



CARACTERIZACIÓN DE CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TRIFÁSICOS EMBEBIDOS
EN RELACION CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS CONSUMOS DE SU CARGA

Desarrollo tecnológico

Juan Felipe Guerrero Aragón
1098785200

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga y fecha (13/02/2023)



**CARACTERIZACIÓN DE CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TRIFÁSICOS EMBEBIDOS
EN RELACION CON LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS CONSUMOS DE SU CARGA**

Modalidad Desarrollo Tecnológico

Juan Felipe Guerrero Aragón
1098785200

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electromecánico**

DIRECTOR

Licenciado MILTON REYES JIMENEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE ENERGÍA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
(GISEAC).

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías**

**Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga, y fecha de presentación:
Bucaramanga y fecha (13/02/2023)**

Nota de Aceptación Documento final aprobado en acta 09 de 24 de marzo 2023 del
comité de proyectos de grado de Ingeniería Electromecánica

Nota de Aceptación



Firma del Evaluador



Firma del Director

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la oportunidad a Dios por permitirme llegar a este punto de mi carrera donde con mucho esfuerzo por parte de mis padres y familiares se logró culminar mis estudios.

Agradezco a mi abuela quien es una parte fundamental en toda mi vida y quiero que siempre me vea crecer, como profesional y persona.

Por último, Agradezco a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencias durante el transcurso de la carrera tanto la parte tecnológica como la profesional.

Felipe

DEDICATORIA

Dedico mi carrera a mis padres y a mi abuela quienes me apoyaron en cada momento de mi paso por la universidad y en la carrera Ingeniería electromecánica que por gusto elegí, agradezco el esfuerzo que realizaron para poder alcanzar este punto como es la culminación de mis estudios y verme ser todo un Ingeniero electromecánico, deseo que siempre se sientan muy orgullosos de mis logros.

Como también dedico este logro tan grande a mí, porque varias veces pensé en desistir la carrera de mis sueños, pero seguí adelante y ahora estoy a un paso de lograrlo.

Felipe

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	11
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	17
2. MARCO REFERENCIAL	19
2.1. CONVERTIDORES DE FRECUENCIA TRIFÁSICOS.	19
2.1.1. ETAPA RECTIFICADORA:.....	19
2.1.2. ETAPA DE ENLACE.....	19
2.1.3. ETAPA CONVERTIDORA.....	20
2.2. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA ALTIVAR 320.....	20
2.3. AHORRO DE ENERGÍA, EL USO DE LOS ACCIONAMIENTOS DE VELOCIDAD VARIABLE	22
2.4. APLICACIONES DEL USO DE LOS ACCIONAMIENTOS DE VELOCIDAD VARIABLE DENTRO DE UNA PLANTA.....	23
2.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE BOMBEO	24
2.6. VARIADORES DE VELOCIDAD EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	25
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....	27
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	27
3.2. MÉTODO Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	28
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	29
4.1. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA ALTIVAR MACHINE ATV320.....	29

4.2.	BORNERAS DE POTENCIA Y CONTROL DEL CONVERTIDOR ALTIVAR 320	30
4.3.	ENTRADAS LÓGICAS	31
4.4.	SOFTWARE ALTIVAR 320	32
4.5.	LAS FUNCIONES DE SEGURIDAD DE PDS (SR)	33
	VARIADOR SIMPLE DE ACUERDO CON LAS NORMAS IEC 61508 E IEC 60204-1 - CASO 1.....	33
	VARIADOR SIMPLE DE ACUERDO CON LAS NORMAS IEC 61508 E IEC 60204-1 - CASO	34
4.6.	EXPLORACIÓN SOFTWARE SOMEVE.....	35
4.7.	DESARROLLO DE APLICACIONES.....	39
4.8.	EFICIENCIA ENERGÉTICA ALTIVAR 320	44
5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>46</u>
5.1.	PRIMER DESARROLLO.....	46
5.2.	SEGUNDO DESARROLLO.	47
5.3.	TERCER DESARROLLO.....	49
5.4.	CUARTO DESARROLLO.	51
6.	<u>CONCLUSIONES.</u>	<u>54</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>56</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u>	<u>57</u>
9.	<u>ANEXOS.....</u>	<u>58</u>
	<u>PUESTA EN MARCHA BÁSICA ALTIVAR 320.....</u>	<u>58</u>
	<u>CREAR ENTRADA DE LA RED Y DEL VARIADOR</u>	<u>58</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Etapas de un convertidor de frecuencia	20
Figura 2 Variador convertidor Altivar 320	26
Figura 3 Altivar320 Machine A	30
Figura 4 Montaje Altivar320 Machine A.....	30
Figura 5 Borneras de potencia y mando convertidor Altivar 320	31
Figura 6 Diagrama de conexión potencia y mando convertidor Altivar 320	34
Figura 7 Pantalla inicio de Software	35
Figura 8 Pantalla DTM de Software	35
Figura 9 Pantalla Agregar referencia del Equipo	36
Figura 10 Pantalla Menú de Trabajo del Equipo	37
Figura 11 Pantalla Descarga y carga de parámetros	37
Figura 12 Pantalla Plataforma de trabajo	38
Figura 13 Pantalla acoplamiento de Variador con Software	38
Figura 14 Pantalla opciones de descargue	39
Figura 15 Pantalla Selección variador proyecto	40
Figura 16 Pantalla Selección variador proyecto	40
Figura 17 Pantalla Selección variador proyecto	41
Figura 18 Pantalla Selección variador proyecto	41
Figura 19 Pantalla Selección variador proyecto	42
Figura 20 Pantalla Selección variador proyecto	43
Figura 21 Pantalla Selección variador proyecto	43
Figura 22 Pantalla Selección variador proyecto	44
Figura 23 Montaje cableado desarrollo 1	46
Figura 24 Programa ATV Logic desarrollo 1	47
Figura 25 Diagrama eléctrico desarrollo 1	48
Figura 26 Programa ATV Logic desarrollo 2	49
Figura 27 Programa bloques desarrollo 3	49
Figura 28 Configuración de temporizador desarrollo 3	50
Figura 29 Diagrama de potencia y control desarrollo 3	50
Figura 30 Programa en bloques desarrollo 4	51
Figura 31 Configuración temporizador desarrollo 4.....	52
Figura 32 Diagrama eléctrico cableado desarrollo 4	52
Figura 33 Estructura final desarrollo 4.....	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Fases de la investigación	28
Tabla 2 Características Técnicas Altivar 320	29
Tabla 3 Relación con la norma IEC 13849-1.....	32

RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo tecnológico del proyecto, aplico el tipo de investigación exploratoria informal, la cual es apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, determinando aplicaciones prácticas en el área de control industrial y la automatización del programa de Ingeniería Electromecánica, utilizando un convertidor de frecuencia Altivar 320 de la casa Schneider.

En la etapa de desarrollo se muestran las características generalidades del altivar ATV 320 desde su bornera de conexión en mando y potencia. Posteriormente se despliega la información del software ATV Logic se programa mediante el software de configuración SoMove y proporciona acceso a funciones como: configurar, ajustar, depurar (mediante la función de osciloscopio) y mantener los variadores Altivar Machine ATV320. Realiza tareas aritméticas, operadores booleanos, contadores, temporizadores, etc. Programación de hasta 50 funciones mediante secuencia automatizada Acceso a las variables internas de la unidad, aplica un bloque de función interno, como temporizador, contador y unidad lógica para lograr la función personalizada y avanzada que desee el usuario.

PALABRAS CLAVE. Control. Frecuencia. Tensión Motor, Velocidad, Programación

INTRODUCCIÓN

En el marco de la automatización industrial de máquinas o procesos, se busca la eficiencia de los mismos en términos de calidad, menos tiempo de ejecución y disminución de costos. La gran mayoría de aplicaciones de motores como ascensores, escaleras eléctricas, bandas transportadoras, montacargas, sistemas de bombeo, poseen variadores de velocidad electrónicos cuya fundamentación básica es variar la velocidad de motores de inducción variando la tensión y la frecuencia de la red; lo cual lo hace eficaces en cuanto ahorro energético, esta razón permitió desarrollar un proyecto referenciado en el programa de ingeniería electromecánica de las UTS para que estudiantes posean las herramientas tecnológicas que le permitan experiencia en campo y aplicarlas a los entornos productivos. El propósito de este proyecto de desarrollo tecnológico es diseñar e implementar aplicaciones de maniobra eléctrica utilizando un ALTIVAR 320 y dar a conocer a los estudiantes sus características de programación y aplicación; para un entorno académico, utilizando un motor trifásico síncrono de 220 voltios 1 HP. Finalmente se puede afirmar que el ahorro de energético en plantas de producción es la razón básica del uso control de velocidad variable en los sistemas de bombeo y ventilación; disminuyendo costos del ciclo de vida del sistema que dependen del intervalo de potencia y de su tiempo de vida en servicio

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los consumos energéticos siguen siendo uno de los principales factores negativos en los procesos eléctricos que combinan grandes cargas eléctricas.

La preocupación mundial por el crecimiento del consumo de energía en las empresas y de las emisiones de dióxido de carbono CO₂ ha motivado la búsqueda de soluciones eficaces que permitan cuidar el medio ambiente y ahorrar costos. En la industria hay muchas maneras de ahorrar energía, pero la principal se enfoca en el uso de aplicaciones movidas por motores eléctricos. ¿Y por qué? Pues si analizamos el consumo energético, aproximadamente el 69% de la energía consumida en las industrias se debe a los motores eléctricos; y en edificios, hospitales o centros comerciales, el 36% de consumo es principalmente en aplicaciones de ventiladores, bombas y sistemas de aire acondicionado (HVAC). Por lo tanto, el consumo energético por motores eléctricos es muy alto y es ahí donde se debe apuntar para lograr ahorros energéticos más eficientes y a corto plazo. (Schneider Electric 2020)

De igual manera el rendimiento de los sistemas cuya carga son los accionadores eléctricos, se afectan por sistemas de distribución eléctrica mal diseñados afectando de calidad de energía eléctrica, Los problemas de calidad de energía eléctrica se expresan por desviaciones de voltajes, corriente o frecuencia y pueden causar fallos en la operación de los equipos

“La problemática actual de muchas empresas comprende diferentes áreas, las cuales no están integradas entre sí para brindar una solución global. Muchos

gerentes no están preparados frente a la continua innovación que la competitividad global requiere, incluyendo actualización tecnológica en procesos, comunicaciones e implementación técnica de los proyectos. Además, cada empresa tiene su propia problemática por encontrarse en distintos niveles de automatización o por contar con diferente infraestructura y necesidades. El reto actual en la industria ya no es el proceso, sino la sincronización del mismo con los sistemas administrativos, para con esto disminuir costos, tiempos muertos, retrasos y baja calidad. Para lograr lo anterior es necesario tanto automatizar las partes del proceso como integrar las diferentes áreas, entregando a los usuarios información confiable y en tiempo real.” (Diego Puig, IMA Comité de Automatización 2000)

En el marco del programa de ingeniería electromecánica, se deben fundamentar herramientas prácticas que proporcionen ayudas tecnológicas, como estudio y adaptación de convertidores de frecuencia embebidos y que a su vez proporcionen información necesaria de un determinado consumo energético.

¿Cómo a través de un proyecto de desarrollo tecnológico se pueden realizar un estudio de consumo energético utilizando un convertidor de frecuencia embebido; y en entorno de las prácticas de laboratorio?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los convertidores de frecuencia se presentan como una gran alternativa en situaciones que integran diferentes tareas de control; como lo es la variación de velocidad de un motor de inducción trifásico, el ahorro energético y la posibilidad de realizar lógicas programadas de control, llamándose de forma prácticas equipos embebidos. Los convertidores de frecuencia mejoran y reducen el consumo de energía con un uso más eficiente. Los variadores de frecuencia ajustan la velocidad de los motores eléctricos para igualarla a la demanda de la aplicación, lo que reduce el consumo energético de los motores entre un 20 y un 70%.

La utilización y aplicación de variadores de frecuencia para el control de los motores establece una significativa mejora de los sistemas productivos, mejorando la eficiencia energética y directamente relacionado con la vida útil de las máquinas, evitando el deterioro y paradas intempestivas, afectando los tiempos de productividad; por consiguiente, la utilización de variadores de frecuencia en los procesos proporciona grandes ventajas financieras, operativas y medioambientales.

En el marco del programa de ingeniería electromecánica, la utilización de estos equipos, constituyen una herramienta práctica indispensable en tareas de investigación o en prácticas comunes de laboratorio logrando mejoras en ahorros energéticos añadido al control y automatización industrial.

Es factible económicamente la implementación de variadores de frecuencia para regular la capacidad del sistema de agua alimentar que posee la unidad de generación de la central termoeléctrica. - Se obtiene la característica hidráulica del sistema de tuberías de agua alimentar que no existe en la planta y que permitió determinar los ahorros originados al comparar la regulación de la capacidad por estrangulamiento y la regulación por variación de frecuencia (Delgado -Santana, et al 2014)

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el comportamiento de los parámetros eléctricos principales de un convertidor de frecuencia embebido en el control de velocidad y eficiencia energética de un motor de inducción trifásico para aplicaciones de sistemas de bombeo de líquidos, maquinas centrifugas, compresores

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudiar las características de programación y utilización de un convertidor de frecuencia altivar 320, en diferentes aplicaciones de control de velocidad de un motor de inducción trifásico y el entorno práctico de laboratorio de automatización industrial del programa de ingeniera electromecánica.

Implementar un convertidor de frecuencia altivar 320 para el desarrollo de aplicaciones de control industrial y monitoreo de consumo energético de los puntos críticos de funcionamiento de un motor de inducción trifásico

Estructurar cuatro aplicaciones de control de maniobra de un motor, utilizando un variador de frecuencia.

1.4. ESTADO DEL ARTE

En proyecto “Simulación del inversor multinivel de fuente común como variador de frecuencia para motores de inducción” los autores desarrollaron la Simulación de un convertidor multinivel trifásico de fuente común de 15 escalones por línea, como variador de frecuencia para la alimentación de un motor de inducción. La ley de control escalar del variador de frecuencia se estableció con modulaciones calculadas con un algoritmo genético, desarrollado por los autores en trabajos previos (Díaz-Rodríguez, Pabón-Fernández, 2016).

En el desarrollo del trabajo de grado “Diseño de un Controlador de Velocidad para un Motor de Inducción utilizando Control Vectorial”, los autores, estudian el método de control vectorial directo aplicable al control de velocidad de motores de inducción con rotor en corto circuito, en el cual el control vectorial permite controlar de manera eficiente el motor de inducción, debido a que proponen tratar el motor de inducción de la misma manera que el motor de corriente continua de excitación independiente, el grado de exactitud del control vectorial depende de la correcta estimación de los parámetros del motor (Morales Rincon & Vanegas Serna , 2015).

En la tesis “Controlador Directo de Par de la Máquina de Inducción sin Sensores de Velocidad Acoplados al Eje” trata sobre un método general y sistemático de modelación que permite analizar de forma práctica, el comportamiento en régimen permanente y transitorio de la máquina de inducción, se utilizaron dos métodos indirectos de medición de velocidad sin sensores, que utilizan el espectro armónico de las corrientes estáticas, para validar los resultados obtenidos con el modelo. Los resultados de las simulaciones coinciden estrechamente con los análisis de registros obtenidos en pruebas experimentales sobre la máquina de inducción comerciales.

Aun cuando el sistema de control adaptivo reduce sustancialmente los retardos debidos a la variación de los parámetros del modelo con la operación de la máquina, es necesario continuar investigando la posibilidad de disminuir los tiempos requeridos en el proceso de adaptación (Bueno, 1999).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Convertidores de frecuencia trifásicos.

Los convertidores de frecuencias son equipos de estado sólido que varían la velocidad de motores de inducción trifásico, variando la tensión y la frecuencia de la red. La variación de frecuencia se realiza en tres etapas. Etapa rectificadora, etapa de enlace y etapa convertidora; referidas todas estas etapas a la electrónica de potencia.

2.1.1. Etapa Rectificadora:

El rectificador de entrada es un dispositivo no controlado. Éste, tiene como entrada los cables del circuito de potencia, portando normalmente tensiones e intensidades elevadas, por lo que la sección de los cables es grande y las protecciones son de tamaños constructivos elevados. Su misión consiste en rectificar la corriente alterna y convertirla en continua.

Estas corrientes fluyen hacia el circuito intermedio, constituido por los condensadores de descarga, cuya misión principal consiste en el "alisado" del rizado de la corriente continua recibida.

2.1.2. Etapa de Enlace

El inversor ondulador constituye la etapa de salida del convertidor, alimentando al motor controlado. Tiene como misión fundamental la de generar la frecuencia y tensión requerida para las condiciones de funcionamiento exigidas en cada instante. Emplea transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors) los cuales son muy fáciles de controlar, su velocidad de conmutación es elevada, y tienen muy pocas pérdidas.

Este ondulador posee diodos que conducen la intensidad inductiva cuando los transistores están cerrados.

2.1.3. Etapa Convertidora

Finalmente, el circuito de control y regulación, en función de los parámetros de salida entregados en cada momento por el convertidor, se encarga de tomar las decisiones necesarias para corregir las posibles desviaciones existentes entre los valores deseados y los reales.

Respecto al rectificador concretar que este puede ser de alimentación monofásica o trifásica:

- Un sistema rectificador monofásico presenta a su salida una tensión con un rizado acusado, por lo que debe trabajar con los condensadores para reducir el rizado en la parte de continua.

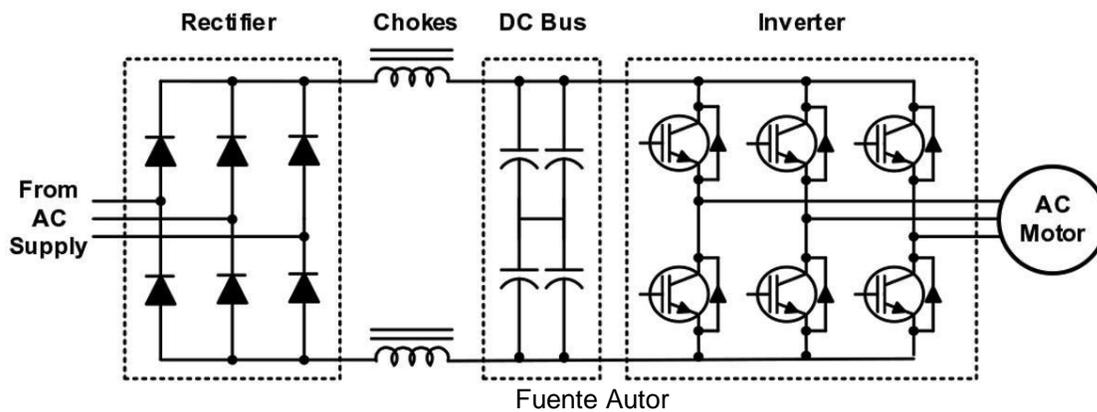


Figura 1 Etapas de un convertidor de frecuencia

2.2. Convertidor de frecuencia Altivar 320

El convertidor de frecuencia el Altivar 320 posee un sistema de conectividad CANopen, EtherNet / IP – Modbus. Este variador se acondiciona perfectamente en aplicaciones de máquinas simples y avanzadas, debido a que cuenta con una integración sencilla entre control y conectividad de motores, además ofrece capacidades de automatización mejoradas y prestaciones para las máquinas industriales.

Avance en el control de máquinas eléctricas

Una de las áreas que ha liderado el desarrollo de la Electrónica de Potencia, exigiendo dispositivos y módulos con mayores prestaciones y el desarrollo de circuitos VLSI específicos, es el control de la operación de máquinas eléctricas. En este sentido, los esfuerzos de técnicos e ingenieros han tenido sus frutos en el desarrollo de equipos con sofisticadas técnicas de control vectorial, los que aprovechando la versatilidad de la modulación PWM digital se han convertido en un método común de los equipos industriales para los inversores trifásicos, técnicas usadas tanto para las máquinas de inducción tradicionales como para los modernos motores de imanes permanentes.

Entre las técnicas básicas que se utilizan para el manejo del flujo de potencia desde la fuente hacia el consumo de control, se encuentran las tradicionales de retroalimentación y las nuevas de estimadores en lazo abierto. La segunda, el control del flujo de potencia para la operación de los motores de inducción, se realiza sin necesitar mecanismos de medición de las variables mecánicas velocidad y torque. Esto es posible por la integración de circuitos VLSI de altas prestaciones como son los DSP, los que mediante cálculos y operaciones de alta velocidad, usando las magnitudes en tiempo real de las tensiones y corrientes del inversor, posibilitan determinar los valores de las variables mecánicas y aplicar las señales de comando requeridas en cualquier instante.

El control de la frecuencia, magnitudes de tensiones y corrientes y formas de onda, ha logrado una mayor eficiencia y robustez en el manejo de las máquinas. Con esta técnica se ha conseguido una menor distorsión de armónicas en las tensiones y corrientes aplicadas a los enrollados de las máquinas y una mayor eficiencia en la transferencia de energía DC en AC, en comparación con las técnicas tradicionales de modulación de sinusoidal. Al control de la operación en estado de régimen, se ha agregado el manejo de los transitorios.

Nuevas áreas de aplicación

Otra de las áreas de aplicación se encuentra en la industria de los electrodomésticos, donde a pesar de que las potencias manejadas son pequeñas, del orden de los HP, los desafíos se

encuentran en el desarrollo de dispositivos flexibles, posibles de integrar en diferentes electrodomésticos, con total seguridad para el usuario, de bajo costo, fácilmente controlables en lo posible con programas pregrabados. Entre estos dispositivos, se encuentran los equipos de aire acondicionado que por el consumo que demandan pasan a ser parte importante del gasto energético de hogares y oficinas. Los objetivos primarios son alta eficiencia energética, bajo costo y seguridad para el usuario.

Una de las industrias que está incursionando y que en el futuro lo hará con más intensidad es el área de los vehículos.

La Electrónica de Potencia se está integrando en los vehículos tanto en la motorización, confort, monitoreo de operación, actuadores de asistencia en los sistemas de frenos, dirección, suspensión.

Uno de los conceptos interesantes introducidos en la industria de vehículos es el diseño y construcción de equipos y dispositivos electrónicos tolerantes a fallas, no sólo que protejan a los dispositivos, sino que el sistema pueda seguir funcionando a pesar de tener presente una falla o desperfecto. La inclusión de este principio en toda la industria tendrá como resultado la fabricación

2.3. Ahorro de energía, el uso de los accionamientos de velocidad variable

El ahorro de energía es la razón fundamental del uso de accionamientos de velocidad variable en los sistemas de bombeo y ventilación. En general, los costes del ciclo de vida de un sistema de bombeo y ventilación dependen del intervalo de potencia y de su tiempo de vida en servicio. Los costes típicos para sistemas de bombeo y ventilación se repartirán entre consumo de energía (70-80 por ciento) y mantenimiento (20-30 por ciento). A lo largo de un período de 20 años, los costes sumados de energía y de mantenimiento superan en 10 veces el precio inicial de compra de la bomba o el ventilador. Estos costes de explotación se reducen drásticamente mediante mejoras de rendimiento. Dos causas usuales de la disminución del rendimiento del sistema de bombeo y ventilación son los equipos sobredimensionados y las válvulas y compuertas de estrangulamiento. Un mal rendimiento de la bomba puede traducirse en tiempos de parada, daños a los equipos y elevados costes de mantenimiento. Las ventajas del uso de los accionamientos de velocidad

variable, en los diversos puntos de funcionamiento de los motores, se pueden resumir en los siguientes.

- Arranque suave del motor: no se produce caída de tensión en la red, esfuerzos mecánicos reducidos.
- Alta velocidad para alta capacidad: selección idónea del equipo, menor inversión inicial.
- Baja velocidad para baja capacidad: máximo rendimiento energético, menor coste de operación.
- Velocidad precisa y óptima: punto de máximo rendimiento, mayor vida útil del equipo.
- Parada suave del motor: sin golpes de ariete, esfuerzos mecánicos reducidos.

2.4. Aplicaciones del uso de los accionamientos de velocidad variable Dentro de una planta.

Se pueden emplear accionamientos de velocidad variable en los siguientes sistemas de bombeo y ventilación:

- Sistemas de caudal de aire constante: en este caso se pueden emplear accionamientos de velocidad variable en los motores de los climatizadores y extractores, tanto en el caso de funcionamiento a punto fijo, como el caso de control continuo del caudal mediante una sonda de caudal, tipo tubo Pitot o similar, instalada en los conductos de impulsión y retorno.
- Sistemas de agua refrigerada de caudal variable: instalando accionamientos de velocidad variable en los sistemas de bombeo de agua refrigerada, y variando el caudal a lo largo de la instalación de acuerdo a las necesidades de potencia frigorífica de cada zona. En este caso, además del ahorro de energía eléctrica del sistema de bombeo, se produce un ahorro muy importante en el consumo de energía frigorífica.
- Sistemas de generación de agua sistemas de generación de agua purificada: la instalación de variadores de frecuencia comandados por sondas de caudal, para cada una de los sistemas de bombeo de la planta de generación de agua purificada (bomba del pre tratamiento, y bombas del primer y segundo paso de osmosis inversa), disminuye el coste energético de los sistemas de bombeo, así como los costes y tiempos de parada de mantenimiento y aumenta la vida útil de los equipos.

- Sistemas de almacenamiento y distribución de PW y WFI: en este caso, como en el anterior, la instalación de variadores de frecuencia comandados por sondas de caudal, para el sistema de bombeo, disminuye el coste energético de los sistemas de bombeo, así como los costes y tiempos de parada de mantenimiento y aumenta la vida útil de los equipos.
- Sistemas de agitación en reactores de fabricación: en este caso, la instalación de variadores de frecuencia para el mando de los motores de los agitadores, disminuye el coste energético de los sistemas de fabricación, así como optimiza los tiempos de fabricación y aumenta la vida útil de los equipos. Ejemplo de estudio de ahorro energético Con el objeto de intentar reducir todo lo posible el coste en la factura eléctrica en un sistema existente de generación de agua purificada de 4.000lths/h, se tomó como muestra la bomba del pre tratamiento. La bomba mencionada tiene según placa una potencia instalada de 15 kW. Los equipos utilizados para la realización del estudio, son los siguientes:

2.5. Eficiencia energética en sistemas de bombeo

Los equipos de bombeo representan un 10% del consumo mundial de energía eléctrica, 9 de cada 10 bombas en operación no son óptimas para su aplicación y por lo tanto gastan mucha energía. “Tomado de <https://co.grundfos.com/about-us/news-and-press/news/eficiencia-energ-tica-en-equipos-de-bombeo.html>”

Cambiar a bombas energéticamente eficientes podría ahorrar hasta 4% del consumo mundial de energía lo que se traduce en el consumo de energía residencial para 1 billón de personas, así que ahorrar energía significa ahorrar agua, 2 billones de metros cúbicos de agua potable pueden ser ahorrados, 8 veces el consumo de agua de Dinamarca.

Las bombas están presentes en todos los lugares donde los líquidos deben ser transportados, se utilizan para:

- Elevar, transferir o presurizar líquidos.
- Calefacción.
- Enfriamiento y refrigeración.
- Lavado y limpieza.
- Tratamiento de agua.

- Suministro de agua.
- Transporte de aguas residuales industriales.

En donde se encuentran los mayores ahorros de ahorro de energía en la industria:

- Sistemas con más de 7 años de ser instalados.
- Sobredimensionamiento en caudal y presión.
- Modo de funcionamiento incorrecto.
- Baja eficiencia (bombas antiguas).
- Control manual o por medio de válvulas reguladoras de presión.
- Expansión o reducción desproporcionada de los sistemas.
- Función de control incorrecta.

Existen algunas categorías que aplicadas a cualquier bomba podrían determinar su capacidad para ofrecer un alto ahorro de energía y/o un bajo tiempo de la recuperación de la inversión:

- Tamaño del motor: entre mayor sea el valor de kWh del motor, es más probable que exista una bomba de remplazo con mayor eficiencia energética.
- Edad de la bomba: entre más antigua sea la bomba, es más probable que sea menos eficiente en comparación a las bombas de hoy en día.
- Tiempo de uso: una bomba ineficiente funcionando muchas horas al año es igual a altos ahorros de energía.
- Precio de la energía: entre más alto sea el precio de la electricidad usada, entonces el tiempo de retorno de la inversión será mucho más bajo.
- Bombas mal dimensionadas: si una bomba ha sido mal dimensionada esta aumentará los costos de operación del sistema en términos de requerimientos de energía y mantenimiento.

2.6. Variadores de velocidad eficiencia energética

Los motores de inducción, si bien resultan ser muy robustos en ambientes de alta exigencia, son también sensibles a las condiciones de la energía entregada desde la red de distribución. De esta forma, los desequilibrios de tensión, la presencia de armónicas y otras perturbaciones de su

alimentación, producirán efectos de oscilaciones en el eje, calentamiento adicional de los devanados y pérdidas adicionales en el motor. Muchos de estos efectos son despreciables frente a las magnitudes normales de torque, pero su presencia en forma continua durante el funcionamiento de la máquina produce generalmente funestas consecuencias.

Las tensiones armónicas provocan daños en el rotor, debido a que la presencia de dichas tensiones induce torques oscilatorias que se superponen al torque normal de la máquina. Estas oscilaciones inciden en mayores esfuerzos en rodamientos y descansos y mayores pérdidas de roce asociadas. Como la presencia de cualquier armónico produce mayores temperaturas que su no presencia, el evitar la aparición de armónicos implicará prolongar la vida útil de la máquina. Dado que el aislamiento de los devanados del motor es lo que define su grado de soporte a las temperaturas, un devanado con mejor aislamiento podrá soportar, en general, mayores temperaturas de funcionamiento.



Figura 2 Variador convertidor Altivar 320
Fuente: Schneider electric, 2020

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

La investigación desarrollada en el presente proyecto es de tipo exploratoria informal, la cual es apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, la exploración mantiene un enfoque cuantitativo que define la descripción de las cualidades de la problemática como lo es “la probabilidad de actualizar y mejorar herramientas prácticas en el área de control industrial del programa de Ingeniería Electromecánica, trabajando con un convertidor de frecuencia variador Altivar 320 para estructurar aplicaciones en referencia al control de velocidad de un motor trifásico en concordancia con el ahorro energético que se requieren en el sectores productivos.

El enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática que se estudia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en los manuales y técnicas de las diferentes formas de programación del Altivar 320 que se utilizan en el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados.

3.2. Método y Técnicas de la Investigación

El método (observación, inductivo, deductivo o análisis), las técnicas (Experimentos medidas programación prueba y error)

3.3. Fases de la Investigación

Tabla 1 Fases de la investigación

FASE	ACTIVIDADES
Fase 1.	Se encuentra la documentación de variables a analizar, adquisición de equipos y componentes necesarios para la realización del proyecto, en esta misma fase tendremos la adecuación del punto de trabajo para la investigación
Fase 2.	Implementar, un convertidor de frecuencia Altivar 320 para el control de aplicaciones prácticas en área del control industrial.
Fase 3.	Estructurar aplicaciones de control de velocidad de un motor de inducción trifásico, utilizando el variador de velocidad Altivar 320 como herramienta básica y fundamental en el control y automatización industrial
Fase 4.	Estructuración de resultados obtenidos

Fuente: Autor

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Convertidor de Frecuencia Altivar Machine ATV320

El Convertidor de frecuencia Altivar Machine ATV320, es un dispositivo electrónico con tarjetas de potencia y control, que entrega cinco funciones básicas de seguridad además, y definido para realizar un arranque rápido de motores de inducción trifásicos. La característica para controlar e integrar en diversas maquinarias y tableros eléctricos de diferentes aplicaciones industriales, así como en las arquitecturas de automatización más comunes. Además, este variador de frecuencia integra numerosas funciones prácticas como control motobombas, desarrollo de aplicaciones PID, arranque sencillo, entre otras. Para la programación se puede realizar localmente o mediante el software SoMove. (Schneider Electric, ATV 320, s.f.)

Tabla 2 Características Técnicas Altivar 320

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca:	Schneider Electric
Familia:	ATV320
Modelo:	ATV320U07M3C
Tensión Alimentación:	200 - 240 VAc
Salida Corriente Nominal:	4.8 A
Voltaje de Salida Max:	240 V
Potencia Motor en Kw:	0.75 Kw
Grado Protección Ip:	IP20
Puertos de Comunicación:	Modbus Serial / CANopen
Número Entradas Discretas:	7
Número Salidas Discretas:	3
Número Entradas Analógicas:	3
Número Salida Analógica:	1

Fuente. Manual Equipo



Figura 3 Altivar320 Machine A

Fuente. (Schneider Electric, ATV-320, s.f.)

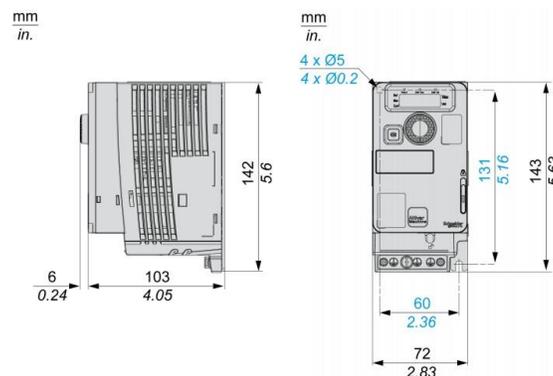


Figura 4 Montaje Altivar320 Machine A

Fuente. (Schneider Electric, ATV-320, s.f.)

4.2. Borneras de potencia y control del convertidor Altivar 320

De igual manera que otros convertidores de frecuencia, los altivar 320 definen las borneras de potencia y control. Las de potencia L1 – L2 – L3 Alimentación a 220 voltios; T1 – T2 –T3 conexión o salida para el motor trifásico

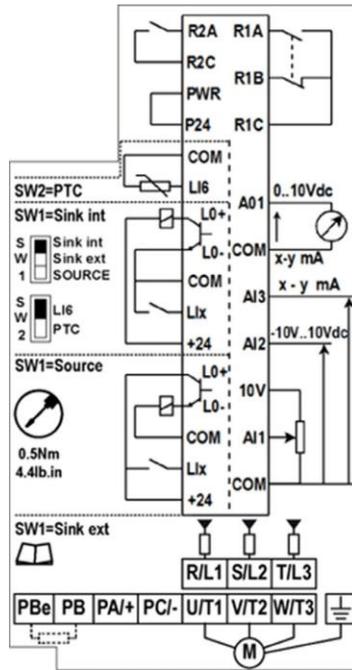


Figura 5 Borneras de potencia y mando convertidor Altivar 320
Fuente: Schneider electric, 2020

4.3. Entradas lógicas

Para para la activación de una función segura se aplican de forma general las entradas lógicas. Las entradas lógicas se establecen en parejas para obtener una solicitud redundante. Existen 4 entradas lógicas que se acoplan a las funciones de seguridad (LI3, LI4, LI5, LI6). Los pares de estas entradas lógicas se encuentran fijas y se nomencian:

- LI3 y LI4
- LI5 y LI6

4.4. Software Altivar 320

El software que utiliza el convertidor de frecuencia altivar 320 permite a los usuarios de los controles de seguridad de la máquina evaluar los estándares de seguridad o el nivel de la máquina en relación con la norma IEC 13849-1.

Tabla 3 Relación con la norma IEC 13849-1

		STO		SS1 tipo C (2)		SLS/STO/SS1 / SMS tipo B (3)	
		STO	STO y LI3	STO con Preventa XPS ATE o XPS AV o equivalente	STO y LI3 con Preventa XPSAV o equivalent e	LI3 LI4	LI5 LI6
Estándar	IEC 61800-5-2 IEC 61508	SIL2	SIL3	SIL2	SIL3	SIL2	
	IEC 62061 (1)	SIL2 CL	SIL3 CL	SIL2 CL	SIL3 CL	SIL2 CL	

Fuente

En términos de la norma IEC 62061 en un estándar de integración, define la función de seguridad general (clasificada en SIL2 o SIL3 para ATV320 en base a diagramas CASO 1 y CASO 2 de los componentes que constituyen la función de seguridad (clasificada en SIL2 CL o SIL3 CL para ATV320).

SS1 tipo C: la transmisión inicia la desaceleración del motor e inicia la función STO después del tiempo de retardo específico de la aplicación.

SS1 tipo B: la transmisión inicia y supervisa la tasa de deceleración del motor dentro de los límites establecidos para detener el motor e inicia la función STO cuando la velocidad del motor está por debajo del límite especificado.

4.5. Las funciones de seguridad de PDS (SR)

Si los objetivos de seguridad cualitativos y cuantitativos establecidos por la aplicación final exigen hacer algunos ajustes para utilizar las funciones de seguridad de una forma segura, el integrador del BDM (Módulo de variador básico) es responsable de estas evoluciones complementarias (por ejemplo, el manejo del freno mecánico del motor).

Asimismo, los datos de salida generados por la utilización de las funciones de seguridad (activación del relé de fallos, códigos de error o información de la pantalla, etc.) no se consideran datos relacionados con la seguridad.

Variador simple de acuerdo con las normas IEC 61508 e IEC 60204-1 - Caso 1

Variador simple de acuerdo con las normas IEC 61508 e IEC 60204-1 sin protección contra la interrupción de alimentación o la reducción de tensión y la subsiguiente rotación.

Las siguientes configuraciones se aplican al diagrama siguiente:

- STO SIL2 en STO.
 - STO o SLS SIL2 o SS1 tipo B SIL2 en LI3/LI4 o LI5/LI6.
-
- STO SIL2 en STO.
 - STO o SLS o SS1 tipo B en LI3/LI4.
 - LI5/LI6 no se establecen a una función de seguridad.
-
- STO SIL2 en STO.
 - LI3/LI4 y LI5/LI6 no se establecen a una función de seguridad.
-
- STO SIL3 en STO y LI3.
 - SLS SIL2 o SS1 tipo B SIL2 en LI5/LI6.
 - LI4 no se establece a una función de seguridad.
-
- STO SIL3 en STO y LI3.
 - LI4 y LI5/LI6 no se establecen a una función de seguridad.

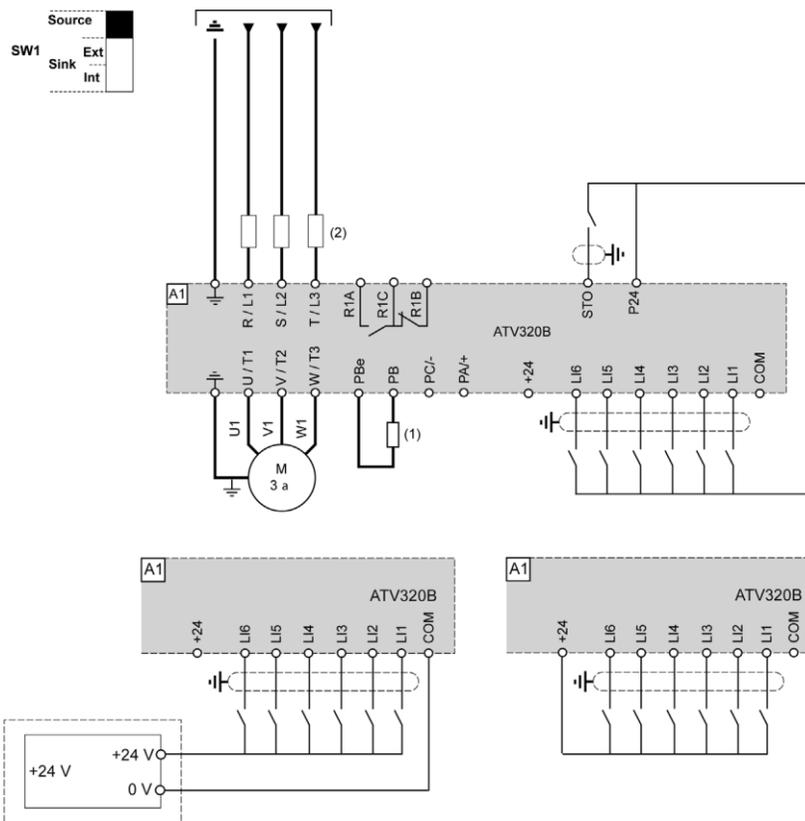


Figura 6 Diagrama de conexión potencia y mando convertidor Altivar 320
Fuente: Schneider Eléctric, 2020

Variador simple de acuerdo con las normas IEC 61508 e IEC 60204-1 - Caso

Variador simple de acuerdo con las normas IEC 61508 e IEC 60204-1 sin protección
contra la interrupción de alimentación o la reducción de tensión y la
subsiguiente rotación.

Las siguientes configuraciones se aplican al diagrama siguiente:

- STO SIL2 en LI3 y LI4.
- SLS SIL2 o SS1 tipo B SIL2 en LI5/LI6.
-
- STO SIL2 en LI3 y LI4.
- LI5/LI6 no se establecen a una función de seguridad.

4.6. Exploración Software Someve.

Para las aplicaciones de control de velocidad de un motor utilizando el altivar 320, se descarga el software Somove a través de internet e instalar en un laptop

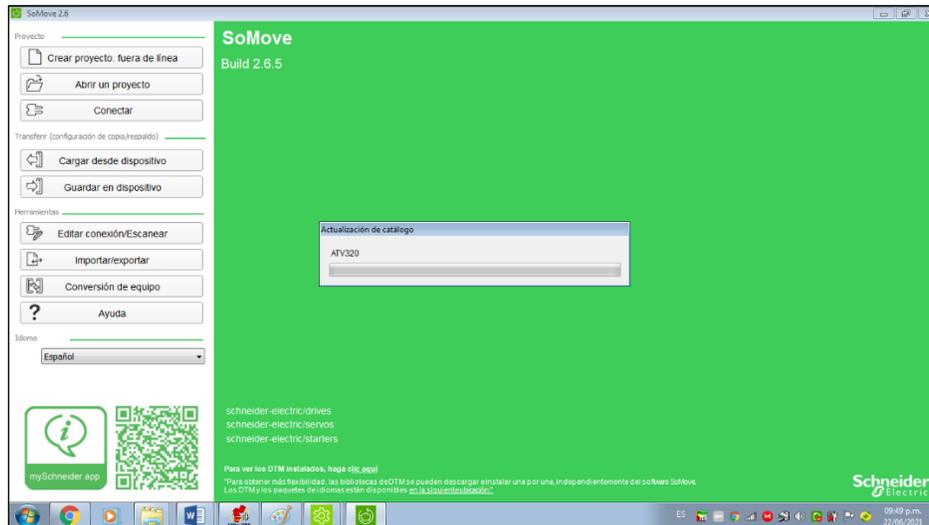


Figura 7 Pantalla inicio de Software
Fuente: Autor

Se descarga el DTM del atv320 para operar en el software.

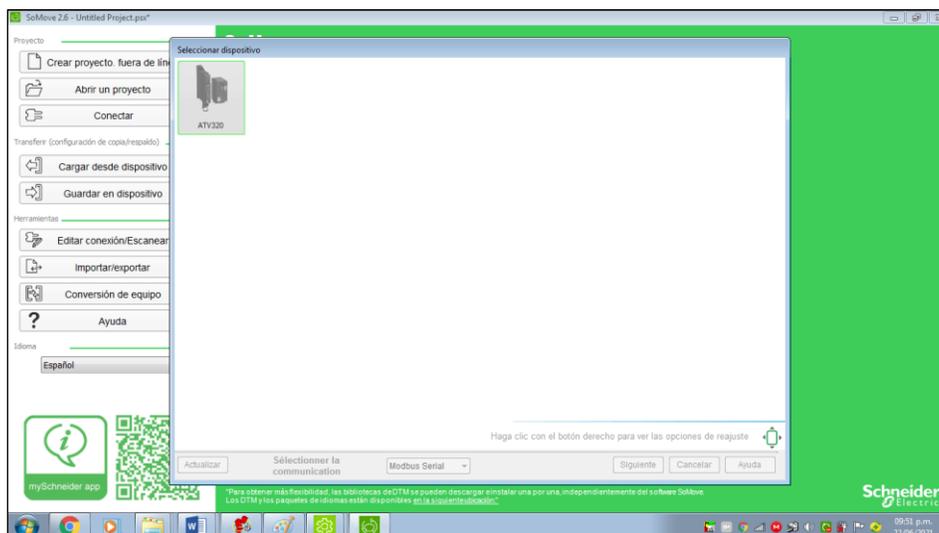


Figura 8 Pantalla DTM de Software
Fuente: Autor

Seguidamente se inicia el DTM ok modbus serial agregar la topología del equipo y referencia IP2x ATV320U07M3C

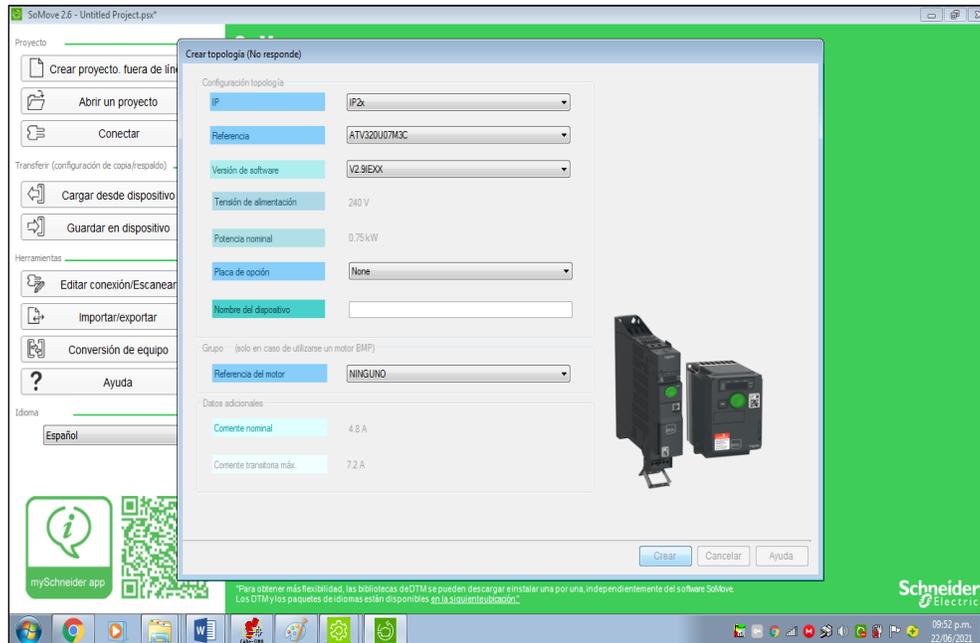


Figura 9 Pantalla Agregar referencia del Equipo
Fuente: Autor

Posteriormente ok agregar la referencia. Aparece el menú de trabajo en donde se muestran los errores, la lista de parámetros, mando de operación, osciloscopio, parada segura y el software de programación ATV logic.

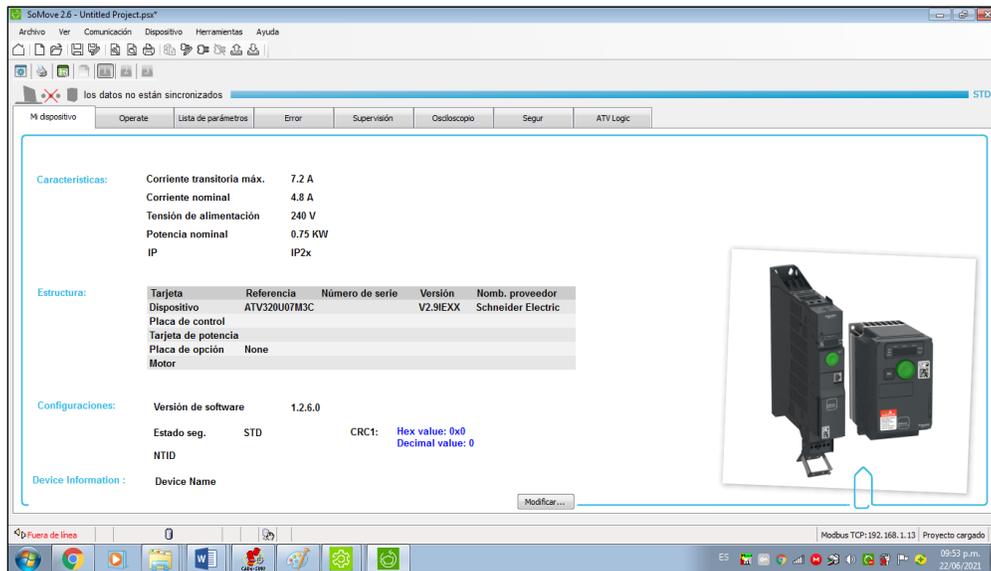


Figura 10 Pantalla Menú de Trabajo del Equipo
Fuente: Autor

Inicialmente se debe conectarse al equipo en donde aparece un acceso tener disponibilidad a cargas y descargas de parámetros con el variador en físico.

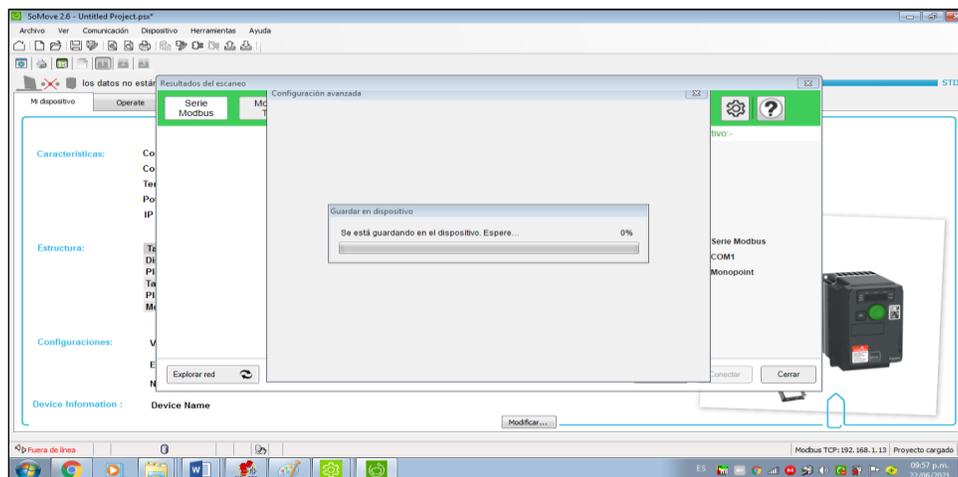


Figura 11 Pantalla Descarga y carga de parámetros
Fuente: Autor.

Para la ejecución de los programas se debe abrir la pestaña donde dice ATV logic en donde se visualiza el software para ejecutar los programas de las practica requeridas.

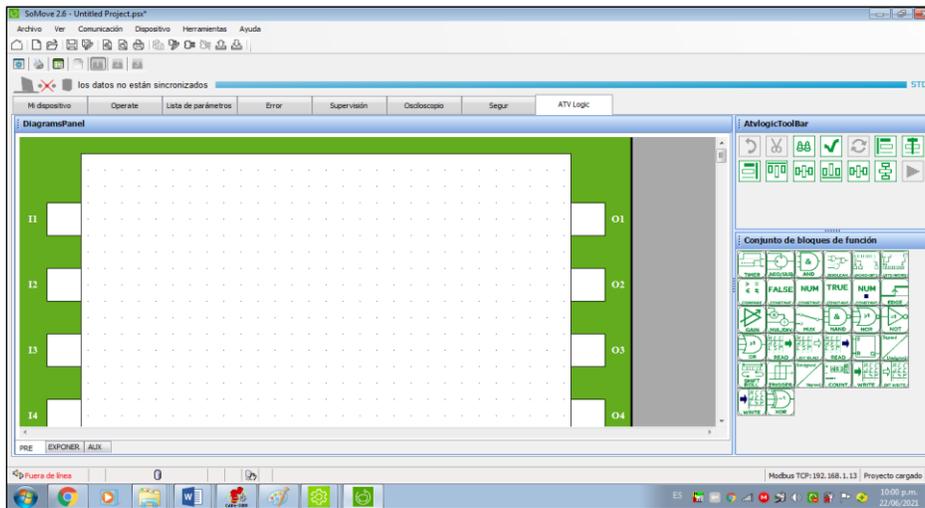


Figura 12 Pantalla Plataforma de trabajo
Fuente: Autor.

Paso siguiente para conectarse con el variador se ubica símbolo de configuración del software en la opción escanear en la parte superior del software somove

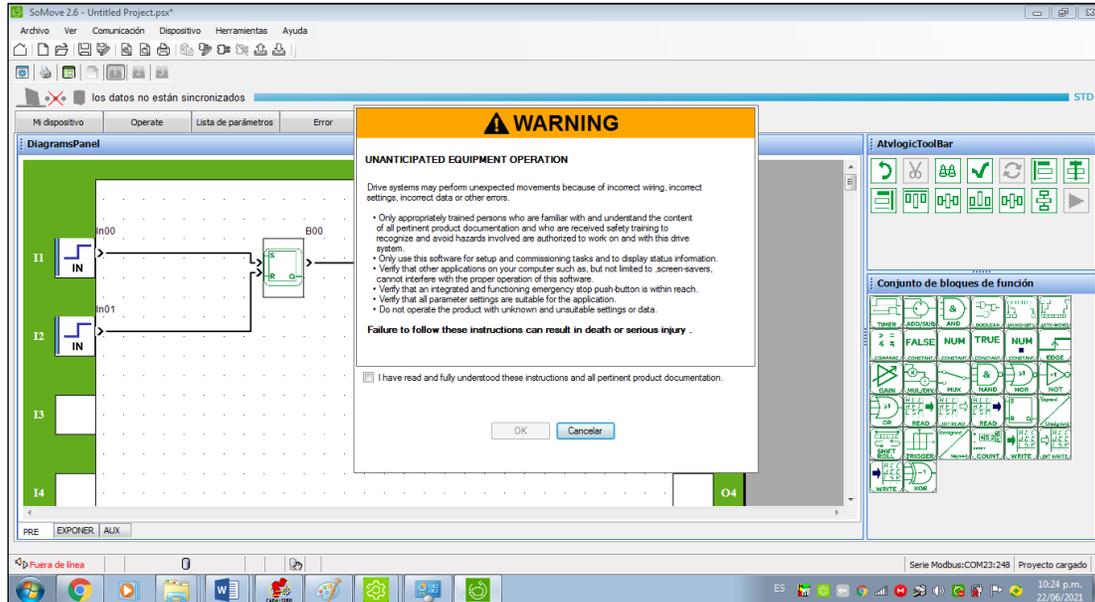


Figura 13 Pantalla acoplamiento de Variador con Software

Fuente: Autor

4.7. Desarrollo de aplicaciones.

Para realizar esta práctica se debe descargar software de programación, enseguida se descargan los diferentes variadores de altivar en este caso el altivar 320, es necesario el cable de conexión computador(programador) al variador en este caso el 320 para mirar la conexión y verificar el correcto funcionamiento de la programación.

El primer paso es crear un proyecto fuera de línea en el software Somove, buscando en un explorador de internet y realizando la instalación y registro para este caso utilizamos la versión 2.9, además es necesario tener el DTM del variador atv320 que también se encuentra en el centro de descargas de Schneider electric.

Después de abrir el software Somove hay que dar clic crear un proyecto fuera de línea como se puede observar en la siguiente ilustración.

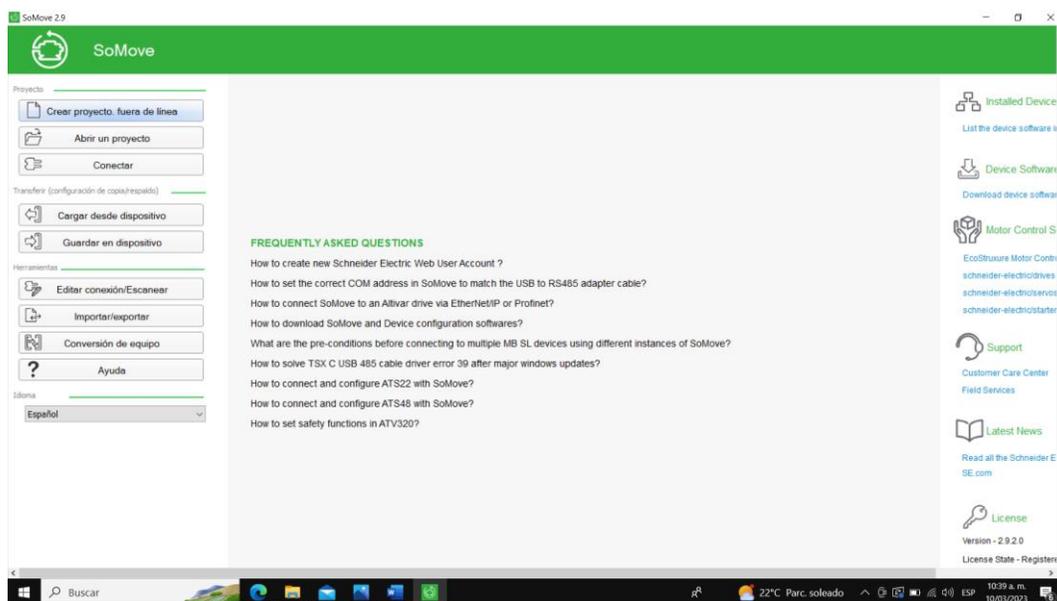


Figura 14 Pantalla opciones de descargue

Fuente: Autor

Posteriormente se selecciona el DTM DEL ATV320 como se puede observar en la siguiente figura

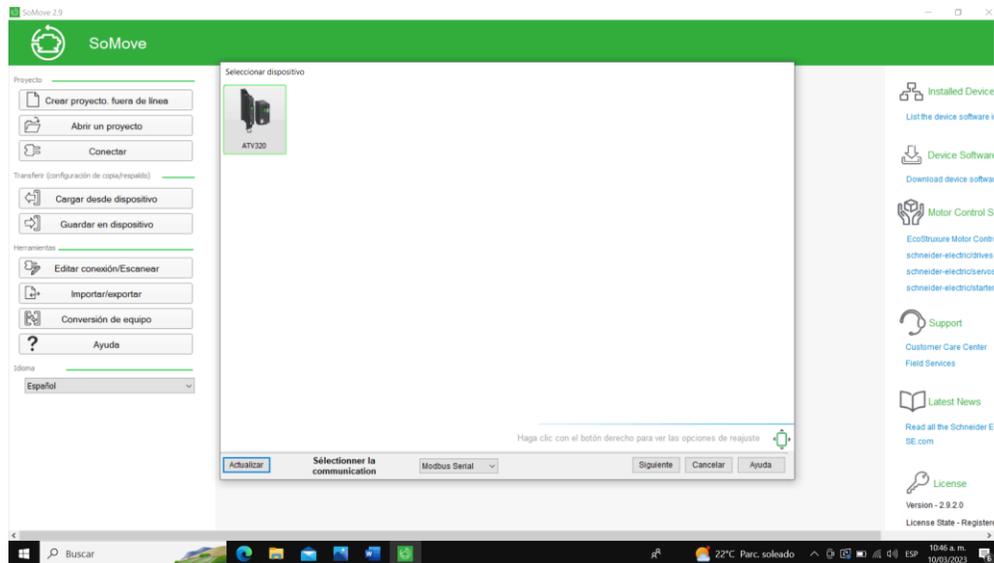


Figura 15 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Paso siguiente de dar clic en siguiente como se puede observar en la siguiente figura

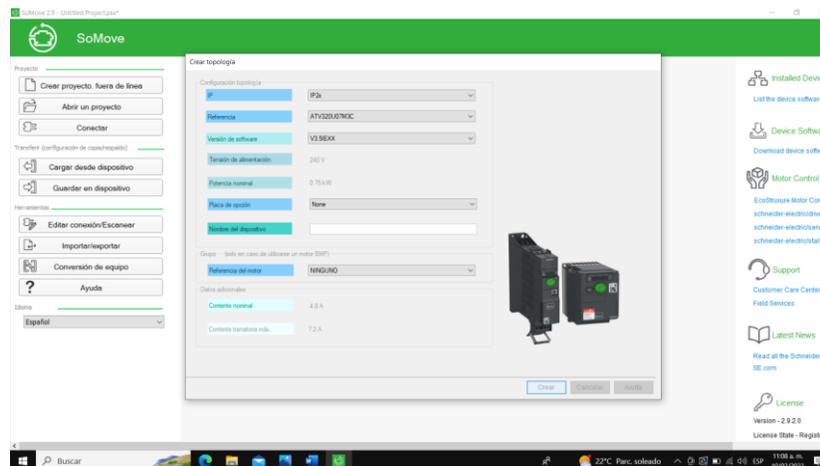


Figura 16 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Se empieza a cargar el dispositivo el hardware en el software somove en donde se puede programar el equipo.

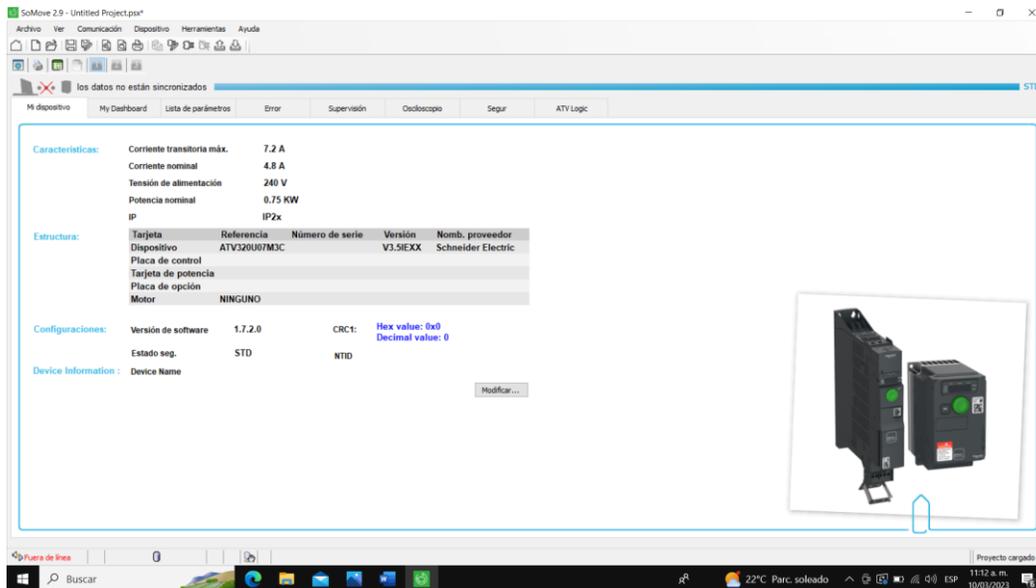


Figura 17 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

En el software se puede observar los datos del motor tales como: frecuencia, corriente del motor, velocidad, etc.

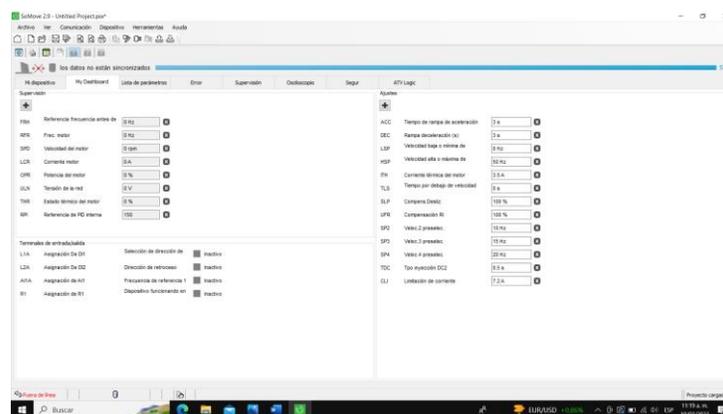


Figura 18 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Además de que podemos configurar los parámetros del variador desde el software como se puede ver en la siguiente figura. En donde podemos ver los parámetros para un control sencillo del variador atv320 y tiempos de rampas de aceleración y desaceleración.

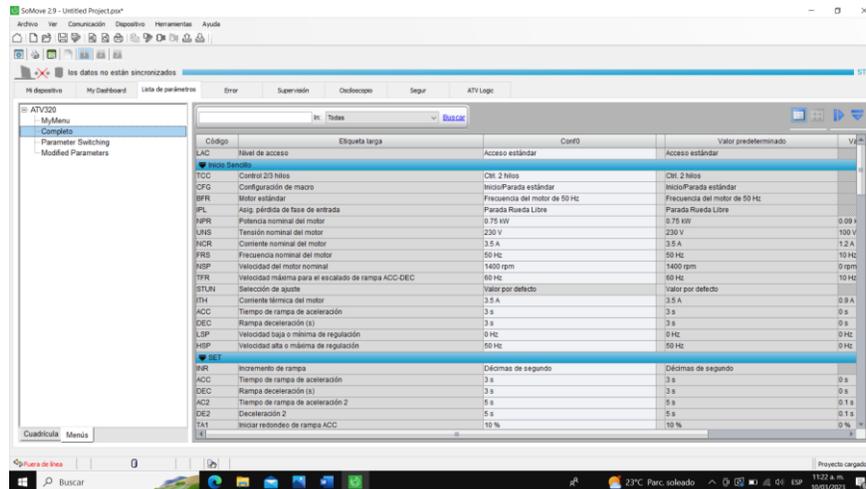


Figura 19 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Por otra parte, se pueden observar también los fallos en el variador su código en el panel del variador y en el software se puede observar el significado de cada error y el estado.

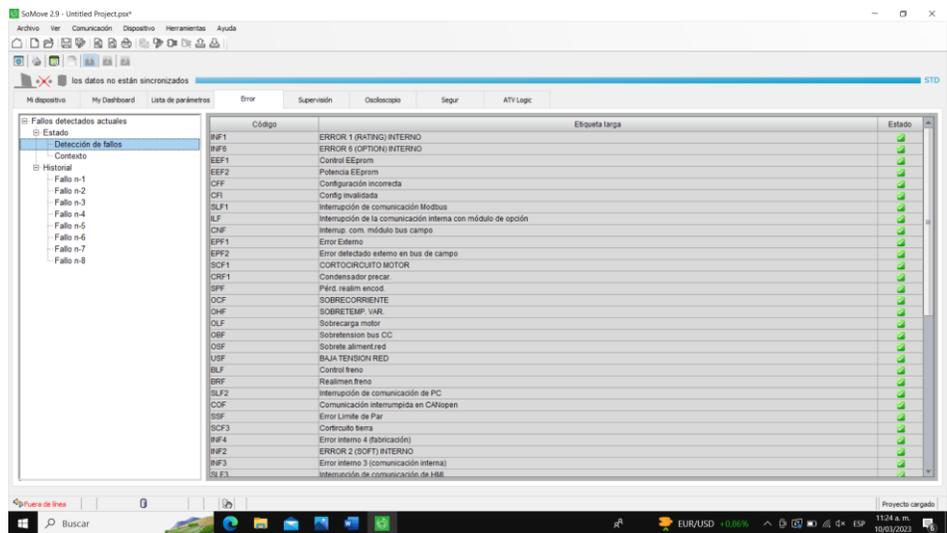


Figura 20 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Estas opciones se pueden observar desde que el dispositivo se conecte con el software mediante un cable USB ethernet y se establezca la comunicación. Se pueden revisar parámetros de supervisión como por ejemplo las referencias análogas como se puede observar en la siguiente figura

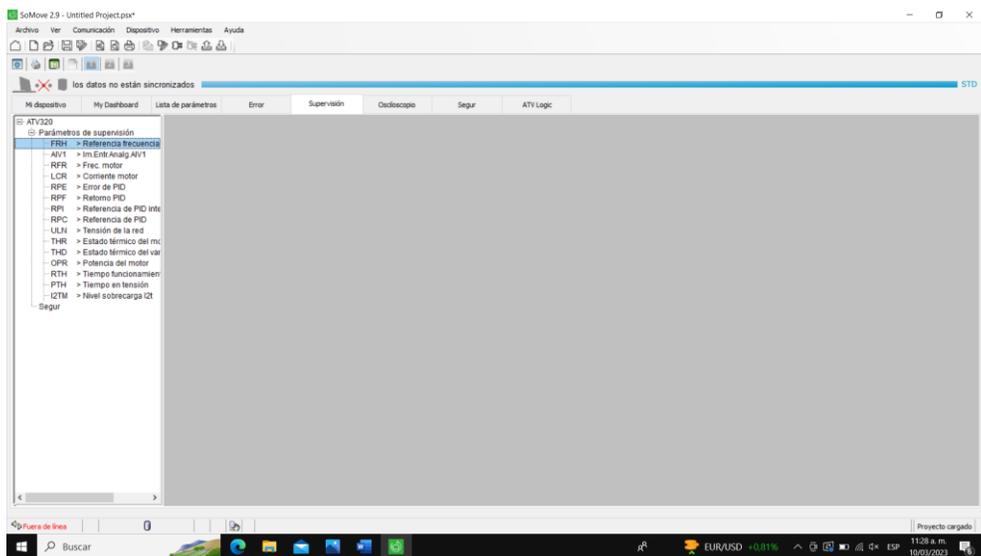


Figura 21 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

Se debe agregar que el software somove también cuenta con un osciloscopio para observar el arranque de los motores y poder realizar la debida programación para el ahorro de energía en donde se puede observar el nivel de voltaje, corriente, frecuencia y referencia de velocidad como se puede observar en la siguiente figura.

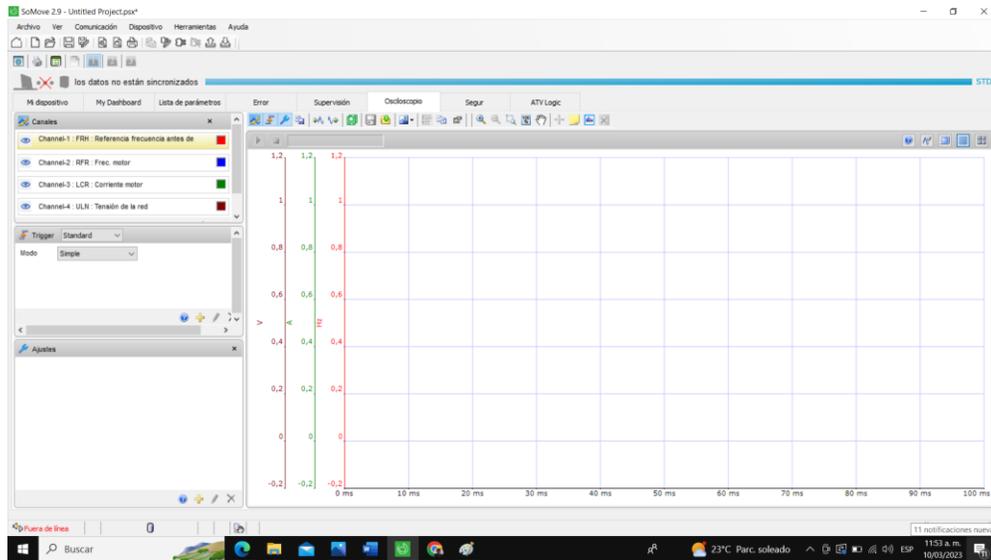


Figura 22 Pantalla Selección variador proyecto

Fuente: Autor

4.8. Eficiencia energética ALTIVAR 320

La competitividad y productividad en los sectores productivos y de automatización requiere de manera constante mejorar sus consumos energéticos, y una de las principales herramientas para lograr este objetivo, es la implementación de convertidores los cuales disminuyen el consumo entre el 30 y 70% de energía. La casa Schneider Electric, ha mejorado sus equipos para que a través de en transformación digital de la gestión de la energía y automatización, ha logrado evolucionar estos productos con soluciones como el Altivar Machine 320.

En otro aspecto los convertidores de frecuencia almacenan datos e información para estudio de la gestión energética y tomar decisiones al respecto. Gracias al Internet de las cosas (IoT) y al Internet de las Cosas Industrial (IIoT), estos dispositivos pueden comunicar al sistema de control todo lo que está pasando en el motor con datos que se transmiten en tiempo real. Estas soluciones son herramientas importantes en los motores eléctricos que normalmente se encuentran en los sistemas industriales.

Al respecto, Marionn Effio, Drives Application Engineering de Schneider Electric, informó: “Esta línea de variadores de velocidad ofrece una robustez física a los equipos para soportar los diferentes tipos de ambientes hostiles; además dan la seguridad necesaria al integrar funciones dando garantías a los procesos y máquinas de una industria o fábrica. Al ser abierto e interoperable se conecta fácilmente a la arquitectura de automatización que maneje el cliente, es decir, logra la compatibilidad con los diversos protocolos de comunicación, en definitiva, Altivar Machine es un equipo más inteligente y autónomo”.

La experta, agregó que las dos versiones del producto se pueden implementar de manera sencilla en los sistemas o gabinetes, también tienen incluidas nuevas leyes de control del motor y aplicaciones. Una de ellas es la aplicación ATVLogic que deja programar el equipo sin necesidad de PLC, en otras palabras, llevan la experiencia y flexibilidad de la aplicación a las máquinas. Más características incluidas es su conectividad avanzada con arquitecturas de automatización como CANopen; EtherNet/IP - Modbus TCP; EtherCAT, Profibus; Profinet; y DeviceNet. (<https://www.acis.org.co/portal/content/NoticiaDelSector/inteligencia-y-autonom%C3%ADa-la-base-de-la-seguridad-y-eficiencia-de-las-industrias> 2018)

5. RESULTADOS

5.1. Primer Desarrollo

Se desea realizar el arranque de un motor de 1hp mediante un variador de velocidad ATV320, con dos estaciones de marcha y paro, en donde si pulso la entrada I1 o I3 inmediatamente se setea un relé auto enclavador dando una salida O1 dando avance al motor. Por otra parte, si pulso la entrada I2 o I4 inmediatamente se resetea el bloque B02 desactivando la salida O1 apagando el motor.

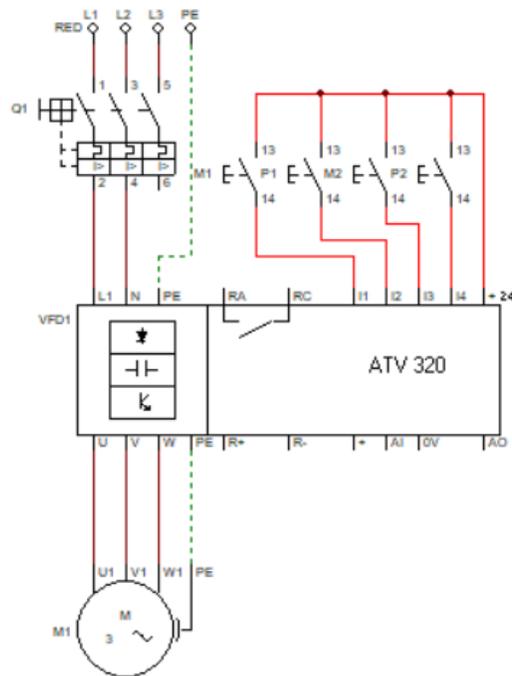


Figura 23 Montaje cableado desarrollo 1

Fuente: Autor

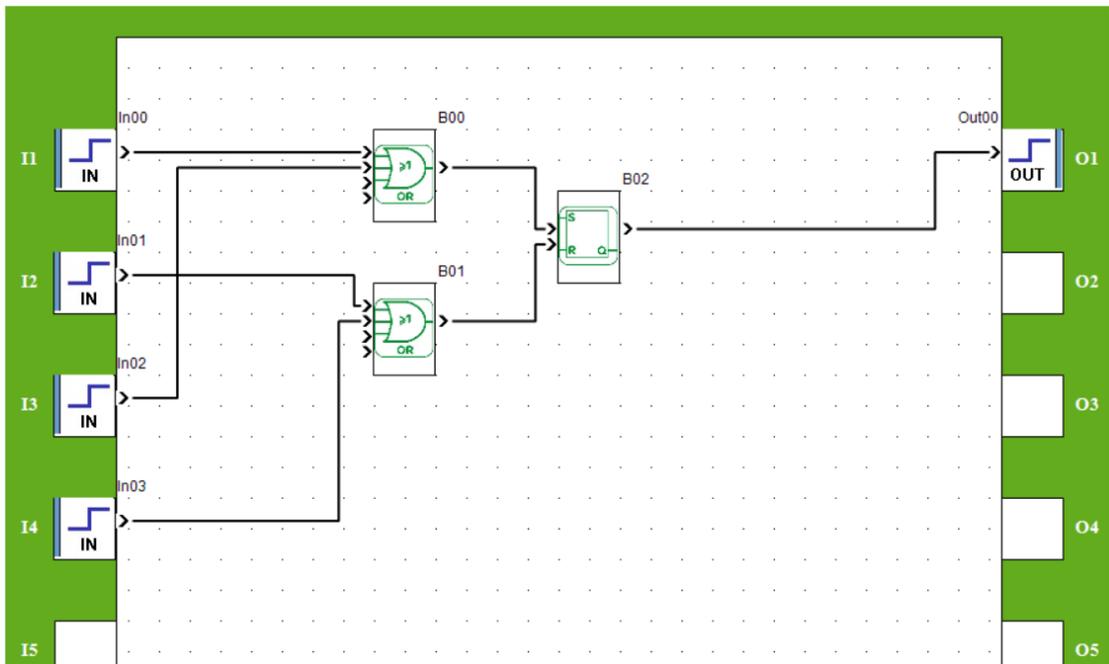


Figura 24 Programa ATV Logic desarrollo 1

Fuente: Autor

5.2. Segundo Desarrollo.

Se desea realizar un barredor de un silo controlado mediante un variador de velocidad ATV320 con tiempos de funcionamiento y cambio de frecuencia por panel del variador de velocidad. En donde si pulso la entrada I1 marcha inmediatamente se setea el relé auto enclavador y empieza a temporizar un tiempo de trabajo y luego se energiza un temporizador para el reposo por ultimo se utiliza un temporizador a la desconexión para volver a realizar el ciclo si deseo apagar debo pulsar reseteando todo el sistema.

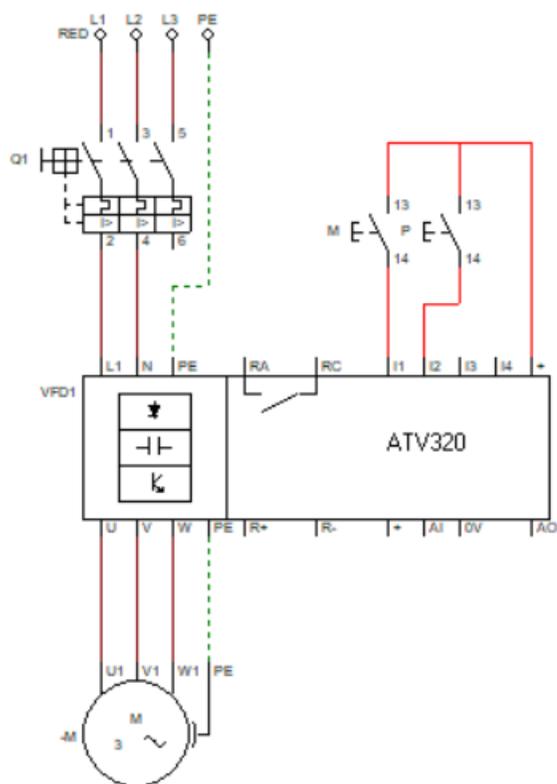


Figura 25 Diagrama eléctrico desarrollo 1

Fuente: Autor

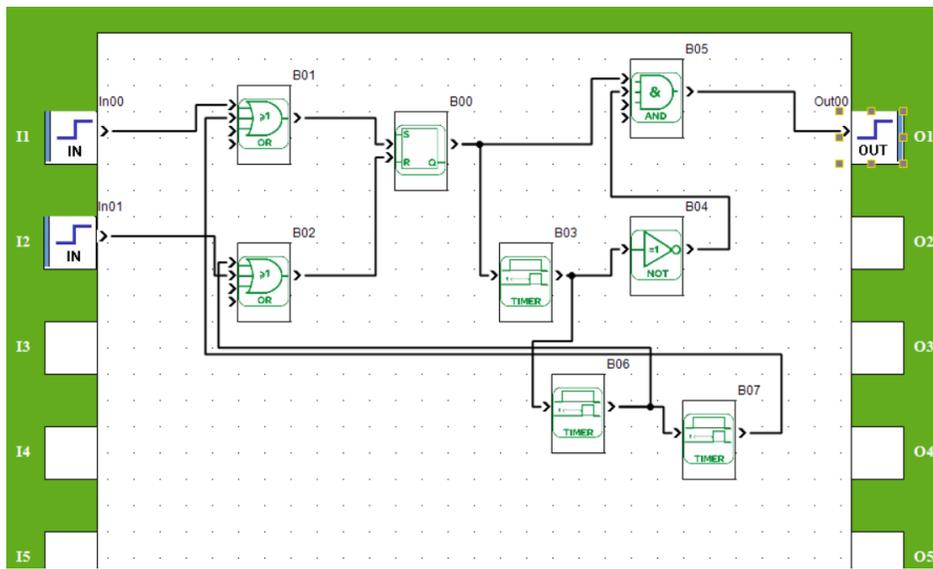


Figura 26 Programa ATV Logic desarrollo 2

Fuente. Autor

5.3. Tercer Desarrollo.

En esta se planteó el arranque de un motor que permanezca trabajando durante un tiempo específico en el cual el temporizador es el encargado de la desconexión del motor.

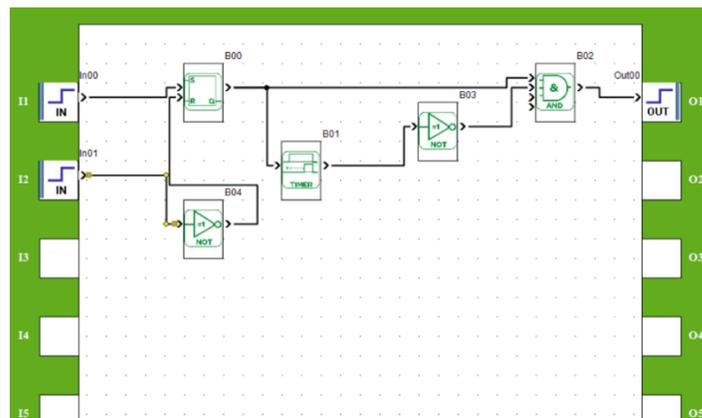


Figura 27 Programa bloques desarrollo 3

Fuente: Autor

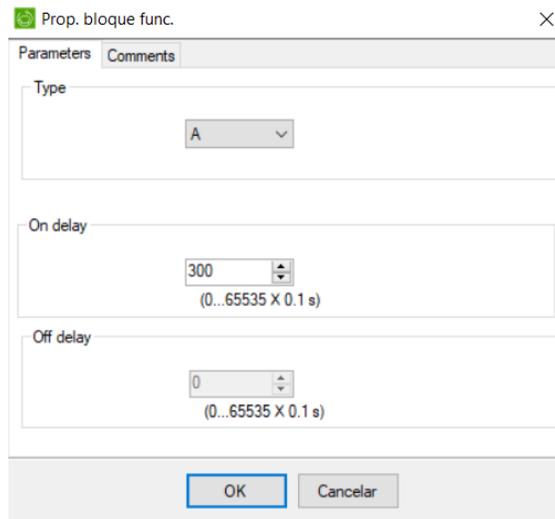


Figura 28 Configuración de temporizador desarrollo 3

Fuente: Autor.

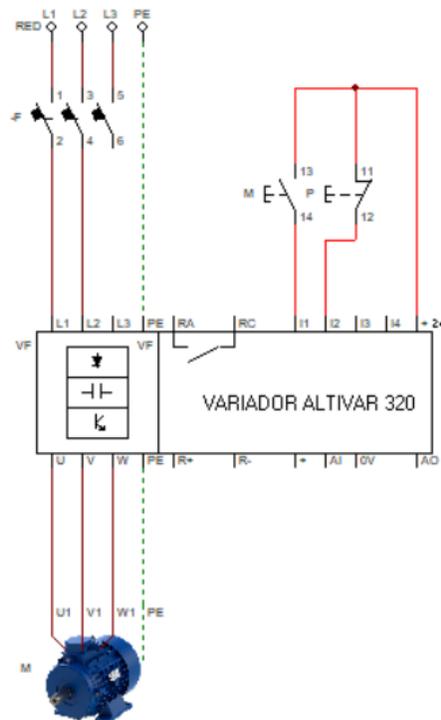


Figura 29 Diagrama de potencia y control desarrollo 3

Fuente: Autores

5.4. Cuarto Desarrollo.

Esta práctica consiste en un ciclo de intermitencia en un motor temporizado por A/C el cual nos permite arrancar el motor, detenerlo después de un tiempo específico y luego arrancar nuevamente constantemente.

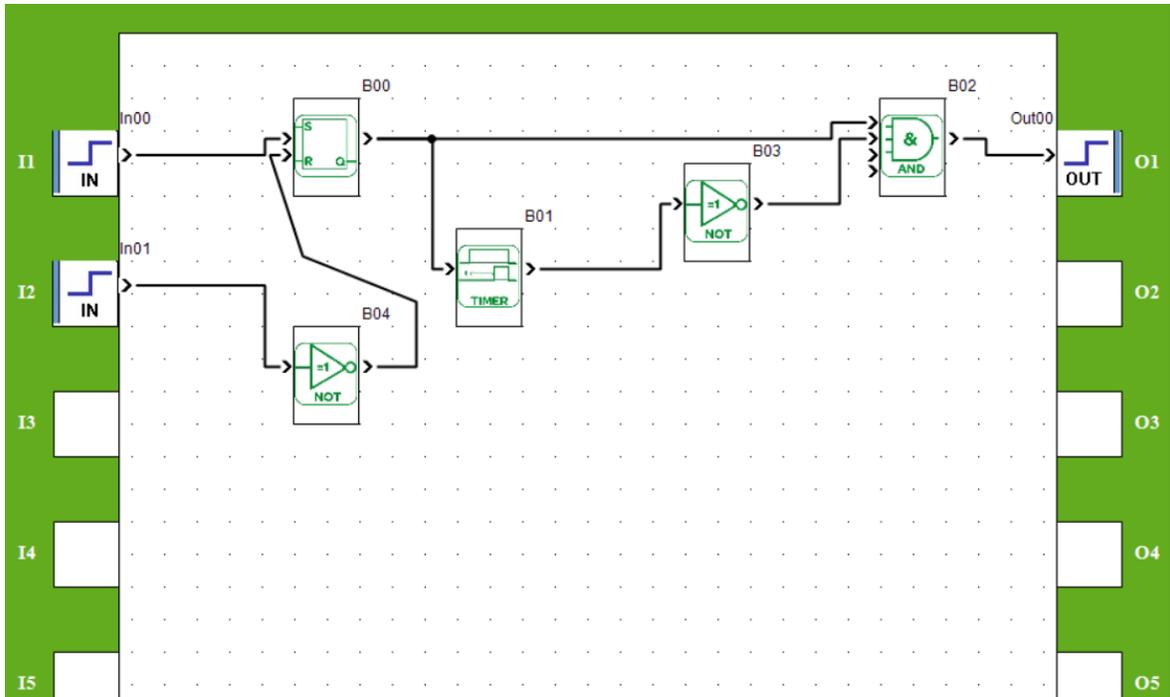


Figura 30 Programa en bloques desarrollo 4

Fuente: Autor

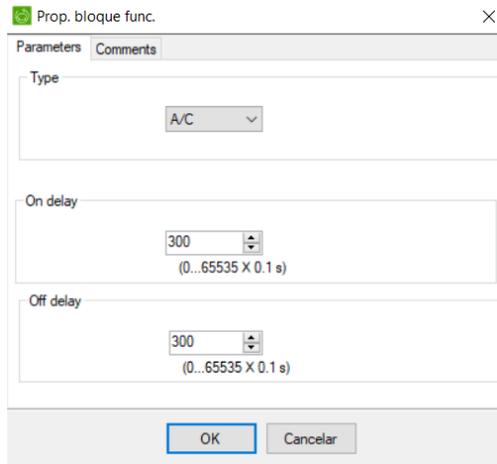


Figura 31 Configuración temporizador desarrollo 4

Fuente: Autor.

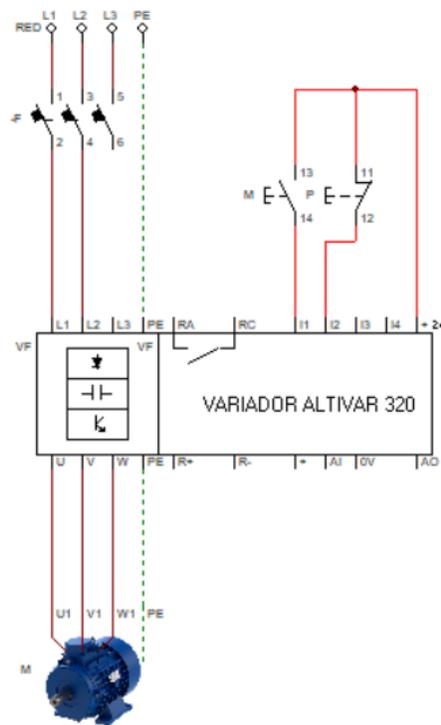


Figura 32 Diagrama eléctrico cableado desarrollo 4

Fuente: Autor.

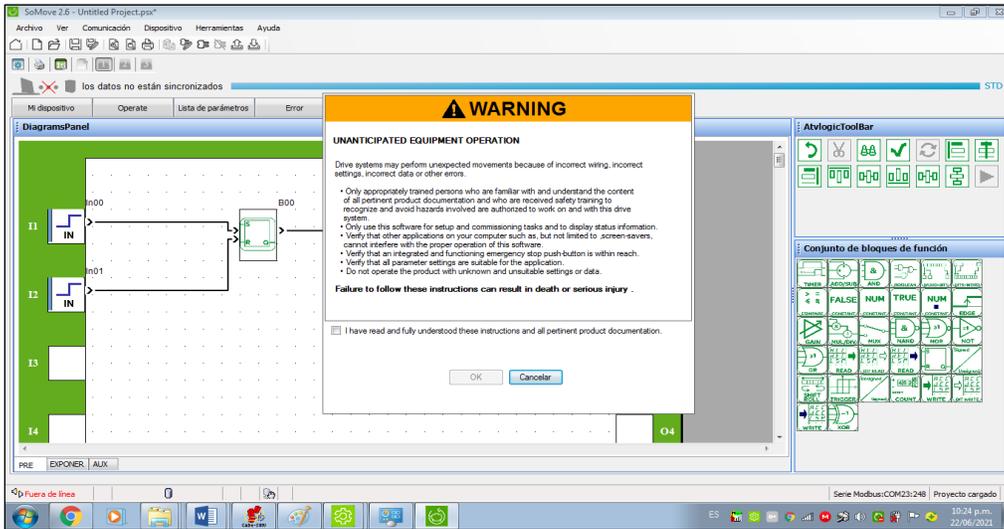


Figura 33 Estructura final desarrollo 4

Fuente: Autor.

6. CONCLUSIONES.

- Los variadores de velocidad o convertidores de frecuencia se diseñaron para el control de torque y control de velocidad de motores de induccion trifásicos, de igual manera se logra un determinado mecanismo logrando el comportamiento apropiado para cada tipo de máquina.
- En el sector industrial, y en los laboratorios de enseñanza los convertidores de frecuencia se vuelven versátiles a las tareas de control y automatización donde se requieren condiciones específicas y ahorros energéticos.
- Para su programación, los variadores de velocidad poseen parámetros programables, conocido como Tipo de Control Motor, que desarrolla la fuerza correcta en la medida en que la máquina cambia de velocidad. Se trata de un algoritmo matemático que puede ser Vectorial o Escalar, diferenciándose en tres aspectos: Precisión de velocidad, Desarrollo de Torque en bajas velocidades y el Tiempo de Respuesta Dinámica.
- Un variador de velocidad además de protegerse a sí mismo contra eventos como sobretensión, sub-tensión, pérdida de fase, cortocircuito en los IGBTs, etc.; también protege al motor y a la máquina. Funciones como monitoreo térmico, reducir las sobretensiones o detectar un exceso de corriente de fuga a tierra, están disponibles para evitar daños en el motor.
- Al aplicar el convertidor de frecuencia altivar 320 se obtuvieron y visualizaron los diferentes parámetros eléctricos de control, del estado en funcionamiento de un motor de inducción trifásico en varios valores de velocidad lo cual permite un análisis inmediato para estudio de las señales de variación con respecto al tiempo.
- El convertidor de frecuencia posee un sistema de registros de errores para análisis estadísticos de consumo además cuenta con funciones para emplear dependiendo de la aplicación a la cual sea instalado en este caso es

educativa para poder observar las variables y quizá implementar en otras aplicaciones futuras para el laboratorio.

- Posee un protocolo de comunicación MODBUS/TCP para conectar otros equipos y dispositivo y observar el estado del variador y poder realizar el monitoreo desde el software de una manera intuitiva y así mismo poder almacenar los datos que se realizaron en las pruebas.
- La serie de convertidores de frecuencia Altivar Machine ATV320 proporciona funciones de seguridad (conformes a la norma IEC 61508) comparables con el nivel de rendimiento “e” (PL e) según la norma ISO/EN 13849-1-2. El software del variador Altivar Machine ATV320 incluye cinco funciones de seguridad que ayudan a las máquinas a cumplir los requisitos de seguridad, con independencia de si se utilizan junto con un módulo de seguridad.

7. RECOMENDACIONES

- Para la utilización y programación del convertidor de frecuencia altivar 320, se recomienda la consulta de la guía técnica o manual de usuario la cual expone las principales características en la puesta en tensión al variador, para evitar configuraciones erróneas en la programación.
- Al terminar las prácticas de laboratorio done se aplique el convertidor altivar se debe verificar el estado con el seguro en modo abierto para que no puedan energizar la aplicación sin haber hecho un correcto proceso para energizar desde las protecciones
- Referenciar la configuración del menú de control drC- de cada motor, para verificar si los datos ingresados concuerdan con los datos de placa del motor.
- Cuando esté instalando el variador, debe asegurarse de que el lugar está bien ventilado, ya que los variadores necesitan que el aire fluya a través de ellos para evitar sobrecalentamientos. Otro consejo es que debe asegurarse de que el aire fluye por los ventiladores del variador sin obstáculos. Si esto no es así, el equipo puede dejar de enfriar debidamente los componentes en su interior, como los condensadores electrolíticos, y causar fallos o desconectarse debido a la sequedad. Si la temperatura en el lugar de su instalación es superior a 40°C, muchos fabricantes recomiendan reducir el output hasta un 15%.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Gonzales L, F. M. (1999). Recuperado el 11 de 08 de 2016, de Instalaciones Electricas Version II: <http://es.slideshare.net/ferdato8/capitulo-i-instalaciones-elctricas-versin-2-diciembre-1>

Schneider Electric. (s.f.). *biblioteca schneider*. Recuperado el 20 de julio de 2016, de coordinacion de las protecciones BT: http://automata.cps.unizar.es/bibliotecaschneider/BT/Guia/2_CoordInterrup.pdf

USAB. (s.f.). *Capitulo I*. Recuperado el 30 de julio de 2016, de Introduccion a las redes electricas: <http://www.labc.usb.ve/paginas/mgimenez/Ec1251/CAP1.pdf>.

Contreras, e., Sánchez, R. (2012). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura diseño de máquinas 2. [En línea] Santander: Universidad Industrial de Santander [citado en 2015-11-26]

ROLDÁN, J. Motores Eléctricos, accionamiento de máquinas. 4ta.ed. Chile: Paraninfo, 2005. SANTILLÁN, M. Apuntes de Control Industrial. Ecuador: ESPOCH, 2006. Doc

SCHNEIDER. Guía de Programación para motores asíncronos. 3ra. ed. Barcelona: 2009. doc SCHNEIDER, Manual de Instalación. 3ra. ed. Barcelona. 2009.

SCHNEIDER. Guía de Programación altivar procesos 600. . Barcelona: 2016. doc

Evaluación Energética De Bombas Centrífugas Horizontales. Consultoría y Servicios en Tecnologías Eficientes S.A. de C.V. México.

Ahorro de Energía en Sistemas Termodinámicos. Borroto Nordelo, Anibal. Monteagudo Yanes, José. Armas Teyra, Marcos. ISBN 959-257-045-0. Editorial UCF.Cienfuegos, Cuba. 2002.

Guía ARPEL, Eficiencia Energética para Bombas, Compresores, Ventiladores, Sopladores y Turbinas. Tylers, Brian. Franklin, Neil. 2002.

9. ANEXOS

PUESTA EN MARCHA BÁSICA ALTIVAR 320

COMPROBACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN

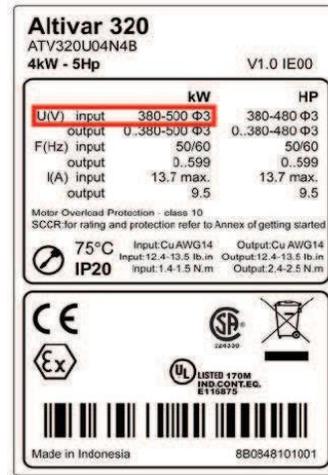
Se ha de comprobar que la tensión de la red es compatible con la tensión de alimentación del variador.

La tensión de alimentación la podemos encontrar en la placa de características ubicada en el lateral del variador.

En este caso, el variador se alimenta a una tensión TRIFÁSICA de 380 V a 500V.

Además de la tensión de alimentación, en la placa de características podemos encontrar otros parámetros como:

- Tipo de producto >> Altivar 320
- Referencia comercial >> ATV320U04N4B
- Especificaciones de potencia >> 4 kW – 5 Hp



Con los últimos dígitos de la referencia comercial podemos saber la tensión de alimentación del variador.

ATV320***M2	200 V Monofásico	ATV320***N4	400 V Trifásico
-------------	---------------------	-------------	--------------------

CREAR ENTRADA DE LA RED Y DEL VARIADOR

Según la referencia del variador, se realiza esta conexión de diferente manera. Los variadores con las siguientes referencias tienen la alimentación por la parte superior y la salida a motor por la parte inferior del equipo.

ATV320U**M2B

ATV320U**M2

ATV320U**N4C

C

ATV320***N4B

ATV320***M3C

ATV320***S6C

Para el resto de referencias, tanto la alimentación del equipo como la salida a motor se realiza por la parte inferior.