Remote Start-Up of Electric Motors for Activating Mine Fans

Curso: ME 315 Ingeniería Eléctrica

David Lozada Barrera, Martín Pacora Toledo, Winny Astucuri Ramirez, Geraldine Collado Aranguren, Kiomi Roxy Moreano Vargas

Escuela de Ingeniería Metalúrgica

Facultad de Ingeniería Geológica. Minera y Metalúrgica

Universidad Nacional de Ingeniería

RESUMEN

El presente proyecto trata de un sistema de arranque remoto para activar ventiladores en mina, este proyecto tiene como finalidad demostrar la utilidad y practicidad que produce el uso un software adecuado, en este caso emplearemos el programa “TeamWiever”. Este software es un programa gratuito de control remoto, quiere decir que alguien mediante tu permiso, puede acceder a tu ordenador y poder trabajar en él. Usaremos este programa de tal manera que se pueda controlar un PLC conectado a internet, para que el usuario pueda lograr un manejo a distancia cualquiera de un ventilador, ya que estos ocupan un papel importante en las labores de una mina, logrando un monitoreo remoto de un sistema de maquinarias automatizadas.

INTRODUCCIÓN

La dimensión de control es una parte esencial de los sistemas industriales y equipos modernos. El sistema de control efectúa automáticamente las decisiones en los procesos industriales, haciendo que el operador pase a un segundo plano. El control puede ser un simple comando de arranque o paro.

El control de arranque y paro en motores es una gran herramienta para la ingeniería de control, con aplicaciones en trituradoras, molinos, bandas trasportadoras en ventiladores, etc. Por tanto, es indispensable la práctica del control de arranque y paro mediante contactores.

El motor trifásico es el motor más usado en el mundo de las instalaciones industriales y en grandes edificios. Simple en términos de diseño y manejo, flexible en diversos campos de aplicación y con un funcionamiento económico.

Es la solución más favorable cuando hablamos de relación calidad y precio. Lo que caracteriza al motor trifásico es el alto consumo de intensidad cuando lo alimentamos con carga a través de un arranque directo.

Cuando aplicamos tensión directa lo que obtenemos es una sobreintensidad que puede causar caídas de tensión de red y problemas en los sistemas mecánicos. Desde la invención del motor trifásico, ya hace más de 100 años (1889), se han desarrollado diferentes conceptos y soluciones para la puesta en marcha, que tienen por objetivo eliminar efectos secundarios desagradables. Sin embargo, para que estos conceptos y soluciones cumplan el deseo de un rendimiento óptimo y satisfactorio en la puesta en marcha, dependerá de la aplicación y, finalmente, de los aspectos económicos.

En el presente trabajo de investigación se expone el principio de control de arranque y paro para activar ventiladores en mina, mediante contactores de un motor trifásico y un sistema de control en base a dicho principio que permite el control del motor y el señalamiento mediante luces de arranque y paro; identificándose cada una con el color verde para señalar paro de motor y rojo para señalar el arranque.

.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La minería es una gran industria en la cual se trabaja a gran escala con maquinarias inmensas, con gran cantidad de mano de obra; además de un gran riesgo ya que este trabajo es muy riesgoso.

En esta industria se busca siempre optimizar los costos; esto conlleva a muchos factores como el buen uso de las maquinarias, una óptima forma de explotar la mina y un factor muy importante es el tiempo de realizar una operación.

El problema es el tiempo que debe ser lo más mínimo posible, a mayor tiempo empleado para realizar una operación será menor la producción; como por ejemplo hacer una operación de forma mecánica toma demasiado tiempo. Una forma de solucionar este problema es haciéndolo de manera automática es decir desde un panel de control que puede estar lejos del lugar de la operación, esto reduce muchísimo el tiempo empleado para realizarla manualmente.

OBJETIVOS

- Arrancar y variar la frecuencia remotamente de un motor eléctrico desde un dispositivo móvil para el caso específico de ventiladores de mina.
- Tener el control sobre el encendido y apagado de un sistema automatizado del sistema de ventilación en una mina desde un punto distante.
- Optimizar costos mediante el uso del variador de frecuencia, evitando el gran consumo de energía que produce un arranque directo.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

- **Motores de arranque eléctrico**

Estas máquinas se han convertido en los principales consumidores de energía eléctrica, representando hasta un 50% del consumo en los sectores comercial e industrial. Los motores eléctricos convierten la electricidad en energía mecánica y es usada en una variedad de equipos como: tornos, ventiladores, extractores, bandas transportadoras, bombas de agua, compresores, taladros y en múltiples aplicaciones en las empresas.

El funcionamiento de un motor se logra circulando corriente eléctrica en el embobinado de cobre de la parte fija (estator), lo cual genera un campo magnético. Al interactuar con el campo magnético de la parte móvil (rotor), se produce el movimiento de giro. El motor eléctrico usa los polos magnéticos (que funcionan como imanes) para producir el movimiento del rotor. Este movimiento es transmitido al exterior por medio de un eje o flecha para accionar equipos mecánicos.

La potencia de salida mecánica del motor está definida por el torque y la velocidad. El torque se define como el equivalente de una fuerza por distancia que es capaz de ejercer un motor en cada giro, la velocidad es la cantidad de veces que gira el eje del motor en un minuto.

- **Circuito de potencia**

Es el encargado de alimentar al receptor (p.e. motor, calefacción, electro freno, iluminación, etc.). Está compuesto por el contactor (identificado con la letra K), elementos de protección (identificados con la letra F como pueden ser los fusibles F1, relé térmico F2, relés magneto térmicos, etc.) y un interruptor trifásico general (Q).

Dicho circuito estará dimensionado a la tensión e intensidad que necesita el motor. En la figura se muestra el circuito de potencia del arranque directo de un motor trifásico.

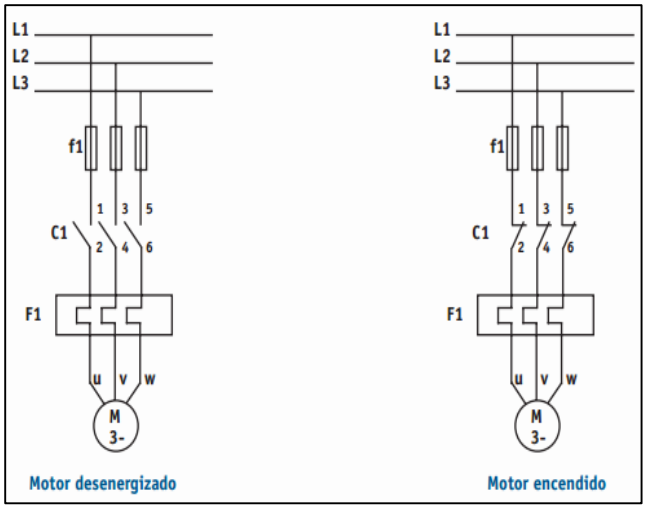

Figura 1: Motor trifásico.

- **Circuito de control**

Encargado de controlar el funcionamiento del contactor. Normalmente consta de elementos de mando (pulsadores, interruptores, etc. identificados con la primera letra con una S), elementos de protección, bobinas de contactores, temporizadores y contactos auxiliares.

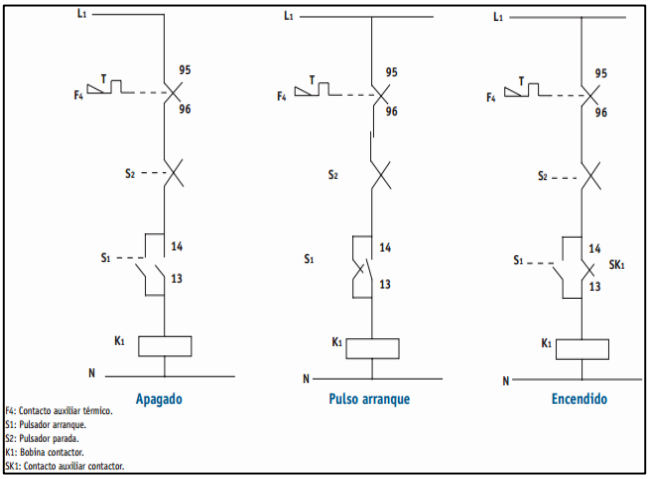

Figura 2: Motor apagado, pulso arranque y encendido.

1. Partes de un arrancador directo

1.1. Interruptor termomagnético

Dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule).

El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga. Su misión es la de proteger a la instalación y al motor, abriendo el circuito en caso de cortocircuito, o sobrecarga.

Figura 3: Interruptor.

1.2. Contactor

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contacto recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

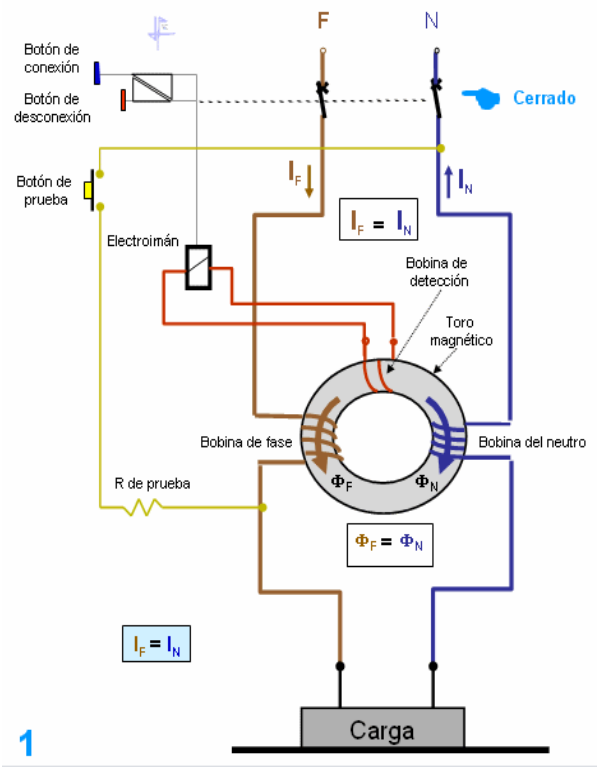

Figura 4: Partes de un contactor.

Figura 5: Contactor.

1.3. Rele térmico

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua, Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.

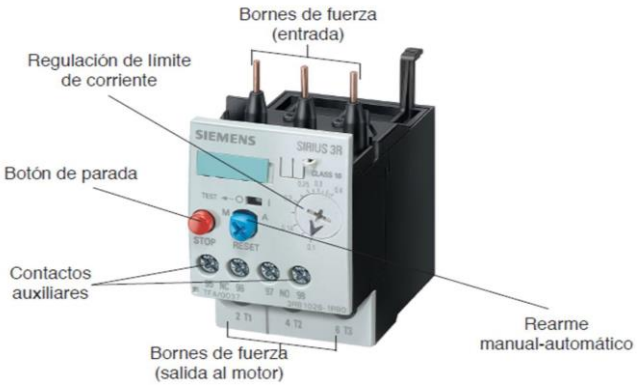

Figura 6: Relé Térmico.

1.4. Temporizador

Cuando se usa en partidores estrella-triangulo, el temporizador deja la conexión estrella y provee un lapso antes de la transición a la conexión delta.

Figura 7: Temporizador.

1.5. Variador de frecuencia

Un **variador de frecuencia** (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la **frecuencia** de alimentación suministrada al motor.

Figura 8. Variador de Frecuencia

1.6. Pulsador

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos. ... Son elementos de accionamiento que sirven para abrir o cerrar un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos.

Figura 9. Pulsadores.

1.7. Motor

El motor trifásico es de inducción tipo jaula de ardilla, el más común usado en la industria por su construcción simple y gran resistencia física.

Sus componentes más importantes son el estator con su bobinado trifásico distribuido y el rotor solido tipo jaula de ardilla. El motor de inducción deriva su nombre del hecho que el voltaje alterno del estator induce corrientes en el rotor, las que a su vez se enclavan con el flujo primario del estator produciendo como resultado final la acción de giro.

Figura 10. Motor trifásico.

2. Tipos de arranque de motor

2.1. Arranque directo

El arranque directo hace posible el arranque con un simple contactor, por lo que suele efectuar rara vez mediante arrancador manual. Los arrancadores automáticos comprenden el contactor trifásico con protección de sobrecarga y un dispositivo de protección de sobrecarga de tiempo inverso. El arranque y la parada se efectúan mediante pulsadores montados sobre la caja, pudiéndose también disponer de control remoto si fuera necesario.

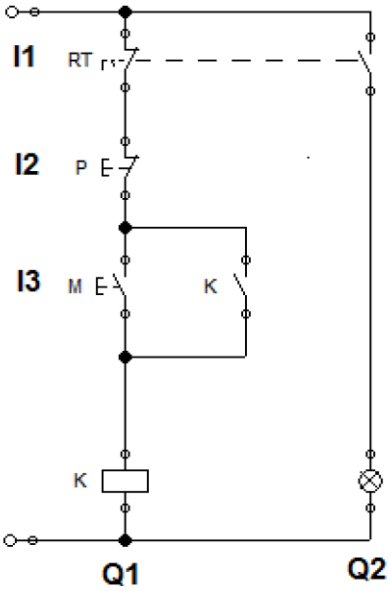

Figura 11: Circuito de control arranque directo trifásico.

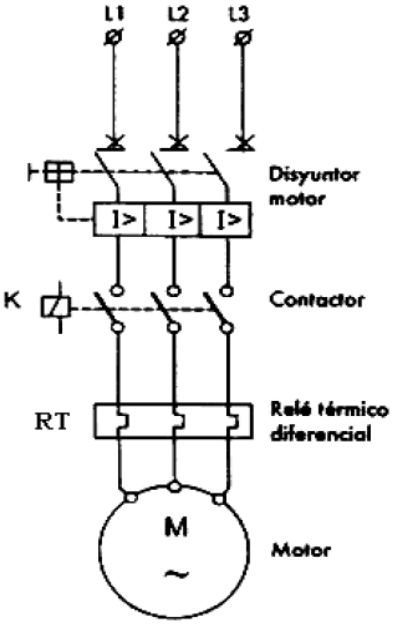

Figura 12: Circuito eléctrico de fuerza.

2.2. Arranque con Variador de Frecuencia

Se recomienda utilizar un arrancador progresivo cuando sea necesario:

- Reducir los picos de corriente y eliminar las caídas de tensión en la línea.
- Reducir los pares de arranque.
- Acelerar, desacelerar o frenar suavemente, para la seguridad de las personas u objetos transportados.
- Arrancar máquinas progresivamente, en especial aquellas de fuerte inercia.
- Adaptar fácilmente el arrancador a las máquinas especiales.
- Proteger al motor y a la máquina con un sistema de protección muy completo.
- Supervisar y controlar el motor en forma remota.

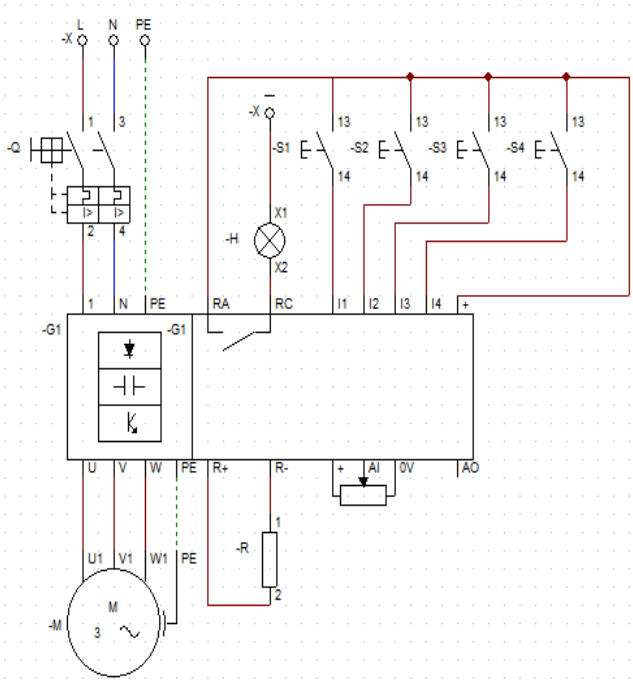

Figura 13: Circuito en un variador de frecuencia.

2.3. Arranque con inversión de giro

Los motores trifásicos hasta determinadas potencias arrancan sin ningún sistema de arranque. Su funcionamiento se basa en la creación de un campo magnético giratorio, debido a la variación de la corriente en las tres fases.

El sentido de giro del motor queda determinado por el orden en el que se produzcan esas variaciones de fases. Lógicamente si se invierte dicho orden, el sentido de giro también se invertirá.
De acuerdo a lo anterior lo que se hace es cambiar dos fases cualesquiera de las tres fases que alimentan al motor, y eso bastara para que el sentido de giro cambie.

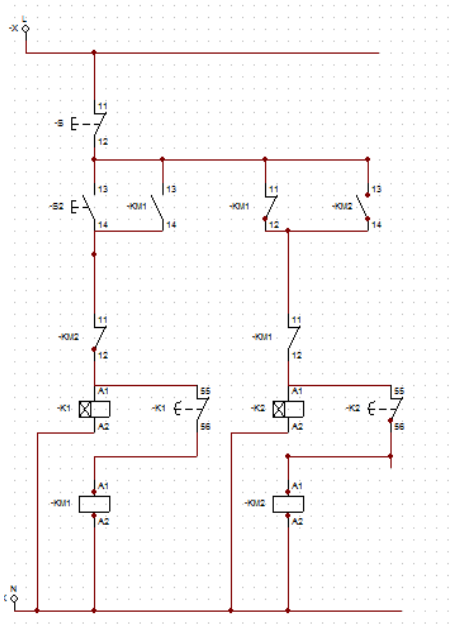

Figura 14: Circuito de Fuerza.

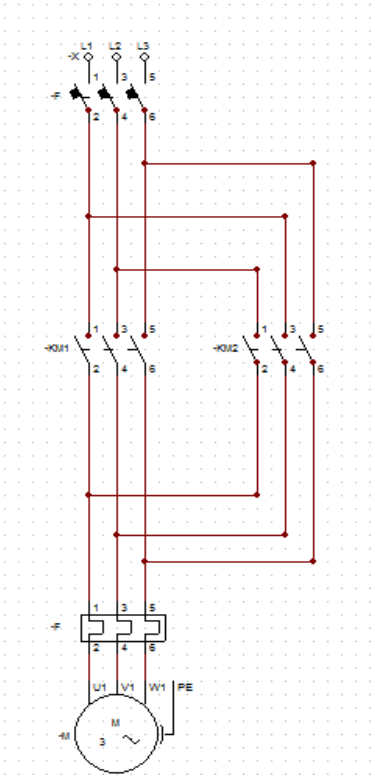

Figura 15: Circuito de control.

3. Programmable Logic Controller (PLC)

Un controlador lógico programable o por autómata programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.
El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial.

Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

El PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios preprogramados.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina.

Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas. Con la ayuda del programa Lader, y el software Unitronics, se pudo controlar el PLC a través de una un CPU.

Figura 16: PLC.

4. Control Remoto del Motor

Para poder conseguir el objetivo planteado se buscó el mejor programa que nos permita el control remoto de todo nuestro panel.
Se buscó un programa que para acceder obliga a tener una contraseña de acceso y disponga también de un chat de comunicación interna entre operadores.

El programa escogido para la elaboración de la solución fue el TeamViewer. Que nos permite conectarse remotamente a otro equipo. Entre sus funciones tambien están: compartir y controlar escritorios, reuniones en línea, videoconferencias y transferencia de archivos entre ordenadores.

Figura 17: Software TeamViewer.

RESULTADOS

	Arranque directo	Estrella-triangulo	Convertidor de frecuencia
Diagrama			
Curva de tensión			
Carga en la red en el arranque	Alto	Medio	Bajo
Curva de intensidad			
Intensidad relativa en el arranque	4...8x I_e (Dependiendo del motor)	1,3...3x I_e (~ 1/3 comparado con un arranque directo)	≤1 (...2x) Ie (ajustable)
Curva de par			
Par relativo en el arranque	1,5...3x M_N (dependiendo del motor)	0,5...1x M_N (~ 1/3 comparado con un arranque directo)	~ 0,1...2x M_N (M ~ U/f, par ajustable)
Características	- Alta aceleración con alto consumo en el arranque - Alta carga mecánica	- Arranque con reducción de par y corriente - Pico de par y corriente en el cambio	- Alto par a baja corriente - Características de arranque ajustables
Áreas de aplicación	Unidades en suministros estables que permiten altas corrientes de arranque (pares)	Unidades que solo están sujetas a la carga después de la aceleración.	Unidades que requieren un arranque controlado y un ajuste de velocidad sin escalones

El diagrama nos muestra el comportamiento del motor eléctrico durante los primeros instantes del arranque en los tres tipos analizados.

- Los resultados indican que el mejor método para arrancar el motor es el de variador de frecuencia, pues evita el pico de corriente en el arranque.
- Se logró arrancar y variar la frecuencia remotamente de un motor eléctrico desde un dispositivo móvil, primero controlando el motor eléctrico mediante un panel físico y un PLC, luego controlando el PLC con un ordenador y finalmente controlando el ordenador mediante internet valiéndonos de un software adecuado, que brinde seguridad al sistema con el uso de contraseñas para el acceso.
- Se hizo posible la supervisión remota del sistema, ya que podemos visualizar el gráfico del software del PLC en el móvil y saber que controles están activos en tiempo real
- Se pudo apagar el motor remotamente, teniendo el control en caso alguna protección automatizada falle, como por ejemplo el relé térmico.
- Al utilizar el variador de frecuencia se logró suprimir las desventajas que significa el pico de corriente en el arranque directo, tales como son: costos en energía desperdiciada, desgaste del aislante del motor por el exceso de corriente, la caída de voltaje que significa sufrimiento para los demás equipos conectados a la red
- El reducir el desgaste del aislante evitará cortos circuitos en el motor, lo que se traduce en mayor seguridad para los trabajadores.

CONCLUSIONES

- El arranque de motor directo es el método más sencillo para arrancar un motor trifásico Los devanados del estator están conectados directamente a la red eléctrica por un proceso de conmutación simple.
- En comparación con las soluciones anteriormente descritas, los variadores de frecuencia parece ser la solución más costosa a primera vista. El mayor costo de adquisición y las medidas adicionales sobre la instalación (cables blindados y filtro RFI para la compatibilidad electromagnética, EMC) son las principales razones. Pero durante una operación a largo plazo, el arranque suave del motor, además de la eficiencia energética y la optimización de costos en mantenimiento del motor y de los demás equipos conectados a la red que sufren una caida de voltaje producto del arranque directo, muestra beneficios económicos. Esto es especialmente aplicado para bombas y ventiladores. Por la adecuación de la velocidad de rotación del proceso de producción y la compensación de interferencias externas, el variador de frecuencia garantiza una vida útil más larga y una mejor seguridad funcional.
- Se comprobó que el software utilizado (TeamViewer) para el control del ordenador es aplicable a cualquier distancia que se encuentre el operador, esto facilita enormemente el trabajo de cualquier usuario que se encuentre lejos de su lugar de trabajo.

REFERENCIAS

[1] Guangwu, F., Qingming, Z., Qing, X., & Jun, W. (2011). Application of Team Viewer in Remote System Management. *Time Education*, *5*, 023.

[2] Harper, G. E. (1999). *Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria*. Editorial Limusa.

[3] Sabino, M. T. (2006). Diseño e Implementación de una Interfaz de Potencia para un Variador de Velocidad de Motores de Inducción. *Para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional de México*.

ANEXOS

ANEXO 1

1. Se usó un PLC de la marca Unitronics modelo JZ10-11-R16, este PLC cuenta con su mismo software para su manipulación y control.

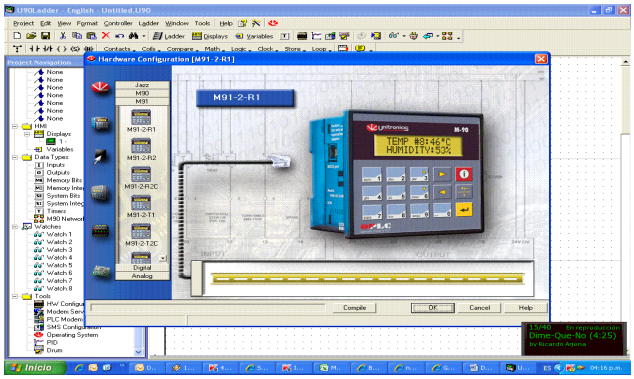

Figura 18: Diagrama del PLC.

2. Trabajo final

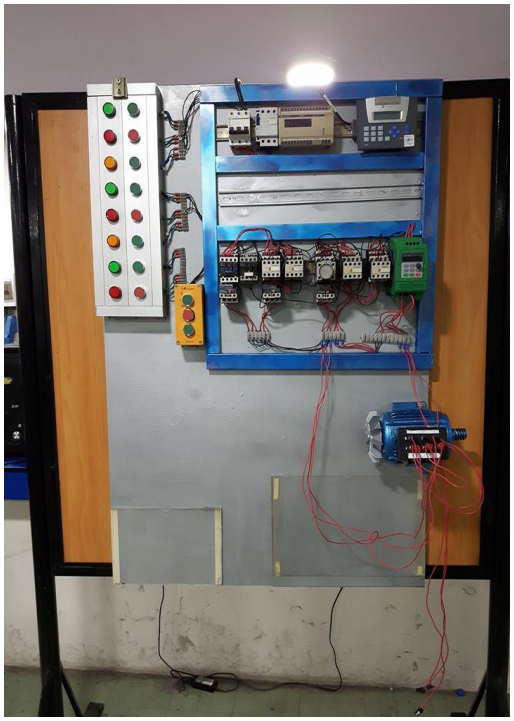

Figura 19: Tablero de control terminado.