

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO VARIADOR DE VELOCIDAD PARA
MOTORES AC EN EL LABORATORIO DE S.A.C DEL T.P.B.I.U**

**JORGE MARIO BARRERA ARENAS
JORGE HERNÁN OROZCO CASTAÑEDA
JALVIS JOSÉ MARTÍNEZ ESTRADA**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA
MEDELLÍN – COLOMBIA**

2012

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO VARIADOR DE VELOCIDAD PARA
MOTORES AC EN EL LABORATORIO DE S.A.C DEL T.P.B.I.U**

**JORGE MARIO BARRERA ARENAS
JORGE HERNAN OROZCO CASTAÑEDA
JALVIS JOSÉ MARTÍNEZ ESTRADA**

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Electrónica

Asesor

Carlos Alberto Monsalve Jaramillo

Especialización en sistemas automáticos de control

TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA

TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

MEDELLÍN - COLOMBIA

2012

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	5
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	7
3.1 OBJETIVO GENERAL	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. REFERENTES TEÓRICOS	8
4.1 VARIADORES DE VELOCIDAD.....	8
4.2 SIEMENS MICROMASTER 440.....	11
4.3 MOTORES AC.....	14
4.4 TERMOCUPLAS.....	20
5. METODOLOGÍA.....	26
5.1 TIPO DE PROYECTO.....	26
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
5.3 EL MÉTODO.....	26
5.4 TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION:.....	26
5.4.1 Fuentes primarias:	26
5.4.2 Fuentes secundarias:	26
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	27
7. CONCLUSIONES	31
8. RECOMENDACIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA	33
CIBERGRAFÍA	34
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variador de velocidad MICROMASTER 440.....	13
Figura 2. Diagrama de bloques MICROMASTER 440.....	14
Figura 3. Placa característica de motor AC.....	17
Figura 4. Motor AC.....	19
Figura 5. Curva característica °C termocuplas.....	21
Figura 6. Compensación a cero de termocupla.....	22
Figura 7. Termocupla J.....	23
Figura 8. Transductor PR 5350.....	25
Figura 9. Esquema inicial del proyecto.....	27

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de termocuplas.....	21

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Esquema final del proyecto	35
Anexo B. Plano conexiones eléctricas del modulo.	36
Anexo C. Montaje MICROMASTER 440 en perfil.	37
Anexo D. Ajuste por defecto para funcionamiento mediante panel BOP.	38
Anexo E. Especificaciones MICROMASTER 440.....	38
Anexo F. Características MICROMASTER 440.	41
Anexo G. Manual de usuario.....	44

INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido al crecimiento de la globalización de la economía, el sector industrial debe estar actualizado a nivel tecnológico para poder entrar en competencia entre las empresas del área. Por consiguiente tecnologías como los Variadores de Velocidad (los cuales permiten variar la velocidad de motores manteniendo su eficiencia) son necesarias porque permiten tener mejor control sobre los procesos industriales y por consiguiente la calidad del producto final será mejor.

En Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria con 73 años formando profesionales en diferentes áreas tecnológicas, en la actualidad no cuenta con un laboratorio adecuado para las prácticas de Sistemas Automático de Control (S.A.C) dejando vacíos teórico prácticos en los conocimientos adquiridos por la comunidad estudiantil.

Lo que se pretende con este trabajo es mejorar las condiciones de aprendizaje de los estudiantes para proporcionar y fortalecer el desempeño tanto en las prácticas que se proponen en el curso como en el ámbito laboral.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

La institución ha venido dictando la asignatura Sistemas Automáticos de Control con deficiencias en las prácticas, que no cumplen con los objetivos propuestos en la guía presentada por el docente al principio del semestre, debido a que los laboratorios no se encuentran actualizados.

En estos momentos los estudiantes al terminar esta asignatura están saliendo con falencias ya que no conocen este tipo de dispositivos cuando llegan al sector industrial.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Con la implementación del módulo variador de velocidad en el laboratorio de Sistemas Automáticos de Control (S.A.C), se busca mejorar las prácticas en la Institución y el conocimiento de los estudiantes?

2. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo tiene como finalidad mejorar las prácticas de la asignatura Sistemas Automáticos de Control, dictada en las tecnologías de Electrónica, Eléctrica y Electromecánica.

La importancia de este trabajo consiste en enriquecer el conocimiento de los estudiantes de la asignatura Sistemas Automáticos de control y por ende el desempeño en el ámbito laboral, dar a conocer la programación de estos dispositivos y también la forma de poder encadenarlos con otros sistemas compatibles con esta tecnología, para mejorar, agilizar y tener un control más eficiente sobre los diferentes procesos industriales; por último para que los estudiantes se relacionen con estas tecnologías y su aplicación en la automatización de procesos industriales.

Este trabajo va a tener un impacto metodológico, porque es mejorar la forma de aplicar los conocimientos en esta asignatura.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un módulo variador de velocidad para motores AC en el laboratorio de S.A.C del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria, que permita mejorar la forma del aprendizaje de la asignatura Sistemas Automáticos de Control.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar y programar el esquema físico del módulo variador de velocidad con el fin de facilitar el aprendizaje, agilizando las prácticas requeridas en esta asignatura.

Montar todos los elementos físicos que componen el módulo variador de velocidad en la estructura de acuerdo al diseño expuesto.

Describir en un manual el paso a paso que se requiere para poner en marcha cada una de las prácticas que se van a implementar y además donde esté explicado claramente el funcionamiento genérico del módulo variador de velocidad completo.

4. REFERENTES TEÓRICOS

Para realizar este trabajo se elaboro un banco de prueba con la posibilidad de desarrollar una amplia gama de aplicaciones a nivel industrial aplicando tecnologías de punta.

En este espacio de referentes teóricos se da a conocer nociones básicas de electrónica de potencia y sus aplicaciones con dispositivos ya desarrollados a nivel comercial.

En la actualidad el avance tecnológico a cobrado gran importancia, sustituyendo paulatinamente los viejos métodos de control de velocidad a las maquinas rotativas (motores), optimizando el rendimiento de estas.

Es así como el uso de estos convertidores permite el control exacto y preciso del movimiento de los motores, para dar así un mejor uso de estos a nivel industrial dando como resultado ahorros energéticos, optimización de mantenimiento, mayor conservación de las maquinas.

4.1 VARIADORES DE VELOCIDAD.

Es un dispositivo electrónico para control de velocidad¹ de motores de corriente alterna asíncronos, está compuesto por una serie de tarjetas electrónicas distribuidas en varias etapas, una etapa de control y programación, otra etapa de potencia y por ultimo una etapa de comunicación, para poder tener forma de introducir las instrucciones requeridas y hacer los cambios de velocidad de los motores según el proceso a controlar. Cada una de estas tarjetas tiene dispositivos electrónicos de última tecnología, como lo son microcontroladores y

¹ [Http://www.kbernet.com/palaa](http://www.kbernet.com/palaa).

transistores bipolares o tiristores, siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie, una serie rectificadora que transforma la onda senoidal alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en una onda senoidal, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores programados, todo este proceso se le suele llamar inversor.

Con este dispositivo electrónico² se puede variar la velocidad del motor según la necesidad de la producción hecho en forma automática o manual, sin afectar la potencia de la máquina (motor asíncrono).

La mayoría de las marcas incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, para minimizar los daños de estos por corrientes elevadas, sobre temperatura, pérdida de fase, defectos a tierra, etc, además de ofrecer procesos de arranque y frenados suaves mediante rampas de aceleración y frenado, lo que redundará en un aumento de vida del motor y las instalaciones.

Como debe saberse, el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones, además aportan los siguientes beneficios:

- ✓ Visualización de parámetros de estado del sistema (corriente, voltaje, frecuencia, fallas, alarmas).

² www.kbnet.com/palaa.

- ✓ Protección integral para el mismo y protección para el motor a controlar.
- ✓ Menor desgaste mecánico de las piezas del motor, debido a su arranque controlado.
- ✓ Disminución del consumo de energía.
- ✓ Dispositivo compacto, práctico y fácil de instalar dentro de los armarios de control.
- ✓ Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- ✓ Alto desempeño, flexibilidad para el manejo de varias aplicaciones, alarga la vida útil de las instalaciones y de los motores.
- ✓ Mejora el proceso de control y la calidad del producto.
- ✓ Amplio rango de velocidad, par y potencia. (Velocidades continuas y discretas).
- ✓ Bucles de velocidad.
- ✓ Puede controlar varios motores.
- ✓ Marcha paso a paso (comando JOG).

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control.

Control manual de velocidad, la velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador), posibilidad de variación en el sentido de giro, control automático de velocidad. Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente, esta solución es la ideal para su instalación en las aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

Se compone básicamente de dos placas electrónicas, placa de control, placa de potencia.

Están placas están separadas ya que manejan distintas potencias, teniendo que separar distintas protecciones, cada una de ellas está conectada por separado.

La placa de potencia está alimentada desde la red eléctrica la cual entrega potencia al motor y contiene dispositivos electrónicos de potencia, esta placa varía con la potencia del motor que controla.

4.2 SIEMENS MICROMASTER 440.

El MICROMASTER 440³ es un variador de velocidad para modificar la velocidad de motores trifásicos. Existen modelos disponibles que abarcan un rango de potencia desde 120W para entrada monofásica hasta 75W con entrada trifásica.

Están controlados por microprocesador y utilizan transistores de última generación, para con estos poder controlar los pulsos de frecuencia con el método de modulación por ancho de pulsos, con frecuencia de pulsación seleccionable (PWM), permite un funcionamiento silencioso del motor, ofrece extensas funciones de protección excelentes tanto del convertidor como del motor.

El MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores, también puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo, puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización; sus principales características son:

- ✓ Fácil de instalar.
- ✓ Puesta en marcha sencilla.
- ✓ Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- ✓ Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama de

³ [Http://www.siemens.com](http://www.siemens.com).

extensas aplicaciones.

- ✓ Conexión sencilla de cables relés de salida.
- ✓ Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- ✓ Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- ✓ Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.
- ✓ Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator Panel).
- ✓ Módulo de comunicación PROFIBUS.
- ✓ Limitación rápida de corriente FCL (fast current limitation) para funcionamiento libre de disparos intempestivos.
- ✓ Freno por inyección de corriente continua integrada.
- ✓ Tiempos de aceleración/deceleración con redondeo de rampa programable.
- ✓ Control en lazo cerrado utilizando una función PID (proporcional, integral y diferencial), con auto ajusté.
- ✓ Chopper de frenado incorporado.
- ✓ Rampas de subida y bajada seleccionables.

Se puede conmutar entre 3 juegos de parámetros, permitiendo a un único convertidor controlar varios procesos de forma alternada.

Características de protección:

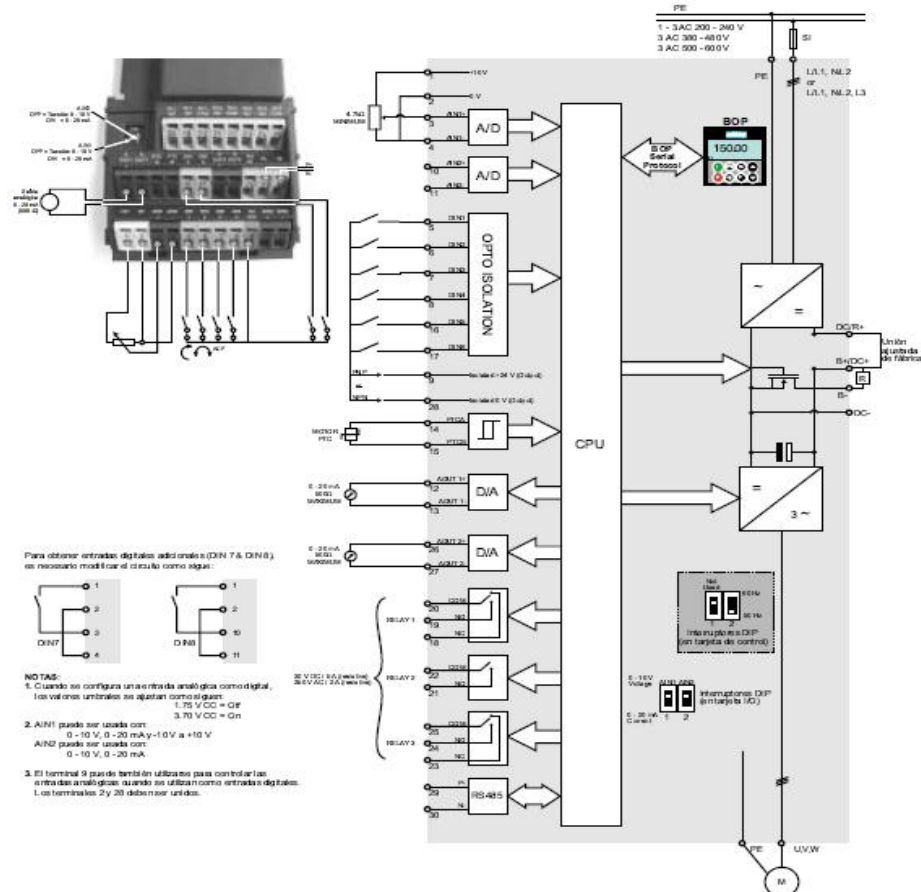
- ✓ Protección de sobretensión/mínima tensión.
- ✓ Protección de sobre temperatura para el convertidor.
- ✓ Protección de defecto a tierra.
- ✓ Protección de cortocircuito.
- ✓ Protección térmica del motor por i t

Figura 1. Variador de velocidad MICROMASTER 440.⁴



⁴ [Http://infonet.siemens.es/apli_industry/formaci3n/micromaster/fenster.html](http://infonet.siemens.es/apli_industry/formaci3n/micromaster/fenster.html).

Figura 2. Diagrama de bloques MICROMASTER⁵ 440



4.3 MOTORES AC.

Hace varios años se viene utilizando en el sector industrial motores asíncronos (también llamados motores de inducción), por su poco mantenimiento y precio favorable.

⁵ [Http://www.siemens.com](http://www.siemens.com).

Inicialmente los motores fueron alimentados directamente desde la red, este sistema es favorable cuando se requiere velocidad fija y constante, pero cuando se necesita de velocidad variable se opta por motores de corriente continua.

La red trifásica que alimenta los motores asíncronos consta de tres conductores o líneas por los que circula la corriente alterna, la corriente alterna cambia su sentido de circulación 120 veces por segundo, es decir que tiene una frecuencia de 60 Hz.

En los tres conductores de la red trifásica circulan corrientes alternas desfasadas entre sí, cuando esta corriente circula dentro de un motor trifásico almacena energía en un elemento llamado bobina, generando un campo magnético giratorio, causando así la rotación del motor.

Cuando se conecta un motor asíncrono se desperdicia corriente desde su parada hasta la aceleración total de su velocidad, esta corriente es muy superior a la que realmente se necesita para su aceleración, dependiendo de la clase de motor, llega a consumir hasta siete veces más de lo necesario para su aceleración. Esta corriente la suministra la red alimentadora, lo que significa que los elementos de protección y el tamaño de los contactores deben estar de acuerdo para ello. En caso de necesitar gran potencia la corriente de arranque provoca una caída de voltaje en la red, lo que causa problemas en otros aparatos eléctricos.

Al conectar, la aceleración y el funcionamiento del motor es totalmente descontrolado en las partes mecánicas que se mueven produciendo un impulso o choque brusco. Esto significa mayor desgaste mecánico y daño de productos al mover, lo que se solucionaría con diseños mecánicos muy costosos.

En el caso de regulación mecánica de flujo o caudal, para aplicaciones con bombas y ventiladores se requiere poder regular el caudal impulsado, lo cual se

logra utilizando partes mecánicas, esto significa derrochar energía ya que el motor siempre funciona su máxima potencia.

Los motores eléctricos⁶ son máquinas compactas, diseñadas según su necesidad y el ambiente donde se va a instalar, entre los motores asíncronos existen muchos en el comercio, según la potencia requerida por el sistema y la fuente de alimentación de la maquina, se pueden clasificar según varios criterios, entre los cuales tenemos; según el numero de devanados en el estator, estos se aplican en el hogar y la industria (bombas, ventiladores, lavadoras, electrodomésticos en general, pequeñas maquinas, herramientas, etc.).

Bifásicos, los cuales tiene dos devanados en el estator, estos devanados están desfasados $\pi / (2P)$, siendo P el número de pares de polos de la máquina, se utilizan para aplicaciones de control de posición.

Trifásicos, estos tienen tres devanados en el estator, estos devanados esta desfasados $2\pi / (3P)$, se utilizan en la industria (tornos, fresadoras, grúas, bombas, compresores, ventiladores, etc.).

Entre sus características normalmente tenemos dos parámetros que muestran directamente sus propiedades; velocidad de rotación, par motor.

La primera indica el número de vueltas con respecto al tiempo que produce el motor y depende completamente de su diseño, del voltaje de alimentación; dando como resultado las revoluciones por minuto (rpm) que corresponde a las unidades de velocidad empleadas a la hora de medir la velocidad de un motor.

⁶ [Http://tuveras.com](http://tuveras.com).

El par motor⁷ indica la fuerza que este tiene y depende lógicamente de la potencia que este posee, así como la velocidad de rotación, este concepto es importante a la hora de elegir un modelo para cualquier aplicación, ya que se define como la fuerza capaz de vencer el motor multiplicada por el radio de giro, esto significa que no es lo mismo mover, por ejemplo, una polea que transmite una fuerza de 10 Kg, con un radio de 5 cm, que con un radio de 10 cm, ya que el par motor será el segundo caso el doble que el primero. Las unidades de medida son el Kg. x cm o bien, el g x cm.

Jaula de ardilla. Los conductores del rotor están igualmente distribuidos por la periferia del rotor, los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por esto no hay posibilidad de conexión del devanado del rotor con el exterior. La posición inclinada de sus ranuras mejora su arranque y disminuye el ruido.

Figura 3. Placa característica de motor AC.

SIEMENS		1LA2063-4AB10	
No UD 9880090-0030-0102			
50 Hz	Δ/Y	230/400V	60 Hz Y 460V
0,18 kW		0,99/0,57A	0,25 kW 0,66 A
cos φ 0,75		1350 1/min	cos φ 0,77 1660 1/min

⁷ [Http://tuveras.com](http://tuveras.com).

En la figura tres podemos observar:

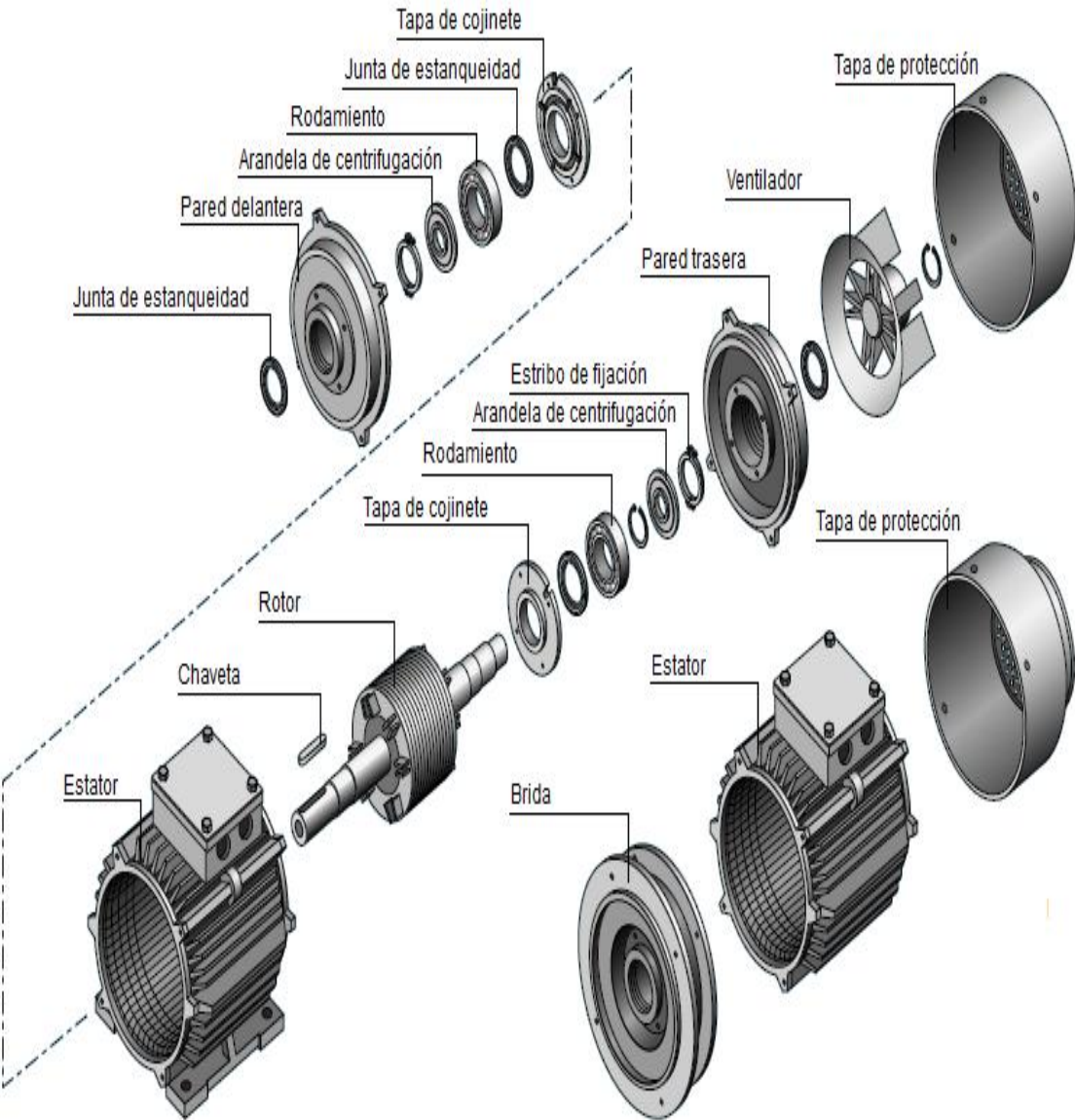
- ✓ Referencia del motor.
- ✓ Número de serie.
- ✓ Frecuencia nominal.
- ✓ Tensión asignada.
- ✓ Potencia nominal.
- ✓ Corriente nominal.
- ✓ Coseno phi.
- ✓ Velocidad nominal.

La referencia del motor asíncrono que utilizaremos en nuestro proyecto es el SIEMENS⁸ 1La7070/4YA60, de alta eficiencia con las siguientes características:

- ✓ 0.5 HP 1590 RPM.
- ✓ 220 VAC.
- ✓ Frecuencia 60HZ.
- ✓ Fuente de alimentación 24 VDC.

⁸ [Http://www.siemens.com](http://www.siemens.com).

Figura 4. Motor AC.



4.4 TERMOCUPLAS.

Las termocupla⁹ son elementos contruidos por la unión de dos metales con coeficientes de temperatura diferentes, que al estar expuestos a cambios bruscos de temperatura, representan este cambio en una señal de mili voltios o en una variación de resistencia según sea el tipo de termocupla. Las más conocidas a nivel industrial y comercial son las tipo j y tipo k, las tipo j están hechas por ejemplo de una unión entre un alambre de de hierro y otro de constantán (aleación cobre níquel), al colocar esta unión a una temperatura de 750 °C debe aparecer en los extremos una señal de voltaje de 42.2 mili voltios. Por lo general estas termocuplas, para poder ser utilizadas a nivel industrial en sus respectivas aplicaciones están provistas de un termo pozo, que es un tubo de acero inoxidable u otro material, en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio.

Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas son del tipo J ó del tipo K. Las termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio).

La termocupla K se utiliza típicamente en fundición y en hornos a temperaturas menores de 1300°C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos. Las termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica.

Finalmente las tipos T eran usadas algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt 100.

⁹ [Http://www.arian.cl](http://www.arian.cl).

Tabla 1. Tipos de termocuplas.

Tc	Cable+ Alineación	Cable- Alineación	°C	Rango v.max (Min, Max) mV
J	Hierro	Cobre/nickel	(-180.750)	42.2
K	Nickel/cromonickel/aluminio		(-180. 1372)	54.8
T	Cobre	Cobre/nickel	(-250.400)	20.8
R	87%Platino 13%Rhodio	100%Platino	(0.1767)	21.09
S	90%Platino 10%Rhodio	100%Platino	(0.1767)	18.68
B	70%Platino 30%Rhadio	94%Platino 6%Rhadio	(0.1820)	13.814

Linealización. La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal, es deber del pirómetro, instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, y hacer las compensaciones requeridas según la termocupla y el cable de conexión de estas, cables debidamente polarizados.

Figura 5. Curva característica °C termocuplas.

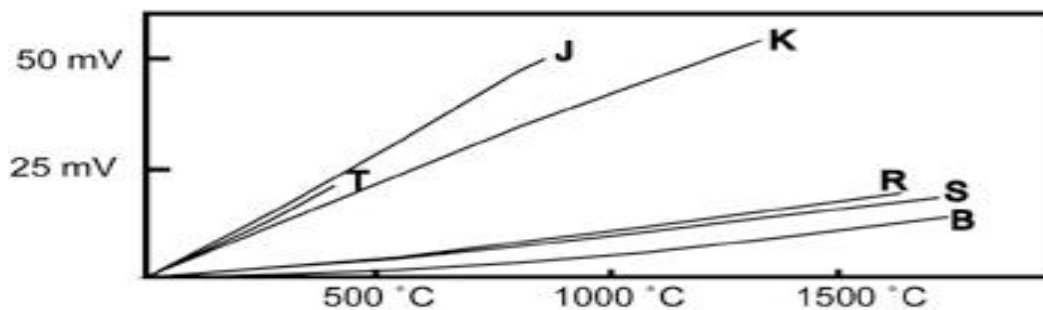
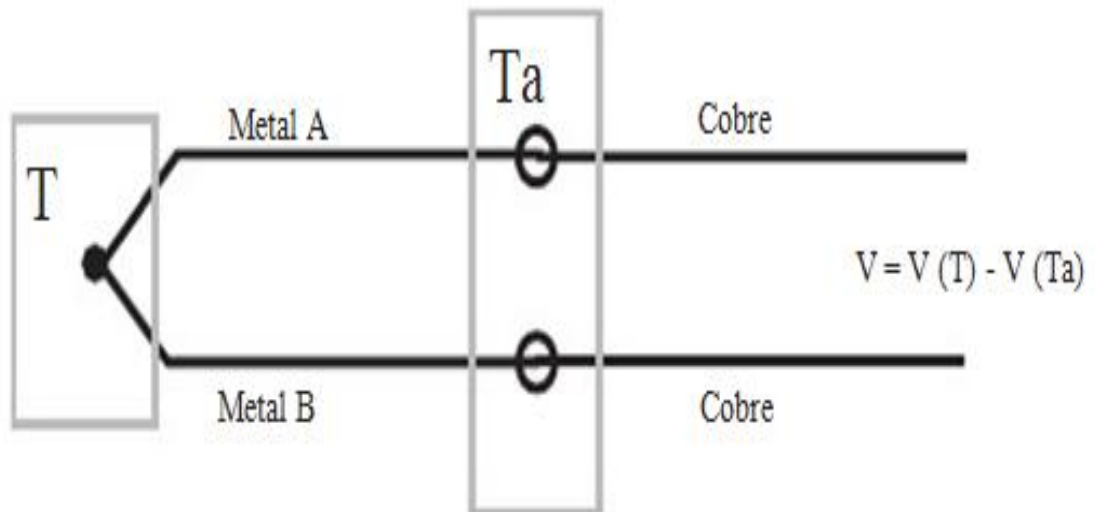


Figura 6. Compensación a cero de termocuplas.



Para verificar que un instrumento de termocupla¹⁰ funciona correctamente, es conveniente hacer un corto ó puente en la entrada de modo que el voltaje se igual a cero, entonces el instrumento deberá marcar la temperatura de ambiente Ta que hay en el conector trasero donde hizo el puente.

El alambre de hierro se puede reconocer con un imán, además el hierro es gris opaco aunque algunas veces estos alambres se recubren con una delgada capa de cobre para evitar oxidación. El constantán (cobre-nickel) es también magnético pero muy levemente, se reconoce mejor porque es plateado brillante.

¹⁰ [Htp://www.arian.cl](http://www.arian.cl).

Figura 7. Termocuplas J.



Los transductores¹¹ se emplean cada vez más, tanto en el sector de calefacción ventilación o climatización, o cualquier otro lugar donde es necesario controlar la temperatura en un proceso de producción. Los transductores de temperatura se diferencian en el principio de medición, hay diferentes modelos disponibles. (Nuestro proyecto tiene incorporado PR 5350 tres hilos), Los transductores que miden la temperatura mediante la radiación infrarroja se usan para determinar la temperatura superficial. Por otro lado existen transductores de temperatura que vigilan por ejemplo la temperatura del aire y la transforma en una señal normalizada. Los transductores de temperatura se suelen conectar a una unidad de control separada, transforman la magnitud física de temperatura en una señal

¹¹ [Htp://www.prelectronics.es](http://www.prelectronics.es).

eléctrica normalizada que se transfiere a un controlador, esto permite por ejemplo, al alcanzar un valor máximo o mínimo una alarma, o encender o apagar una calefacción, las características del transductor Pr 5350 son:

Alta inmunidad a la emisión de ruido, este tipo de perturbación puede venir en convertidores de frecuencia o de fuentes de alimentación conmutadas, este transmisor está probado contra 10 Vrms en el rango de 15 Hz a 100 MHz, de acuerdo, entre otras, con los requerimientos de la industria marítima.

Alta inmunidad al ruido HF: Las perturbaciones transmitidas a través del aire de los teléfonos móviles, walkie-talkies, etc, este transmisor está probado a 10 V/m en la totalidad del rango prescrito (80-1000 MHz).

Alta inmunidad a los transitorios de carga de energía, las perturbaciones vienen, por ejemplo, de contactores. Nuestros transmisores están sometidos a pruebas de sobretensiones, en concreto a una prueba de voltaje de 1 kv en modo diferencial 1 y 2 kv en modo común.

Alta relación señal/ruido de típicamente 80-100 dB correspondiente a una atenuación del ruido con un factor entre 10.000 y 100.000.

La tecnología micro procesada asegura la máxima estabilidad de larga duración <0,15%/0,20% después de 5 años, incluso después de períodos de trabajo prolongados, no es necesario efectuar calibraciones.

El transmisor es capaz de funcionar incluso en los ambientes de mayor humedad, su calibración en un ambiente 100% para valores absolutos en ambientes donde todos los factores ambientales y posibles perturbaciones son eficientemente monitorizados y controlados.

Figura 8. Transductor PR 5350.



5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE PROYECTO.

En este trabajo se implementan varios diseños de aplicaciones de uso corriente en la industria, tratando de sacar el máximo de las bondades del variador de velocidad, con el fin de minimizar las necesidades que posee dicho laboratorio, y establecer posibles soluciones a este tipo de problemática que en la actualidad se presenta.

5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Es aplicada ya que con la implementación de este variador de velocidad los estudiantes y docentes van a poder realizar prácticas propuestas durante el curso.

5.3 EL MÉTODO.

El método utilizado para este trabajo es Inductivo, puesto que partimos de un problema o necesidad observada en el laboratorio de Sistemas Automáticos de control (S.A.C), el cual no cuenta con herramientas o equipos adecuados para la realización de las prácticas.

5.4 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCION DE INFORMACION:

5.4.1 Fuentes primarias: en primera instancia se realizo una observación participante sobre los equipos de aprendizaje en el laboratorio de S.A.C; y detectamos la necesidad de implementar un equipo con características aplicables

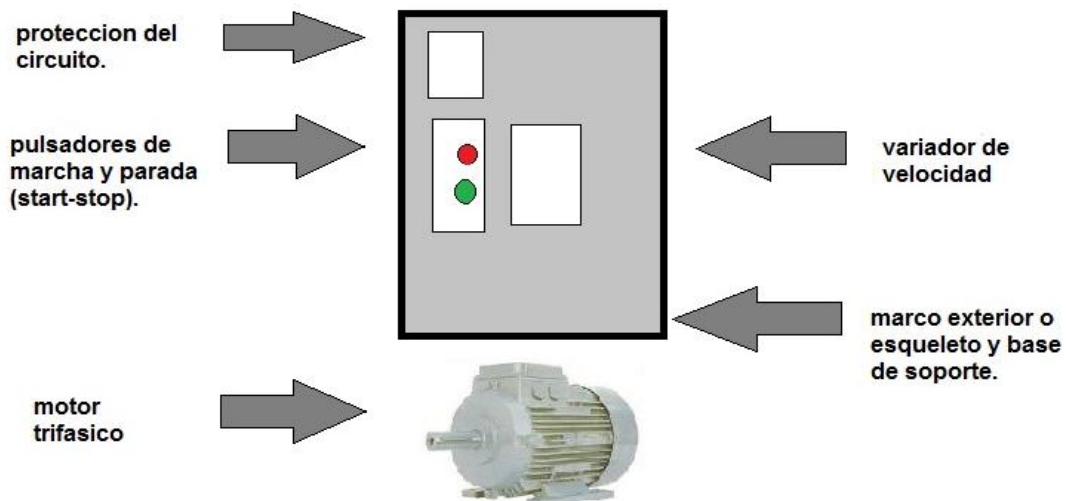
a las prácticas para los estudiantes de las tecnologías relacionadas con el temas de control industrial.

5.4.2 Fuentes secundarias: para resolver los diferentes temas relacionados a este trabajo nos basamos en libros de electrónica, revistas técnicas e Internet.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

Partiendo entonces desde el inicio con esta inquietud y después de enfrentar y lograr vencer varios obstáculos al inicio de nuestras carreras, logramos conformar un grupo de trabajo, con el cual empezamos en los pocos momentos de ocio que nos permitían nuestras labores académicas y laborales a dilucidar sobre este tema, donde cada uno de los integrantes desde sus expectativas hacia sus planteamientos, es entonces en el momento que empezamos a ver materias de la fundamentación tecnológica, como lo fue maquinas eléctricas, nos empezó a llamar la atención la forma como se realizaban los arranques de estos motores y la forma como los controlaban, nos dimos a la tarea de investigar en el medio tecnológico, que tipos de dispositivos electrónicos se estaban utilizando a nivel industrial para este tipo de control, y el que más nos llamo la atención fueron los llamados variadores de frecuencia o drivers, y decidimos ahondar en el tema.

Figura 9. Esquema inicial del proyecto



Después de tener esta parte del problema resuelto, nos enfrentamos a otro obstáculo, donde podríamos aplicar este tipo de tecnología en nuestra institución,

en esos precisos momentos nos encontrábamos recibiendo una asignatura del pensum que era SAC (sistemas automáticos de control), y vimos la posibilidad de implementar esta tecnología en esta materia, puesto que por falta de equipos para practicar, fue demasiado teórica, y uno de los grandes aprendizajes del ser humano es aplicar la teoría a la práctica para así fundamentar y experimentar los conocimientos adquiridos.

Ahora abordamos un problema de dimensiones mayúsculas, que es la forma de financiamiento de este proyecto, debido a los altos costos de estos equipos en el mercado; sumándole a esto la clase de aplicación que se pretendía implementar con este; como personas recursivas y que de ante mano siempre tuvimos presente que algún día llegaríamos a este punto, optamos por disponer de los ahorros que en su momento cada quien tenía, y luego de hacer el respectivo balance dividimos en partes equitativas el faltante para la ejecución del proyecto; teniendo siempre presente un porcentaje de error por si algo nos salía mal, gracias al compromiso del equipo de trabajo, y a las asesorías oportunas en el seminario de grado logramos definir y clarificar este.

Entrándonos más en detalle en la parte de diseño del módulo, fueron muchas las ideas que se tenían para la fabricación de este, ideas que fueron redondeadas por el profesor Carlos Monsalve, el cual unifico criterios y nos dio inclusive unas medidas para tratar de estandarizar este módulo con unos semejantes ya existentes, fue de esta manera como dimos inicio a otro periplo, la consecución de los materiales para la parte física del módulo, (el acrílico, la madera para el marco, los rodachines) y demás elementos que lo componen; como ya se habían comprado los elementos eléctricos, el dinero ya estaba escaso, razón está más que suficiente para ponernos en la tarea de la consecución de estos materiales al menor precio posible, contactando amigos o conocidos que nos ayudaran con lo referente a la madera para el marco, a la fabricación del mismo marco debido a

que en el grupo ninguno tenía estas fortalezas para el trabajo con la madera, gracias a Dios por fin encontramos alguien que nos colaboro con el corte y nos dio las directrices necesarias para el ensamble de este marco de forma segura, después de rebajar el precio inicialmente concretado en varias oportunidades, después de haber superado estos inconvenientes, procedimos a investigar , y empleando las habilidades de cada uno de los compañeros, empezamos con una lluvia de ideas con respecto a la presentación física diseño eléctrico y el cableado punto por punto de cada uno de los elementos que intervienen en el modulo, tarea que estaba algo dispendiosa, puesto que en el momento que se nos presentaba alguna duda, era mejor recurrir a la asesoría de personal experto a no tener que asumir el costo de uno de estos elementos, es por esto que siempre tuvimos la precaución de consultar hasta la saciedad frente a estas dudas y así también mejorar el aprendizaje nuestro, esto mismo toco hacer en cierta parte de la programación las aplicaciones por desconocimiento de todos los parámetros requeridos para el correcto funcionamiento de estas; para poder finalmente concluir esta labor, no sin antes esperar que sea de gran utilidad para las futuras generaciones de tecnólogos egresados del IUTPB.

7. CONCLUSIONES

Con el montaje de los dispositivos que tiene el módulo los estudiantes podrán irse familiarizando con este tipo de elementos , que son de uso común a nivel industrial, no solo con variadores de velocidad, sino con otros tipos de dispositivos de control como son los PLC, y así tener la forma de implementar controles más sofisticados e hacer la integración del control que es lo que en el momento se está haciendo en la industria..

Al implementar este tipo de módulos y dar a conocer las ventajas tecnológicas que estos ofrecen, con la facilidad de programación, siguiendo el paso a paso de los manuales, los estudiantes que tengan afinidad con la parte de control automático tendrán las herramientas necesarias para ampliar sus conocimientos sobre este tema complementando esta investigaron debido a la amplia gama de aplicaciones que tienen estos dispositivos.

Este tipo de tecnologías de variadores de velocidad en general están presentes en las grandes industrias por el ahorro energético que estas dan, además reemplazando de forma contundente y definitiva los arranques tradicionales de máquinas rotativas conectadas directamente a la red energética.

8. RECOMENDACIONES

Adquisición del software STARTER herramienta utilizada en la programación de este tipo de dispositivos de forma más ágil, por medio de una PC.

Implementación de los módulos PROFIBUS DP, compatibles con esos variadores, para en un futuro integrar estas aplicaciones y poder comunicarlas con otros dispositivos en tiempo real y monitorear todas las variables que se nos permiten controlar y medir en los sistemas de control.

BIBLIOGRAFÍA

HARPER, Gilberto Enriquez Control de Motores Eléctricos [Libro]. Maloney Timothy Electrónica industrial moderna [Libro]. - Mexico : Pearson, 2006. - Vol. 5ta Edicion.

Siemens Convertidores MICROMASTER 410/420/430/440. 0.12Kw a 250 Kw [Libro]. - 2002. - Catálogo DA 51.2.

CIBERGRAFÍA

[Http://infonet.siemens.es/apli_industry/formación/micromaster/fenster.html](http://infonet.siemens.es/apli_industry/formación/micromaster/fenster.html).ht

[Http://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1](http://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1).

<http://www.siemens.com>.

<http://www.preelectronics.com>

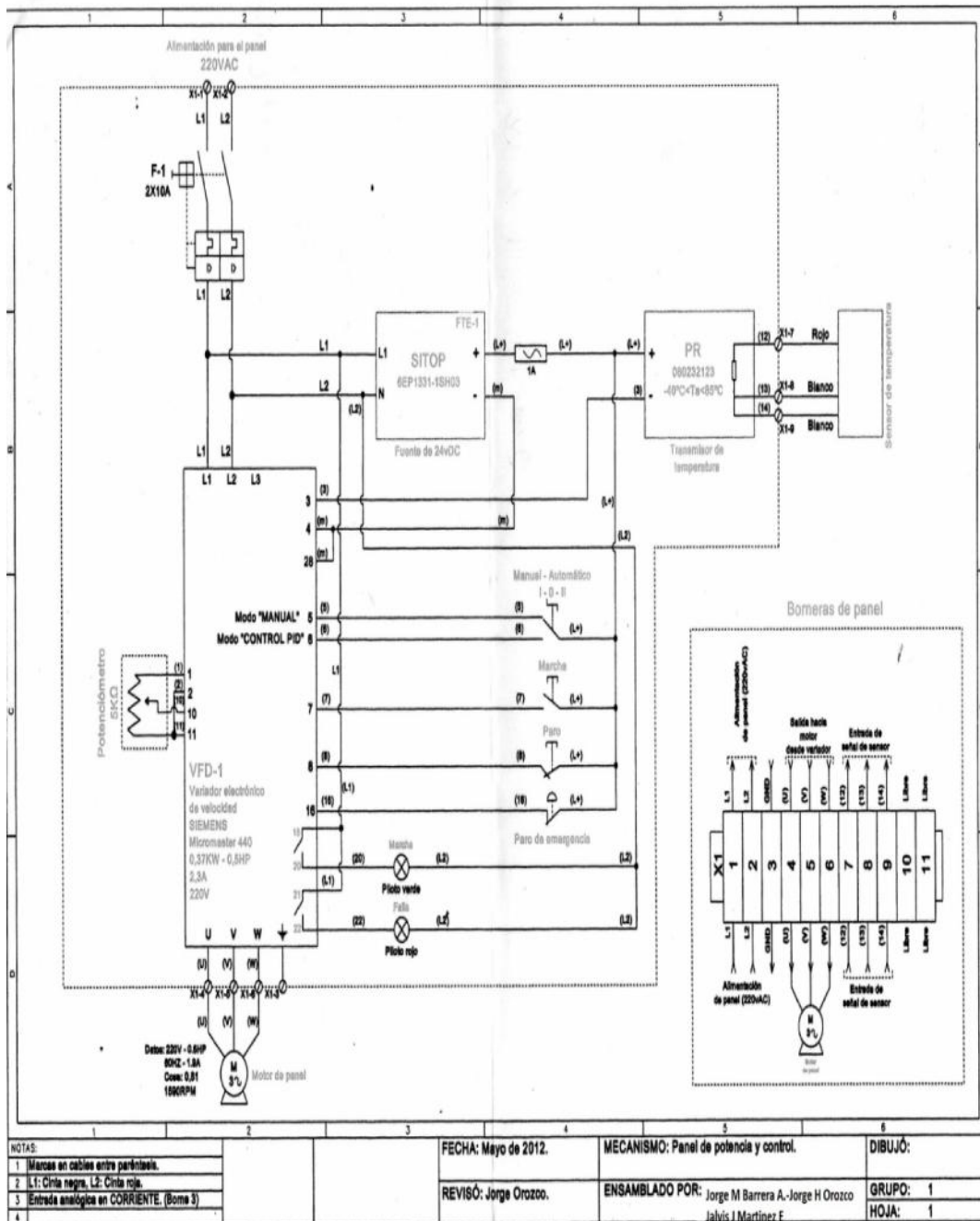
[Http://tuveras.com](http://tuveras.com)

[Http://www.arial.cl](http://www.arial.cl)

Anexo A. Esquema final del proyecto



Anexo B. Plano conexiones eléctricas del modulo.



Anexo C. Montaje MICROMASTER 440 en perfil.



Empujar el convertidor hacia el carril; el anclaje debería hacer un click al encajar, desmontar el convertidor del carril. Para desenganchar el convertidor insertar un destornillador en el mecanismo de liberación del convertidor aplicando una presión hacia abajo se desengancha el anclaje inferior para carril, se retira el convertidor del carril. Como podemos observar la instalación del variador de velocidad MICRO MASTER 440 es una manera muy practica y sencilla para el usuario. La parte que exige un poco más de rigor es el cableado de los dispositivos electrónicos que componen el módulo del variador de velocidad.

Anexo D. Ajuste por defecto para funcionamiento mediante panel BOP.

parámetro	significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
PO100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, KW (60 Hz, hp)
PO307	Potencia nominal del motor	Las unidades (KW o Hp) dependen del ajuste de PO100 (Valor dependiente de la variante.)
PO310	Frecuencia nominal del motor	50 Hz (60 Hz)
PO311	Velocidad nominal del motor	1395 (1680) rpm (dependiendo de la variante)
P1082	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

Anexo E. Especificaciones¹² MICROMASTER 440.

Ref.	2AB1	2AB1	2AB1	2AB1	2AB1	2AB2	2AB2	2AB2	2AB2
6SE644	1	2	3	5	7	1	1	2	3
0-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2AA0	5AA0	7AA0	5AA0	5AA0	1BA0	5BA0	2BA0	0CA0
Pot. Nom. (KW)	0.12	0.25	0.37	0.55	0.75	1.1	1.5	2.2	3.0
Mt. (hp)	0.16	0.33	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0

¹² [Htp://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1](http://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1).

Pot. de salida (KVA)	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.4	3.2	4.6	6.0
Máx. (I) salida (A)	0.9	1.7	2.3	3.0	3.9	5.5	7.4	10.4	13.6
(I) de entrada (A)	1.4	2.7	3.7	5.0	6.6	9.6	13.0	17.6	23.7
Fusible (A)	10	10	10	16	16	20	20	25	32
Sección mín. (mm2)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	2.5	4.0
Cable entrada (awg)	17	17	17	17	17	17	15	13	11
Sección máx. (mm2)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	6.0	6.0	6.0	10.0
Cable entrada (awg)	13	13	13	13	13	9	9	9	7
Sección mín. (mm2)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

Cable s. (awg)	17	17	17	17	17	17	17	17	15
Sección máx. (mm2)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	6.0	6.0	6.0	10.0
Cable salida (awg)	13	13	13	13	13	9	9	9	7
Peso (Kg)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	3.4	3.4	3.4	5.7
(Lbs.)	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	7.5	7.5	7.5	12.5
ancho (mm)	73.0	73.0	73.0	73.0	73.0	149.0	149.0	149.0	185.0
Dim. Alto (mm)	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	202.0	202.0	202.0	245.0
Prof. (mm)	149.0	149.0	149.0	149.0	149.0	172.0	172.0	179.0	195.0
Alto (")	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	7.95	7.95	7.95	9.65

Prof.(“)	5.87	5.87	5.87	5.87	5.87	6.77	6.77	6.77	7.68
----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Anexo F. MICROMASTER¹³ 440.

Características	Especificación
Tensión de red y márgenes de potencia	CT 1 AC 200 a 240 V ± 10% 3 AC 200 a 240 V ± 10% VT CT 3 AC 380 a 480 V ± 10% VT CT 3 AC 500 a 600 V ± 10% VT
Frecuencia de entrada	47 a 63 Hz
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz
Factor de potencia	0.7
Rendimiento del convertidor	96 a 97 %
Capacidad de sobrecarga (par constante(CT))	50 % de sobre carga durante 60 s en un periodo de 5 min o 100 % de sobre carga durante 3 s en un periodo de 5 min referido a la corriente nominal de salida
(I) de arranque	Inferior a la corriente nominal de entrada

¹³ [Htp://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1](http://www.support.automation.siemens.com/...MM440_OPI_SPAN_B1).

Método de control	Control V/f lineal; Control V/f lineal con Flux Current Control (FCC); U Control V/f cuadrático; Control V/f multipunto; Control V/f lineal con modo ECO; Control V/f para aplicaciones textiles; Control V/f con FCC para aplicaciones textiles; Control V/f con consigna de tensión independiente; Sensorless Vector Control; Sensoless Vector Torque Control
Frecuencia de pulsación	2 kHz a 16 kHz (en pasos de kHz)
Frecuencias fijas	15, parametrizable
Frecuencias inhibibles	4, parametrizable
Resolución de consigna	0.01 Hz digital, 0.01 Hz serie, 10 Bits analógica (potenciómetro motorizado 0.1 Hz(0.1%(en modo PID)))
Entradas digitales	6, parametrizable (libre de potencial), conmutables entre activa con high/activa con low (PNP/NPN)
Entrada analógica 1	0-10 V, 0-20 mA y -10 V a +10 V
Entrada analógica 2	0-10 V y 0-20 mA
Salidas de relé	3, parametrizable 30 V DC/5 A (carga resistiva), 250 V AC 2 A(carga inductiva)
Salida analógica	2, parametrizable (0 a 20 mA)
Interface serie	RS-485, opcionales RS-232
Compatibilidad electromagnética	Filtros CEM opcionales según EN55011 clase A o B, y también disponibles filtros clase A internos
frenado	Por inyección de cc, combinado y dinámico
Grado de protec.	IP 20

Margen de temperatura	Par constante (CT) Par variable (VT)	-10 °C +50 °C (14 °F a 122 °F) -10 °C +40 °C (14 °F a 104 °F)
Temperatura de almacenamiento	-40 °C +70 °C (-14 °F a 158 °F)	
Humedad relativa	< 95 % (sin condensación)	
Altitud de operación	Hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducción de potencia	
Características de protección	Mínima tensión, sobretensión, sobrecarga, defecto a tierra, cortocircuito, protección basculante, protección de bloque del motor, sobretemperatura en motor, sobretemperatura en convertidor, bloque de parámetros	
Normas	UL, cUL, CE, C-tick	
Mercado CE	De acuerdo con las directivas europeas “Baja tensión” 73/23/CEE y “compatibilidad electromagnética” 89/336/CEE	