
U18F1 gama U U29●● gamas E, U U41●● gamas E, U	117	142	156	106±1	131±1	4 x 5	M4
ATV 11P	a	b	c	G	H	Ø	Tornillo
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Cualquier calibre	72	142	101	60±1	131±1	2 x 5	M4

## Condiciones de montaje y temperatura



Instale el aparato en posición vertical, a  $\pm 10^\circ$ .  
Evite colocarlo cerca de elementos que irradian calor.  
Deje espacio libre suficiente para garantizar la circulación del aire necesario para el enfriamiento, que se realiza por ventilación de abajo hacia arriba.  
Espacio libre frontalmente: 10 mm mínimo.

Cuando el grado de protección IP20 es suficiente, se recomienda retirar el obturador de protección pegado sobre el variador, tal y como se indica a continuación.

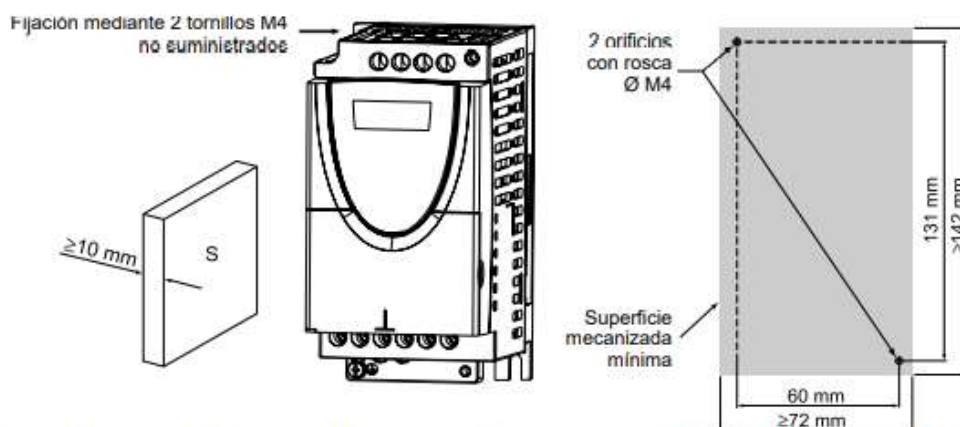
- De  $-10^\circ\text{C}$  a  $40^\circ\text{C}$ :
  - $d \geq 50$  mm: sin ninguna precaución en particular.
  - $d = 0$  (variadores yuxtapuestos): retire la tapa de protección adherida a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección se transforma en IP20).
- De  $40^\circ\text{C}$  a  $50^\circ\text{C}$ :
  - $d \geq 50$  mm: retire la tapa de protección adherida a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección se transforma en IP20).
- De  $50^\circ\text{C}$  a  $60^\circ\text{C}$ :
  - $d \geq 50$  mm: retire la tapa de protección adherida a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección pasa a ser IP20) y desclasifique la corriente nominal del variador un 2,2% por cada  $^\circ\text{C}$  que supere  $50^\circ\text{C}$ .



## Montaje de los variadores sin radiador

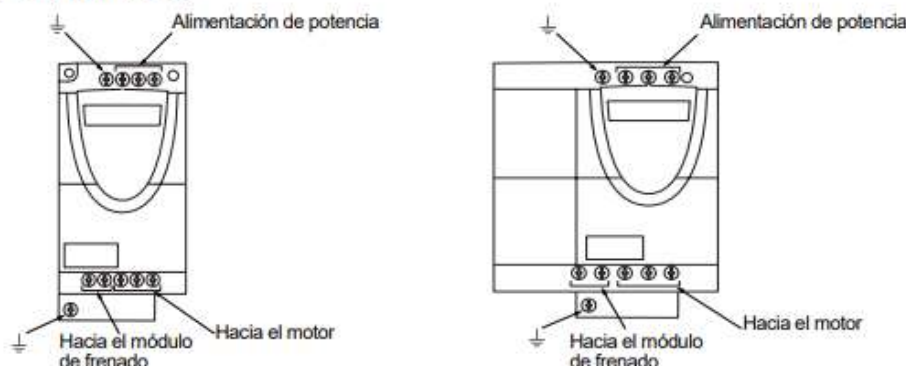
Los variadores ATV 11P●●●●●● se pueden montar sobre (o dentro de) el bastidor de una máquina de acero o aluminio, respetando las siguientes condiciones:

- Temperatura ambiente máxima:  $40^\circ\text{C}$ .
- Montaje vertical a  $\pm 10^\circ$ .
- El variador debe fijarse en el centro de un soporte (bastidor) con un grosor mínimo de 10 mm y una superficie de enfriamiento expuesta al aire libre y cuadrada de como mínimo  $0,12\text{ m}^2$  para el acero y  $0,09\text{ m}^2$  para el aluminio.
- Superficie de apoyo del variador (mín.  $142 \times 72$ ) mecanizada en el bastidor con una superficie plana de  $100\ \mu\text{m}$  como máximo y una rugosidad de  $3,2\ \mu\text{m}$  como máximo.
- Limpie ligeramente los orificios con rosca para eliminar las rebabas.
- Aplique grasa de contacto térmico (o equivalente) a toda la superficie de apoyo del variador.



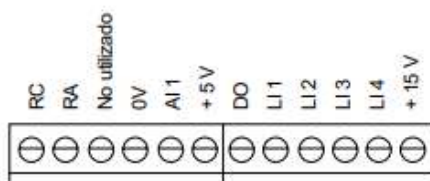
Compruebe el estado térmico del variador con el parámetro tHd (menú SUP), para validar la correcta eficacia del montaje.

## Borneros de potencia



Altivar ATV 11●	Capacidad máxima de conexión		Par de apriete en Nm
	AWG	mm <sup>2</sup>	
U05●●●, U09●●●, U12M2●, U18M●●	AWG 14	1,5	0,75
U18F1●, U29●●●, U41●●●	AWG 10	4	1

## Disposición, características y funciones de los bornes de control



- Capacidad de conexión máxima: 1,5 mm<sup>2</sup> - AWG 14
- Par de apriete máx.: 0,5 Nm.

ESPAÑOL

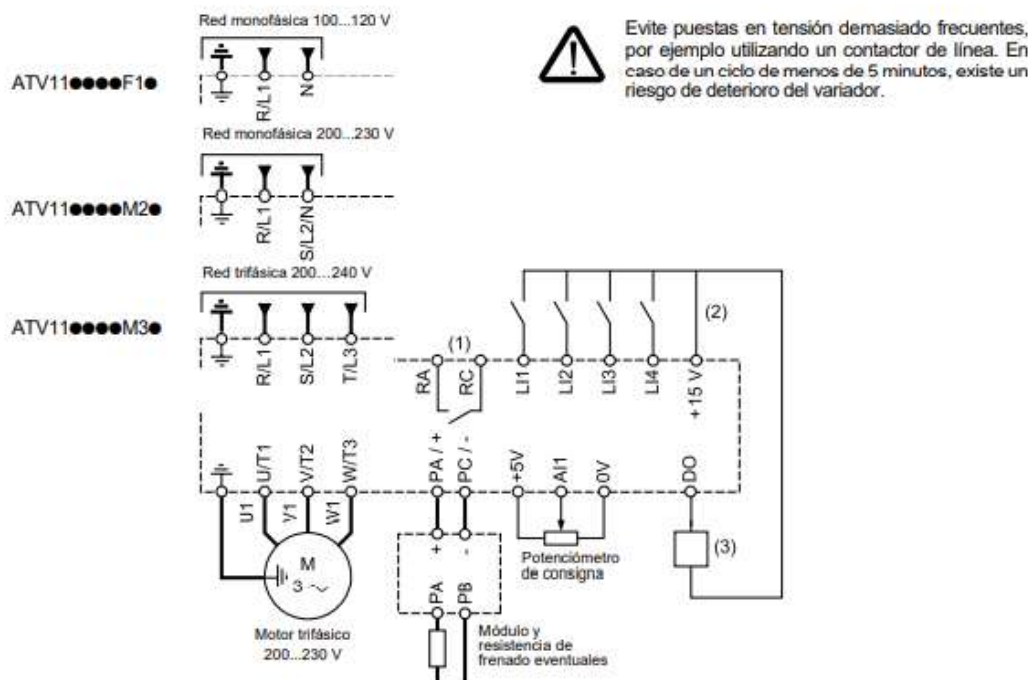
Borne	Función	Características eléctricas
RC RA	Contacto del relé de fallo (abierto en caso de fallo o de ausencia de tensión)	Poder de conmutación mín.: 10 mA para 24 V ∴ Poder de conmutación máx.: • 2 A para 250 V ∼ y 30 V ∴ con carga inductiva (cos φ = 0,4 - L/R = 7 ms) • 5 A para 250 V ∼ y 30 V ∴ con carga resistiva (cos φ = 1 - L/R = 0)
0V	Común de las entradas/salidas	0 V
AI1	Entrada analógica en tensión o en corriente	Entrada analógica 0 + 5V o 0 + 10 V: impedancia de 40 kΩ, 30 V máx. Entrada analógica de 0 a 20 mA o de 4 a 20 mA: impedancia 250 Ω (sin añadir resistencia)
+5V	Alimentación para potenciómetro de consigna 2,2 a 10 kΩ	• Precisión: - 0 ± 5 %
DO	Salida configurable lógica o analógica	Salida analógica de colector abierto de tipo MLI a 2 kHz: • Tensión de 30 V máx., impedancia de 1 kΩ, 10 mA máx. Salida lógica de colector abierto: • Tensión de 30 V máx., impedancia de 100 Ω, 30 mA máx.
LI1 LI2 LI3 LI4	Entradas lógicas programables	• Alimentación + 15 V (máx. 30 V), impedancia 5 kΩ • Estado 0 si < 5 V, estado 1 si > 11 V
+ 15 V	Alimentación de las entradas lógicas	+ 15 V ± 15% protegido contra cortocircuitos y sobrecargas. Consumo máx. disponible cliente 100 mA



## Esquema de conexión para el preajuste de fábrica



- Borneos de red en la parte superior, borneos del motor en la parte inferior
- Conecte los borneos de potencia antes que los de control



(1) Contactos del relé de fallo, para señalar a distancia el estado del variador.

(2) + 15 V interna. En caso de uso de una fuente externa (+ 24 V máx.), conecte el 0 V de la misma al borne 0V y no utilice el borne + 15 V del variador.

(3) Galvanómetro o relé de bajo nivel.

**Nota:** equipe con antiparásitos a todos los circuitos inductivos próximos al variador o acoplados al mismo, tales como relés, contactores, electroválvulas, etc.

### Elección de los componentes asociados:

Véase el catálogo Altivar 11.

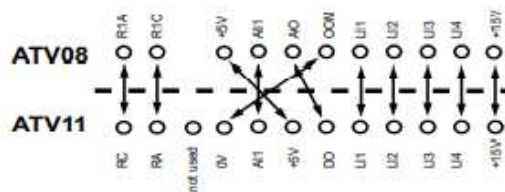
### Utilización de una resistencia de frenado:

Es obligatorio añadir un módulo de frenado VW3 A11701 entre el variador y la resistencia.

### Sustitución de un ATV08 por un ATV11

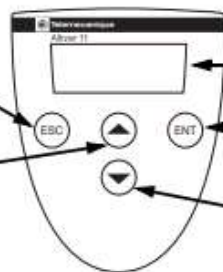


**Atención, en caso de sustitución de un ATV08 por un ATV11:**  
Los borneos de control tienen una colocación y una referencia diferentes:



## Funciones del visualizador y las teclas

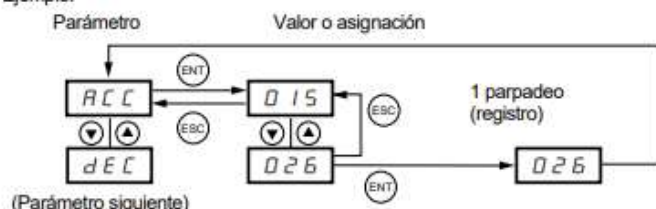
- Para salir de un menú o un parámetro, o bien para desechar el valor mostrado y volver al valor anterior grabado en la memoria.
- Para pasar al menú o al parámetro previo, o bien para aumentar el valor mostrado.
- Para entrar en un menú o un parámetro, o bien para registrar el parámetro o el valor mostrado.
- Para pasar al menú o al parámetro siguiente, o bien para disminuir el valor mostrado.



Al pulsar el botón ▲ o ▼, no se graba en memoria el valor elegido.

Grabación en memoria y registro de los valores mostrados:

Ejemplo:



Al grabar un valor en la memoria, el visualizador parpadea.

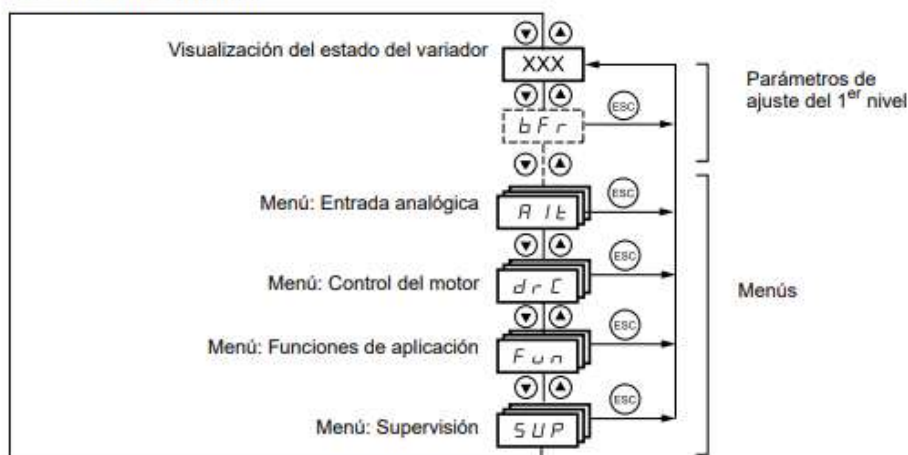
(Parámetro siguiente)

Visualización normal si no hay fallos y no es la primera puesta en tensión:

- rdY: variador listo.
- 43.0 : visualización del parámetro seleccionado en el menú SUP (por defecto: consigna de frecuencia).
- dcb: frenado por inyección de corriente continua en curso.
- nSt: parada en rueda libre.

En caso de fallo, el código de fallo aparece parpadeando.


## Acceso a los menús



### Parámetros de ajuste del 1<sup>er</sup> nivel

Los parámetros que no aparecen sombreados sólo pueden modificarse con el variador parado y bloqueado.

Los parámetros sombreados se pueden modificar con el motor en marcha o parado.

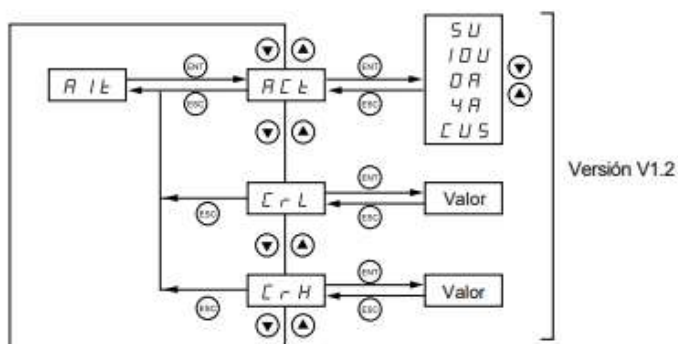
Cód.	Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
<i>bFr</i>	<b>Frecuencia del motor</b>  Este parámetro sólo aparece en este menú en la primera puesta en tensión. Siempre se puede modificar en el menú FUn.	50 Hz o bien 60 Hz	50 (gama E) o bien 60 (gama U)
<i>rC</i>	<b>Tiempo de la rampa de aceleración</b> Definido para pasar de 0 Hz a la frecuencia nominal del motor FrS (parámetro del menú drC).	De 0 s a 99,9 s	3
<i>dE</i>	<b>Tiempo de la rampa de deceleración</b> Definido para pasar de la frecuencia nominal del motor FrS (parámetro del menú drC) a 0 Hz.	De 0 s a 99,9 s	3
<i>LSP</i>	<b>Mínima velocidad</b> Frecuencia del motor con consigna nula.	De 0 Hz a HSP	0
<i>HSP</i>	<b>Máxima velocidad</b> Frecuencia del motor con consigna máx. Asegúrese de que este ajuste es adecuado para el motor y la aplicación.	De LSP a 200 Hz	= bFr
<i>lH</i>	<b>Corriente térmica del motor</b> Corriente utilizada para la protección térmica del motor. Ajuste lH a la corriente nominal que figura en la placa de características del motor.  La memoria del estado térmico del motor vuelve a cero cuando se desconecta el variador.	De 0 a 1,5 In (1)	Según calibre del variador
<i>SP2</i>	<b>2<sup>a</sup> velocidad preseleccionada (2)</b>	De 0,0 Hz a HSP	10
<i>SP3</i>	<b>3<sup>a</sup> velocidad preseleccionada (2)</b>	De 0,0 Hz a HSP	25
<i>SP4</i>	<b>4<sup>a</sup> velocidad preseleccionada (2)</b>	De 0,0 Hz a HSP	50
<i>RE</i>	Para la versión V1.1. Para la versión V1.2, véase el menú Alt.		

(1) In = corriente nominal del variador

(2) Las velocidades preseleccionadas sólo aparecen si la función correspondiente es la ajustada de fábrica o se ha vuelto a configurar en el menú FUn.

## Menú de entrada analógica AI1

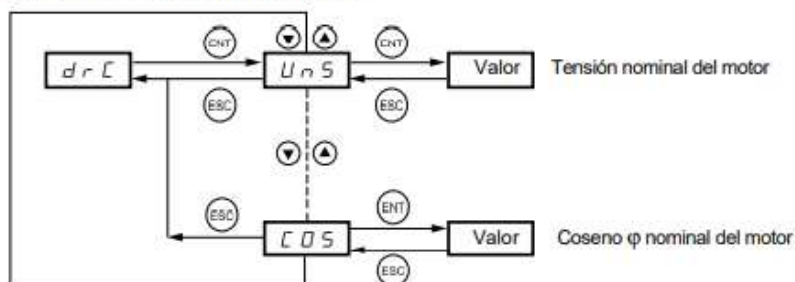
Estos parámetros sólo pueden modificarse con el variador parado y bloqueado.



Cód.	Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
AI1	<p><b>Escala de la entrada analógica AI1</b></p> <p>5U: en tensión 0-5 V (sólo alimentación interna)            10U: en tensión de 0 a 10 V (alimentación externa)            0A: en corriente de 0 a 20 mA            4A: en corriente de 4 a 20 mA            CUS: en corriente de X a Y mA (personalizado)</p> <p>Si CUS está activado, es necesario configurar CrL (X) y CrH (Y).</p> <p>Utilización a 10 V externa</p> <p>De 0 a 20 o de 4 a 20 mA</p> <p>Fuente de 0 a 20 mA o bien de 4 a 20 mA</p>		"5U"
CrL	<p><b>Valor mínimo de la señal de la entrada AI1.</b></p> <p>Aparece si se ha activado CUS. Referencia mínima AI1 en mA. (CrL &lt; CrH)</p>	De 0 a 20,0	4,0
CrH	<p><b>Valor máximo de la señal de la entrada AI1.</b></p> <p>Aparece si se ha activado CUS. Referencia máxima AI1 en mA. (CrH &gt; CrL)</p>	De 0 a 20,0	20,0



## Menú de control del motor drC



Los parámetros que no aparecen sombreados sólo pueden modificarse con el variador parado y bloqueado.

Los parámetros sombreados se pueden modificar con el motor en marcha o parado.

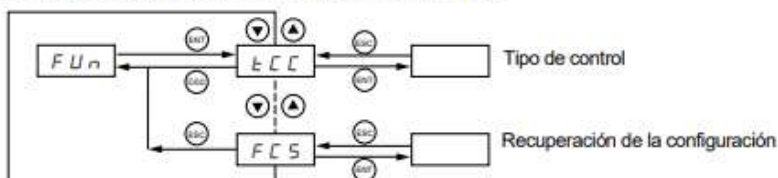
El rendimiento del accionamiento se puede optimizar introduciendo los valores leídos en la placa de características del motor

Cód.	Designación	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
<b>UnS</b>	<b>Tensión nominal del motor que aparece en la placa de características.</b>	De 100 a 500 V	Según el calibre
	Si la tensión de red es inferior a la indicada en la placa del motor, se debe ajustar UnS al valor de tensión de red aplicada a los bornes del variador.		
<b>FrS</b>	<b>Frecuencia nominal del motor que aparece en la placa de características.</b>	De 40 a 200 Hz	50 / 60Hz según bFr
<b>StR</b>	<b>Estabilidad del bucle de frecuencia.</b>	Del 0 al 100% parado Del 1 al 100% en marcha	20
	Valor demasiado elevado: prolongación del tiempo de respuesta Valor demasiado bajo: rebasamiento de velocidad, inestabilidad.		
<b>FLG</b>	<b>Ganancia del bucle de frecuencia.</b>	Del 0 al 100% parado Del 1 al 100% en marcha	20
	Valor demasiado elevado: rebasamiento de velocidad, inestabilidad. Valor demasiado bajo: prolongación del tiempo de respuesta.		
<b>UFR</b>	<b>Compensación RI</b>	De 0 a 200%	50
	Permite optimizar el par a una velocidad muy reducida o adaptarse a casos especiales (ejemplo: para motores en paralelo, bajar UFR). En caso de par insuficiente a velocidad baja, aumente UFR. Un valor demasiado elevado puede hacer que el motor no arranque (bloqueo) o se pase a una limitación de corriente.		
<b>nCr</b>	<b>Corriente nominal del motor que figura en la placa de características.</b>	De 0,25 a 1,5 In (1)	Según el calibre
<b>LLI</b>	<b>Corriente de limitación</b>	De 0,5 a 1,5 In (1)	1,5 In
<b>nSL</b>	Deslizamiento nominal del motor	De 0 a 10,0 Hz	Según el calibre
	Se calcula mediante la fórmula: nSL = parámetro FrS x (1 - Nn/Ns) Nn = velocidad nominal del motor que aparece en la placa de características Ns = velocidad de sincronismo del motor		
<b>SLP</b>	<b>Compensación de deslizamiento</b>	Del 0 al 150% (de nSL)	100
	Las placas de características del motor en ocasiones muestran imprecisiones o errores (disminuya la velocidad si existe inestabilidad o aumentela si es insuficiente). Permite ajustar la compensación de deslizamiento alrededor del valor fijado por el deslizamiento nominal del motor nSL, o bien adaptarse a casos especiales (ejemplo: para motores en paralelo, bajar SLP).		
<b>COS</b>	<b>Coseno φ nominal del motor que figura en la placa de características.</b>	De 0,50 a 1,00	Según el calibre

(1) In = corriente nominal del variador



## Menú de funciones de aplicación FUN



Los parámetros que no aparecen sombreados sólo pueden modificarse con el variador parado y bloqueado.

Los parámetros sombreados se pueden modificar con el motor en marcha o parado.



Cód.	Descripción	Ajuste de fábrica
<b>tCC</b>	<b>Tipo de control</b>	
<i>RCt</i>	<p>2C = control 2 hilos 3C = control 3 hilos</p> <p>Control 2 hilos: el estado abierto o cerrado de la entrada controla la marcha o la parada. Ejemplo de cableado: LI1: adelante Llx: atrás</p> <p>Control 3 hilos (mando por pulsos): un pulso "adelante" o "atrás" es suficiente para controlar el arranque; un pulso de "parada" es suficiente para controlar la parada. Ejemplo de cableado: LI1: en parada LI2: adelante Llx: atrás</p> <p><b>⚠</b> Para cambiar la asignación de tCC es necesario mantener pulsada (2 s) la tecla "ENT", con lo que las funciones siguientes vuelven al ajuste de fábrica: rrS, tCt, Atr, PS2 (LIA, Lib).</p>	2C
<i>tCt</i>	Tipo de control 2 hilos	tm
	<p>(sólo se puede acceder a este parámetro si tCC = 2C): LEL: los estados 0 ó 1 mantenidos permiten la marcha o la parada. tFn: es necesario cambiar de estado (transición o flanco) para activar la marcha con el fin de evitar un re arranque imprevisto tras una interrupción de la alimentación. PFD: igual que LEL, pero la entrada de giro "adelante" siempre tiene prioridad sobre la entrada de giro "atrás".</p>	
<i>rrS</i>	<b>Giro atrás</b>	Si tCC = 2C: LI2 Si tCC = 3C: LI3
	<p>FD: función inactiva LI1 a LI4: elección de la entrada asignada a la orden de giro atrás</p>	

Cód.	Descripción	Ajuste de fábrica
<b>P 5 2</b>	<b>Velocidades preseleccionadas</b>	
	Si LIA y Llb = 0: velocidad = consigna en AI1 Si LIA = 1 y Llb = 0: velocidad = SP2 Si LIA = 0 y Llb = 1: velocidad = SP3 Si LIA = 1 y Llb = 1: velocidad = SP4	
<b>L I A</b>	Asignación de la entrada LIA - nO: función inactiva L I I a L I 4: elección de la entrada asignada a LIA	Si tCC = 2C: LI3 Si tCC = 3C: LI4
<b>L I b</b>	Asignación de la entrada Lib - nO: función inactiva L I I a L I 4: elección de la entrada asignada a Lib	Si tCC = 2C: LI4 Si tCC = 3C: nO
	Sólo se puede acceder a SP2 si LIA está asignada, SP3 y SP4 si LIA y Llb están asignadas.	
<b>S P 2</b>	2ª velocidad preseleccionada, ajustable de 0,0 a HSP (1)	10
<b>S P 3</b>	3ª velocidad preseleccionada, ajustable de 0,0 a HSP (1)	25
<b>S P 4</b>	4ª velocidad preseleccionada, ajustable de 0,0 a HSP (1)	50
	También se puede acceder a los ajustes en los parámetros de ajuste del 1º nivel.	
<b>H 5 P</b>	<b>Velocidades máximas</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)	
	Si LIA y Llb = 0: HSP Si LIA = 1 y Llb = 0: HS2 Si LIA = 0 y Llb = 1: HS3 Si LIA = 1 y Llb = 1: HS4	
<b>L I A</b>	Asignación de la entrada LIA - nO: función inactiva - L I I a L I 4: elección de la entrada asignada a LIA.	nO
<b>L I b</b>	Asignación de la entrada Lib - nO: función inactiva - L I I a L I 4: elección de la entrada asignada a Lib.	nO
	Sólo se puede acceder a HS2 si LIA está asignada, y a HS3 y HS4 si LIA y Llb están asignadas.	
<b>H 5 P</b>	1a velocidad máxima, ajustable de LSP a 200 Hz	bFr
<b>H 5 2</b>	2a velocidad máxima, ajustable de LSP a 200 Hz	bFr
<b>H 5 3</b>	3a velocidad máxima, ajustable de LSP a 200 Hz	bFr
<b>H 5 4</b>	4a velocidad máxima, ajustable de LSP a 200 Hz	bFr
<b>L O C</b>	<b>Umbral de sobrecarga</b> (versión V1.2 IE ≥ 21) LOC se puede ajustar del 70 al 150% de la corriente nominal del variador.	90%
<b>t O L</b>	<b>Temporización de la función de sobrecarga</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)	5 s
	tOL es ajustable de 0 a 100 s. Esta función permite parar el motor cuando está en situación de sobrecarga. Si la corriente del motor es superior al umbral de sobrecarga LOC, se inicia una temporización tOL. Una vez transcurrida la temporización tOL, si la corriente se mantiene por encima del umbral de sobrecarga LOC - 10%, el variador se bloquea con un fallo de sobrecarga.	
	<p style="text-align: center;">Parada del variador por fallo OLC</p> <p style="text-align: center;">(Histéresis)</p> <p style="text-align: center;">Intensidad motor</p> <p style="text-align: center;">LOC</p> <p style="text-align: center;">LOC - 10%</p> <p style="text-align: center;">&lt; tOL</p> <p style="text-align: center;">tOL</p> <p style="text-align: center;">t</p>	
	La detección de sobrecarga sólo está activa cuando el sistema se encuentra en régimen permanente (consigna de velocidad alcanzada). El valor 0 desactiva la detección de sobrecarga.	

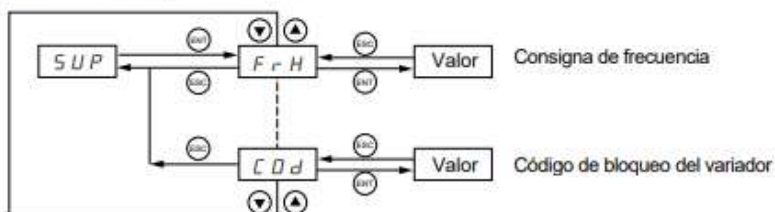
Cód.	Descripción	Ajuste de fábrica
RP1	<p><b>Histéresis de frecuencia alcanzada</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)</p> <p>AP1 es ajustable de 0 a 200 Hz Este parámetro permite ajustar la histéresis de la función que determina si el variador se encuentra en la consigna alcanzada. Es preciso aumentar este parámetro si el variador tiene problemas para llegar al estado de la consigna alcanzada. Si <math>rFr</math> (frecuencia del motor) - FrH (consigna de frecuencia) &lt; AP1 - 0,2 Hz, consigna alcanzada = 1. Si <math>rFr</math> (frecuencia del motor) - FrH (consigna de frecuencia) &gt; AP1, consigna alcanzada = 0</p> <p>Frecuencia del motor</p> <p>Consigna de velocidad</p> <p>AP1</p> <p>AP1 - 0,2 Hz</p> <p>Consigna alcanzada</p> <p>t</p> <p>Esta función sólo está activa cuando el motor gira y el regulador PI está en funcionamiento.</p>	0,3 Hz
LUL	<p><b>Umbral de subcarga</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)</p> <p>LUL se puede ajustar del 20 al 100 % de la corriente nominal del variador.</p>	60 %
tUL	<p><b>Temporización de la función de subcarga</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)</p> <p>tUL es ajustable de 0 a 100 s. En caso de que la corriente del motor sea inferior al umbral de subcarga LUL durante un tiempo superior al valor ajustable tUL, el variador se bloquea con un fallo de subcarga ULF.</p> <p>Intensidad motor</p> <p>Parada del variador por fallo ULF</p> <p>(Histéresis)</p> <p>LUL + 10%</p> <p>LUL</p> <p>&lt; tUL</p> <p>tUL</p> <p>t</p> <p>La detección de subcarga sólo está activa cuando el sistema se encuentra en régimen permanente (consigna de velocidad alcanzada). El valor 0 desactiva la detección de subcarga.</p>	5 s
tL5	<b>Función PI (versión V1.2)</b>	
PI	No modifique la configuración de fábrica o consulte el manual técnico.	
rSF	<p><b>Rearme de fallo</b></p> <p>- rD: función inactiva L11 a L14: elección de la entrada asignada a esta función El rearme se realiza en una transición de la entrada (flanco ascendente de 0 a 1); sólo está permitido si el fallo ha desaparecido y exclusivamente en una parte de los fallos (véase la página 66).</p>	nO
rP2	<b>Segunda rampa</b>	
L1	<p>Asignación de la entrada de control de la 2ª rampa - rD: función inactiva L11 a L14: selección de la entrada asignada</p>	nO
AC2	Sólo se puede acceder a AC2 y dE2 si L1 está asignada.	
dE2	Tiempo de la 2ª rampa de aceleración, ajustable de 0,1 a 99,9 s	5,0
	Tiempo de la 2ª rampa de deceleración, ajustable de 0,1 a 99,9 s	5,0
L22	<p><b>2ª limitación de corriente</b> (versión V1.2)</p> <p>No modifique la configuración de fábrica o consulte el manual técnico.</p>	



Cód.	Descripción	Ajuste de fábrica
<i>n S t</i>	<b>Parada en "rueda libre"</b> (versión V1.2) - <i>n D</i> : función inactiva De - <i>L 1</i> a <i>L 14</i> : selección de la entrada asignada. Parada cuando la entrada no tiene tensión (estado 0). Provoca la parada del motor únicamente mediante el par resistente y se interrumpe la alimentación del motor.	nO
<i>S t P</i>	<b>Parada controlada tras un corte de red</b> - <i>n D</i> : bloqueo del variador y parada del motor en "rueda libre" - <i>Y E S</i> : parada según la rampa válida (dEC o dE2), si la inercia es suficiente. - <i>F S t</i> : parada rápida, el tiempo de parada depende de la inercia y las posibilidades de frenado del variador.	nO
<i>b r R</i>	<b>Adaptación de la rampa de deceleración</b> - <i>n D</i> : función inactiva - <i>Y E S</i> : esta función aumenta automáticamente, durante la deceleración, siempre que éste se haya ajustado a un valor muy bajo, habida cuenta de la inercia de la carga. De esta manera se evita el paso a fallo por sobretensión en deceleración.	YES
<i>R d C</i>	<b>Inyección de corriente continua automática</b>	
<i>R C t</i>	Modo de funcionamiento - <i>n D</i> : función inactiva - <i>Y E S</i> : inyección de corriente continua en la parada, de duración ajustable mediante tdC, cuando la marcha ya no está controlada y la velocidad del motor es nula. El valor de esta corriente se puede ajustar mediante SdC. - <i>C t</i> : inyección de corriente continua permanente en la parada, cuando la marcha ya no está controlada y la velocidad del motor es nula. El valor de esta corriente se puede ajustar mediante SdC. En control 3 hilos, la inyección sólo está activa con L1 en 1. Sólo se puede acceder a tdC si ACT = YES, SdC si ACT = YES o Ct. Tiempo de inyección en la parada, ajustable de 0,1 a 30,0 s Corriente de inyección, ajustable de 0 a 1,2 In (In = corriente nominal del variador)	YES 0,5 0,7 In
<i>S F t</i>	<b>Frecuencia de corte</b>	
<i>R C t</i>	Rango de frecuencias - <i>L F r</i> : frecuencia aleatoria alrededor de 2 ó 4 kHz según SFr - <i>L F</i> : frecuencia fija de 2 ó 4 kHz según SFr - <i>H F</i> : frecuencia fija de 8, 12 ó 16 kHz según SFr.	LF
<i>S F r</i>	Frecuencia de corte: - <i>2</i> : 2 kHz (si ACT = LF o LFr) - <i>4</i> : 4 kHz (si ACT = LF o LFr) - <i>8</i> : 8 kHz (si ACT = HF) - <i>12</i> : 12 kHz (si ACT = HF) - <i>16</i> : 16 kHz (si ACT = HF) Cuando SFr = 2 kHz, la frecuencia pasa automáticamente a 4 kHz a alta velocidad Cuando SFr = HF, la frecuencia seleccionada pasa automáticamente a la frecuencia inferior si el estado térmico del variador es demasiado elevado. Vuelve automáticamente a la frecuencia SFr en cuanto el estado térmico lo permite.	4 (si ACT = LF o LFr) 12 (si ACT = HF)
<i>F L r</i>	<b>Recuperación al vuelo</b> Permite realizar un arranque sin sacudidas si la orden de marcha se mantiene después de los siguientes casos: - Corte de red o simplemente apagado. - Reinicialización de fallo o re arranque automático. - Parada en rueda libre. El motor vuelve a partir de la velocidad estimada en el momento de la recuperación y a continuación sigue la rampa hasta la consigna. Esta función necesita el control 2 hilos (tCC = 2C) con tCt = LEL o PFO. <i>n D</i> : función inactiva <i>Y E S</i> : función activa La función se ejecuta en cada orden de marcha y conlleva un ligero retraso (1 segundo como máximo). Si el frenado por inyección automática se ha configurado en continuo (Ct), esta función no se puede activar.	nO

Cód.	Descripción	Ajuste de fábrica
<i>d D</i>	<b>Salida analógica / lógica DO</b>	
<i>R C t</i>	Asignación <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>n D</i>: sin asignar</li> <li>- <i>D C r</i>: salida analógica = corriente en el motor. La señal completa corresponde al 200% de la corriente nominal del variador.</li> <li>- <i>r F r</i>: salida analógica = frecuencia del motor. La señal completa corresponde al 100% de HSP.</li> <li>- <i>F t R</i>: salida lógica = umbral de frecuencia alcanzado, activa (estado 1) si la frecuencia del motor supera el umbral ajustable Ftd.</li> <li>- <i>S r R</i>: salida lógica = consigna alcanzada, activa (estado 1) si la frecuencia del motor es igual a la consigna.</li> <li>- <i>C t R</i>: salida lógica = umbral de corriente alcanzado, pasa a estado 1 si la corriente del motor supera el umbral ajustable Ctd.</li> <li>- <i>P I</i>: No lo utilice o consulte el manual técnico (versión V1.2).</li> </ul> <p>Sólo se puede acceder a Ftd si ACT = FtA, sólo se puede acceder a Ctd si ACT = CtA.</p>	rFr
<i>F t d</i> <i>C t d</i>	Umbral de frecuencia, ajustable de 0 a 200 Hz Umbral de corriente, ajustable de 0 a 1,5 In (In = corriente nominal del variador)	= bFr In
<i>R E r</i>	<b>Rearranque automático</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>n D</i>: función inactiva</li> <li>- <i>Y E S</i>: Rearranque automático después de bloqueo por fallo, siempre que éste haya desaparecido y las demás condiciones de funcionamiento lo permitan. El rearranque se efectúa mediante una serie de intentos automáticos, separados por tiempos crecientes: 1 s, 5 s, 10 s, a continuación 1 min para los siguientes. Si el arranque no se produce a los 6 min., el proceso se abandona y el variador permanece bloqueado hasta que se apaga y vuelve a ponerse en tensión. Los fallos que autorizan esta función son: OHF, OLC, OLF, ObF, OSF, PHF, ULF. El relé de fallo del variador permanece activado si la función también está activada. La consigna de velocidad y el sentido de marcha deben mantenerse.</li> </ul> <p>Sólo se puede acceder a esta función con control 2 hilos (tCC = 2C) con tCt = LEL o PFO.</p> <p> Asegúrese de que el rearranque automático no comporta riesgos para los materiales o las personas.</p>	nO
<i>b F r</i>	<b>Frecuencia del motor</b>	50 (gama E) o bien 60 (gama U)
	(Recuperación del parámetro bFr de ajuste del 1er nivel) Ajuste a 50 Hz o 60 Hz, que se toma de la placa de características del motor.	
<i>I P L</i>	<b>Configuración del fallo de corte de fase de red</b>	YES
	Sólo se puede acceder a este parámetro en los variadores trifásicos. <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>n D</i>: eliminación del fallo de pérdida de fase de red</li> <li>- <i>Y E S</i>: activación de la supervisión del fallo de pérdida de fase de red</li> </ul>	
<i>S C S</i>	<b>Grabación de la configuración</b>	nO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>n D</i>: función inactiva</li> <li>- <i>Y E S</i>: graba la configuración en curso en la memoria EEPROM. SCS vuelve a pasar automáticamente a nO en el momento en que se ha efectuado la grabación. Esta función permite conservar una configuración de reserva además de la configuración en curso. En los variadores salidos de fábrica, la configuración en curso y la guardada se inicializan en la de fábrica.</li> </ul>	
<i>F C S</i>	<b>Recuperación de la configuración</b>	nO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>n D</i>: función inactiva</li> <li>- <i>r E C</i>: la configuración en curso pasa a ser igual a la guardada anteriormente por SCS. Sólo se puede ver rEC si se ha efectuado una grabación. FCS vuelve a pasar automáticamente a nO en el momento en que se ha efectuado esta acción.</li> <li>- <i>I n I</i>: la configuración en curso pasa a ser idéntica al ajuste de fábrica. FCS vuelve a pasar automáticamente a nO en el momento en que se ha efectuado esta acción.</li> </ul> <p> Para que se tengan en cuenta rEC e InI, es preciso mantener pulsada (2 s) la tecla ENT.</p>	

## Menú de supervisión SUP



Cuando el variador está en marcha, el valor mostrado corresponde al de uno de los parámetros de supervisión. Por defecto, el valor mostrado es la consigna del motor (parámetro FrH).

Durante la visualización del valor del nuevo parámetro de supervisión deseado, es necesario pulsar una segunda vez la tecla "ENT" para validar el cambio de parámetro y memorizarlo. Desde ese momento, será el valor de ese parámetro el que se visualizará en marcha (incluso después de la desconexión).

Si no se confirma la nueva selección pulsando por segunda vez la tecla "ENT", volverá al parámetro anterior después de la desconexión.

Se puede acceder a los siguientes parámetros tanto cuando está parado como en marcha.

Cód.	Parámetro	Unidad
<i>F r H</i>	Visualización de la consigna de frecuencia (configuración de fábrica)	Hz
<i>r F r</i>	Visualización de la frecuencia de salida aplicada al motor	Hz
<i>L L r</i>	Visualización de la corriente del motor	A
<i>U L n</i>	Visualización de la tensión de red	V
<i>t H r</i>	Visualización del estado térmico del motor: 100% corresponde al estado térmico nominal. Por encima del 118%, el variador se dispara en fallo OLF (sobrecarga del motor). Puede volver a activarse por debajo del 100%. Véase el parámetro en la página 57.	%
<i>t H d</i>	Visualización del estado térmico del variador: 100% corresponde al estado térmico nominal. Por encima de 118%, el variador se desconecta en fallo OHF (sobrecalentamiento del variador). Puede volver a activarse por debajo del 80%.	%
<i>H S U</i>	<b>Visualización de la velocidad máxima utilizada</b> (versión V1.2 IE ≥ 21)	Hz
<i>r P F</i>	<b>Retorno del captador PI</b> (versión V1.2) Sólo se puede acceder a este parámetro si la función PI está activada (PIF = A11).	%
<i>C D d</i>	<b>Código de bloqueo del terminal</b> (versión V1.2 IE ≥ 21) Permite proteger la configuración del variador mediante un código de acceso. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>D F F</i>: Ningún código bloquea el acceso.</li> <li>• <i>D n</i>: Un código bloquea el acceso (de 2 a 999).</li> </ul> <b>- Para desbloquear el acceso</b> , componga el código secreto aumentando la visualización con ▲ y a continuación pulse "ENT". Se muestra el código y el acceso se desbloquea hasta la próxima desconexión. En la siguiente puesta en tensión, el acceso al parámetro vuelve a estar bloqueado. - Si se introduce un código incorrecto, la visualización vuelve a pasar a "On" y el acceso al parámetro sigue bloqueado. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>XXX</b>: El acceso al parámetro está desbloqueado (se sigue mostrando el código).</li> </ul> Para crear un código de acceso, consulte el manual técnico.	



## Fallos - causas - soluciones

### El variador no arranca y no muestra ningún fallo

- Asegúrese de que las entradas de orden de marcha se accionan según el modo de control elegido.
- Cuando se produce una puesta en tensión o una reinicialización de fallo, ya sea manual o tras una orden de parada, sólo se puede alimentar el motor una vez reiniciadas las órdenes "adelante", "atrás". De lo contrario, el variador mostrará el mensaje "rdY" o "nSt", pero no arrancará.
- Si una entrada está asignada a la función de parada en "rueda libre" y está activa en el estado 0, debe conectarse a + 15 V (gamas E y U) para permitir el arranque del variador.

### El variador no arranca y el visualizador está apagado

- Verifique que haya tensión de red en los bornes del variador.
- Desconecte todas las conexiones en los bornes U, V y W del variador:
  - Verifique que no exista un cortocircuito entre una fase y la conexión a tierra en el cableado del motor o en el propio motor.
  - Verifique que no haya una resistencia de frenado conectada directamente en los bornes PA/+ y PC/-. Atención: si éste era el caso, sin duda el variador habrá resultado dañado. Es obligatorio utilizar un módulo de frenado entre el variador y la resistencia.

### Fallos mostrados

La causa del fallo debe eliminarse antes del rearme.

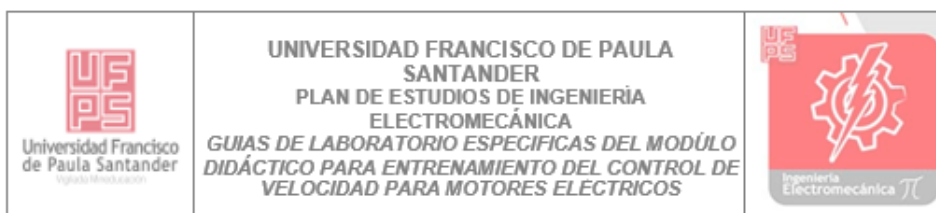
Los fallos ObF, OHF, OLC, OLF, OSF, PHF, SOF y ULF se pueden rearmar a través de una entrada lógica si se ha configurado esta función. Los fallos ObF, OHF, OLC, OLF, OSF, PHF y ULF se pueden rearmar a través de la función de rearmar automático si se ha configurado esta función. Todos los fallos se pueden rearmar desconectando y volviendo a conectar.

Fallo	Solución
C F F Fallo de configuración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuelva al ajuste de fábrica o a la configuración guardada si es válida. Véase el parámetro FCS del menú FUN.</li> </ul>
C r F Circuito de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustituya el variador.</li> </ul>
I r F Fallo interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique las condiciones ambientales (compatibilidad electromagnética).</li> <li>• Sustituya el variador.</li> </ul>
D b F Sobretensión en deceleración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frenado demasiado brusco o carga arrastrante, aumente el tiempo de deceleración, añada un módulo y una resistencia de frenado si es necesario y active la función brA si es compatible con la aplicación.</li> </ul>
D C F Sobreintensidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rampa demasiado corta, compruebe los ajustes.</li> <li>• Inercia o carga demasiado alta, compruebe el dimensionamiento motor/variador/carga.</li> <li>• Bloqueo mecánico, compruebe el estado de la mecánica.</li> </ul>
D H F Sobrecarga del variador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compruebe la carga del motor, la ventilación del variador y las condiciones del entorno. Espere a que se enfríe para volver a arrancarlo.</li> </ul>
D L C Sobrecarga de corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de corriente superior al umbral de sobrecarga LOC.</li> <li>• Compruebe el valor de los parámetros LOC y tOL en el menú FLt (véase la página 61).</li> <li>• Compruebe la mecánica (desgaste, resistencia mecánica, lubricación, obstáculos, etc.).</li> </ul>
D L F Sobrecarga del motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique los ajustes de la protección térmica del motor y compruebe la carga del mismo. Espere a que se enfríe para volver a arrancarlo.</li> </ul>
D S F Sobretensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique la tensión de red.</li> </ul>
P H F Fallo de fase de la red	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta protección actúa únicamente en carga.</li> <li>• Compruebe la conexión de potencia y los fusibles.</li> <li>• Rearme.</li> <li>• Compruebe la compatibilidad red/variador.</li> <li>• En caso de carga con equilibrado, inhiba el fallo por IPL = nO (menú FUN).</li> </ul>
S C F Cortocircuito del motor, fallo de aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique los cables de conexión del variador al motor y el aislamiento del motor.</li> </ul>

Fallo	Solución
<i>SDF</i> sobrevelocidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inestabilidad, compruebe los parámetros del motor, la ganancia y la estabilidad.</li><li>• Carga arrastrante demasiado fuerte, añada un módulo y una resistencia de frenado y compruebe el dimensionamiento motor/variador/carga.</li></ul>
<i>ULF</i> subcarga de corriente	Nivel de corriente inferior al umbral de subcarga LUL. <ul style="list-style-type: none"><li>• Compruebe el valor de los parámetros LUL y tUL en el menú FLt (véase la página 62).</li></ul>
<i>USF</i> Subtensión	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verifique la tensión y el parámetro de tensión.</li></ul>



## Anexo 3. Guías de Laboratorio



### VARIACIÓN DE VELOCIDAD POR PWM

#### 1. Introducción:

La variación de velocidad en motores de corriente directa se puede realizar por medio del control de ancho de pulso de una señal de voltaje directo.

$$D = \frac{T_{on}}{\pi}$$

A esa variación del ancho de pulso se le llama relación de trabajo(D) donde  $T_{on}$  es el tiempo en que dura la señal en el periodo positivo y  $\pi$  es el periodo de la señal.

#### 2. Título de la práctica

OBTENCIÓN DE LA RELACION DE TRABAJO DEL PWM.

#### 3. Objetivo General

Obtener el PWM de la señal del motor DC

#### 4. Objetivos específicos

- a. Seleccionar la máquina DC con que se va a trabajar
- b. Identificar sus bornes, conexiones.
- c. Realizar las conexiones propuestas en esta guía.
- d. Realizar las pruebas solicitadas.
- e. Analizar y evaluar los resultados.

#### 5. Equipo necesario

- a. Máquina DC a probar, puede ser motor instalado en el módulo didáctico o un motor externo
- b. Módulo didáctico para el entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos, Fuentes de potencia, auxiliares, reóstato y cableado.
- c. Osciloscopio.
- d. Guía del laboratorio.

## 6. Obtención de la relación de trabajo (D) con osciloscopio

Para la obtención de la relación de trabajo debe realizar las siguientes conexiones:

- Identifique la entrada principal de voltaje del módulo didáctico
- Identifique la toma de voltaje del módulo y utilice los cables banana-banana para conectar la toma 220V a la entrada de la fuente de 24 voltios (ver figura 1).
- Identifique las salidas de la fuente del módulo didáctico y con cables banana-banana conéctelas con la entrada del PWM respetando los signos.
- Identifique las salidas del PWM y conéctelas con los pines del motor DC.
- Active el totalizador del módulo (El piloto debe encender)
- Conecte las puntas del osciloscopio a las terminales del motor DC.
- Llene la Tabla 1 con los valores pedidos.



Figure 1 Módulo didáctico para entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECÁNICA  
GUIAS DE LABORATORIO ESPECIFICAS DEL MODULO  
DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE  
VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS



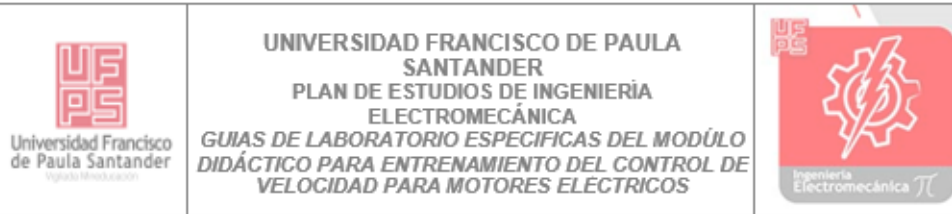
Voltaje aplicado	Tiempo $T_{on}$	D
$V_1$	$T_{on1}$	D1
$V_2$	$T_{on2}$	D2
$V_3$	$T_{on3}$	D3
$V_4$	$T_{on4}$	D4
$V_5$	$T_{on5}$	D5
$V_6$	$T_{on6}$	D6

Tabla 1

### 7. Homework o trabajo individual

Como trabajo individual, se solicita a los estudiantes investigar cómo se puede hallar la potencia del motor dc con cada variación de la relación de trabajo D

*NOTA: Para esta práctica el alumno no entregará informe de laboratorio, los datos consignados acá con el nombre de la práctica se llevarán en un cuaderno de laboratorio de forma individual, la tarea o trabajo individual se presentará al profesor en dicho cuaderno o agenda.*



## GUIA #2 CONEXIÓN DEL VARIADOR ALTIVAR PARA CAMBIAR EL SENTIDO DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO.

### 1. Introducción:

En la industria encontramos gran variedad de dispositivos que controlan la velocidad de los motores llamados variador de velocidad o de frecuencia. Por eso es importante conocer los conceptos básicos de programación y de conexión de estos dispositivos.

### 2. Título de la práctica

CONEXIÓN A 3 HILOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA ALTIVAR PARA CAMBIO DE SENTIDO DE GIRO.

### 3. Objetivo General

Conectar el variador Altivar 11 a 3 hilos para cambiar el sentido de giro de un motor trifásico por medio de un control todo o nada conectado a las entradas del variador Altivar 11

### 4. Objetivos específicos

- f. Seleccionar la máquina AC con que se va a trabajar
- g. Identificar sus bornes, conexiones.
- h. Realizar las conexiones propuestas en esta guía.
- i. Realizar la programación del variador.
- j. Analizar y evaluar los resultados.

### 5. Equipo necesario

- e. Motor Trifásico AC
- f. Módulo didáctico para el entrenamiento del control de velocidad para motores eléctricos, cables de conexión, manual de uso del módulo y manual de usuario del variador altivar 11.
- g. Motor Trifásico de 1/8 Hp instalado en el modulo
- h. Guía del laboratorio.

## 6. Conexión a 3 hilos del variador Altivar 11

Para la conexión del variador siga los siguientes pasos:

- Identifique la entrada principal de voltaje del módulo didáctico y conéctelo a un Toma de 220V.
- Identifique la toma de voltaje del módulo y utilice los cables con punta banana-pin y conéctelos a la entrada del variador, si es necesario siga las instrucciones del manual de usuario.
- Identifique los cables de motor trifásico y conéctelos a las bornes de salida del variador, si es necesario siga las instrucciones del manual de usuario.
- Utilice cables tipo Banana-pin para conectar las entradas del variador como indica la figura 1.
- Después de conectado el variador accione el breaker (deberá encender la luz del piloto)
- Programa el variador altivar 11 según el manual de usuario para la conexión a 3 hilos.
- Compruebe el funcionamiento accionando los pulsadores.
- Cambie el sentido de giro del motor accionando los pulsadores del módulo.

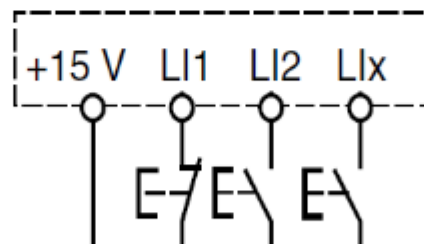


Figure 2 Conexión a 3 hilos



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA  
SANTANDER  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA  
GUIAS DE LABORATORIO ESPECIFICAS DEL MODULO  
DIDÁCTICO PARA ENTRENAMIENTO DEL CONTROL DE  
VELOCIDAD PARA MOTORES ELÉCTRICOS



### 7. Homework o trabajo individual

Como trabajo individual, se solicita a los estudiantes investigar cómo puede variar no solo el sentido de giro del motor trifásico si no también su velocidad.

*NOTA: Para esta práctica el alumno no entregará informe de laboratorio, los datos consignados acá con el nombre de la práctica se llevarán en un cuaderno de laboratorio de forma individual, la tarea o trabajo individual se presentará al profesor en dicho cuaderno o agenda.*