

# **CAPITULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Introducción**

En el conocimiento humano, en forma particular en las ciencias exactas, se requiere en forma imperiosa una práctica experimental coherente con el nivel teórico desarrollado, es en esta fase del conocimiento donde se puede comprobar la validez científica de las teorías, proyectos y tesis formuladas sobre una temática concreta. Por esta razón, las universidades del país, orientan recursos económicos, técnicos y humanos muy importantes para el desarrollo de la formación experimental de sus estudiantes, en varias naciones incluso se ha establecido como una política de Estado, misma que permita su desarrollo tecnológico permanente, con sus aplicaciones efectivas en todas las áreas productivas de la sociedad.

La formación experimental es una de las partes sustanciales en la educación de los futuros ingenieros y en forma especial, para los estudiantes que han optado por la Ingeniería Electrónica en Automatización y Control. La Universidad Ecuatoriana, debe proporcionar todos los recursos necesarios, que permitan al estudiante poner en práctica todo el conocimiento que ha adquirido durante el estudio teórico de las diferentes materias. Tradicionalmente, el instrumento que hace posible este aprendizaje experimental es el laboratorio, lugar donde el estudiante puede realizar los experimentos y prácticas necesarias, para conocer y familiarizarse con los instrumentos y equipos que utilizará durante su vida profesional.

Se debe expresar que, el laboratorio tradicional presenta una serie de severas limitaciones que dificultan el proceso de aprendizaje experimental del estudiante en los Centros Superiores; ya que para su utilización, se requiere la presencia de los estudiantes y profesores en un horario predeterminado, con un tiempo perentorio y limitado para las sesiones prácticas. A este hecho se debe sumar que, el costo de la instalación y mantenimiento de este tipo de laboratorios suele ser alto, muchas veces fuera del alcance presupuestario; con lo cual, el contenido de las clases prácticas estará fuertemente condicionado al número de instrumentos o equipos disponibles, que permitan la experimentación individual o colectiva de los estudiantes.

Entre las nuevas alternativas para el conocimiento experimental, en el área de formación académica en Control, se han implementado plataformas de aprendizaje a distancia, las cuales se basan en el estudio de la estabilidad de los sistemas lineales y no lineales, como se ha podido observar en los laboratorios del Departamento de Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército. Pero también se han implementado otro tipo de laboratorios, en los cuales se estudia el comportamiento de los sistemas reales, mediante el acceso al dispositivo físico localizado en el laboratorio remoto. También es importante enunciar que, en el campo de la Robótica, se han desarrollado varios laboratorios virtuales y remotos; cuya función se basa en el control y teleoperación a distancia tanto de robots móviles, como de industriales. Estas nuevas aplicaciones permiten al estudiante adquirir rápidamente conceptos y habilidades para controlar un robot, comprender su funcionamiento y estar preparado para manejarlo adecuadamente.

Para superar las limitaciones que se evidencian en el conocimiento experimental, con la utilización del laboratorio tradicional, en varias partes del mundo se encuentran desarrollándose investigaciones, para la implementación de laboratorios virtuales o interactivos. Los avances logrados en este campo, se han fundamentado en la utilización de herramientas de Internet y programación; considerando que el desarrollo de estas investigaciones, se encuentran estrechamente relacionadas con los avances que tenga la tecnología tanto en software como en hardware; y siendo escasamente explorado este campo, se hace imperiosa la necesidad para diseñar nuevas y mejores aplicaciones en este campo, que permitirá en un futuro superar las limitaciones de un laboratorio tradicional.

Para el caso del presente proyecto de fin de carrera, y con el objetivo de facilitar el conocimiento experimental, se diseñará una plataforma remota que permita controlar y

monitorear un motor trifásico; donde el control se realizará por medio de un variador de Frecuencia con un PLC; y el monitoreo se efectuará a través de una Cámara Web; además se podrán visualizar parámetros como: corriente, voltaje y cambio de giro del motor en tiempo real, a través de un HMI, además, estará enlazado con una base de datos para el registro de los alumnos que han accedido a la práctica de laboratorio.

## **1.2 Plataformas Remotas**

La creciente complejidad de las actividades prácticas de laboratorio y el desarrollo en software, han hecho que los laboratorios virtuales evolucionen, transformándose en plataformas remotas. Éstas son sistemas basados en instrumentación real de laboratorio (no prácticas simuladas), que permite al estudiante realizar actividades prácticas de forma local o remota, transfiriendo la información entre el proceso y el estudiante de manera unidireccional o bidireccional, como por ejemplo, en el caso de este proyecto existirá una comunicación bidireccional; ya que, se podrá descargar el programa al controlador de la plataforma y al mismo tiempo este enviará los datos de corriente y voltaje del motor para su monitoreo. El alumno utiliza y controla los recursos disponibles en el laboratorio, a través de estaciones, las mismas que pueden ser monitoreadas bajo una red local o bien a través de Internet.

La diferencia entre la plataforma remota y el laboratorio virtual, reside en el tipo de software y el tratamiento del material: la plataforma remota se basa en instrumentos reales (tarjetas de adquisición de datos, instrumentos de medida, conexiones en interfaces diversas, comunicación de datos), mientras que en los laboratorios virtuales sólo existen procesos de computación basados en simulaciones, ya sean applets de Java, Flash, o bien programas específicos para esa área de trabajo que pueden ser ejecutados en computadores aislados o en una Intranet. Las plataformas remotas presentan mayores ventajas que los laboratorios virtuales, debido a que éstos proporcionan un mayor nivel de interactividad y el alumno entra en contacto con equipamiento real, en lugar de entrar en contacto con programas simulados.

### Ventajas de las Plataformas Remotas

Las plataformas remotas son una innovación en el campo de la Educación de forma presencial y a distancia, por lo que habrá que prestar atención tanto a su diseño como al

estudio de las ventajas y limitaciones, desde el punto de vista didáctico en el conocimiento experimental. Entre las ventajas que ofrecen las plataformas remotas se encuentran las siguientes:

Economiza recursos.- Una plataforma remota, permite aprovechar los recursos, tanto humanos como materiales de los laboratorios reales. Al integrar, en un único computador, los instrumentos necesarios para la ejecución de las prácticas, el ahorro en material de laboratorio es considerable. Se podría pensar que el alumno pierde así la perspectiva real, lo cual es erróneo ya que, por un lado, los instrumentos virtuales diseñados son idénticos a los reales y, por otro, la respuesta de los sistemas es la de un sistema real y no utiliza la simulación más que para la comparación de los resultados. Donde se obtiene un gran aprovechamiento, es a través de una Intranet o a través de Internet, ya que supone no tener que duplicar los materiales y poder acceder a ellos a través de la red como si se estuviese en el mismo puesto.

Ampliación de límites espaciales y temporales.- Una plataforma remota permite ampliar la oferta horaria del alumno en su formación. Este es un recurso extremadamente rentable. Ofrece un refresco instantáneo a los usuarios, previo a la realización de alguna tarea concreta. Gracias a la implementación, los límites espaciales y temporales no son restrictivos para el trabajo de laboratorio. Es posible llevar a cabo experimentos de forma estructurada o incluso más abierta, en la que los estudiantes desarrollan habilidades de resolución de problemas, observación, interpretación y análisis de los resultados, de forma similar a la que los investigadores realizan en el laboratorio tradicional.

Actualizados conocimientos experimentales.- El alumno no necesita disponer del software de simulación. Puede disponer, en cualquier momento, de las mismas versiones del software, dado que éste se actualiza en el centro servidor.

Las plataformas remotas ofrecen la posibilidad de controlar de forma remota las aplicaciones basadas en instrumentos virtuales, donde destacan la modularidad y el carácter abierto de los objetos dinámicos de instrumentación.

La instalación y gestión de la aplicación de control remoto seguro a través de Internet para un número ilimitado de computadores, permitiendo a los usuarios acceder a casi cualquier

computador que esté conectado a Internet, en cualquier momento y desde cualquier lugar geográfico.

Aplicación universal y segura.- Una plataforma remota permite conectar de forma segura computadores dispersos geográficamente sin necesidad de añadir ningún componente de hardware. En el caso de implementar una estación Central para la plataforma remota, los administradores podrían, no sólo controlar quién accede a la red y cómo acceden, sino también monitorear e informar sobre el uso que se está haciendo de la red y su rendimiento. En una plataforma remota se puede monitorear y generar informes detallados de un número ilimitado de computadores, con distinto nivel de conectividad de usuarios remotos que tengan conexión a Internet y de redes virtuales seguras, permitiendo así una gestión continua de extremo a extremo.

La obtención de resultados no está predefinida, ni está garantizada, ya que depende directamente, del tipo de aplicación que se desee realizar con la plataforma remota y también depende de la programación que se le haya realizado al controlador, además de los conocimientos, análisis y reflexión del momento.

Suple la escases de laboratorios tradicionales.- La falta de laboratorios tradicionales, suficientemente equipados y en número suficiente que cubra las necesidades de los estudiantes, es reemplazada en forma eficiente por los laboratorios en plataformas remotas; quienes pueden organizar su tiempo para sus prácticas experimentales, y no por el contrario estar sujetos a la planificación académica en el uso del laboratorio tradicional.

No existe temor al error y perdida de recursos.- Una de las principales ventajas de los laboratorios virtuales, es que los estudiantes aprenden mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente, sin avergonzarse de realizar varias veces la misma práctica, ya que pueden repetirlas sin límite; sin temor a dañar alguna herramienta o equipo. Pueden asistir al laboratorio cuando ellos quieran, y elegir las áreas del laboratorio más significativas para realizar prácticas sobre su trabajo.

#### Desventajas de las Plataformas Remotas

En la implementación de las plataformas remotas también existen limitaciones, de las cuales podemos establecer las siguientes:

Implementación costosa.- La experimentación en tiempo real exige períodos de muestreo relativamente pequeños, requiriendo el uso de recursos que por lo general, resultan costosos, además de la necesidad de disponer de sistemas operativos de tiempo real. Al conectar sistemas reales de laboratorio a Internet, es necesario implementar los protocolos de comunicaciones correspondientes y procesadores potentes como en este caso el PLC que permitirá realizar el control del motor y el Variador de Frecuencia con el que se controlarán los parámetros de arranque del mismo, lo que hace que, la implementación de la plataforma remota sea costosa. Al igual que, todas las actuaciones sobre los sistemas deben poder realizarse utilizando entradas y salidas digitales o analógicas. Tanto el hardware como el software han de ser suficientemente robustos para que no fallen en ningún momento, mientras el alumno los está utilizando de manera que responda a las expectativas que éste tenga; al mismo tiempo esto dependerá de la velocidad de comunicación que exista entre los componentes de la plataforma como por ejemplo, para el caso de este proyecto sería la velocidad de comunicación entre la computadora central que contiene el programa y el PLC, o a su vez entre el PLC y el Variador de Frecuencia.

Software escasos.- El software para plataformas remotas es escaso, lo que impide que los ejemplos de aprendizaje remoto con experimentos en tiempo real se realicen de forma adecuada. Son pocas las Universidades que han logrado implementar verdaderas plataformas remotas y una de esas es la implementada en la Universidad Nacional Antonio José de Sucre de la ciudad de Barquisimeto-Venezuela, con la que se pudo realizar prácticas basadas en el control de giro, corriente y voltaje de un motor. Otra de las pocas plataformas es la desarrollada en la Universidad Politécnica de Cataluña-España, la misma que consta de motores y un PLC por medio del cual se realiza el control de los motores, además esta plataforma fue la base para la construcción de la que fue implementada en Barquisimeto-Venezuela y servirá de ejemplo para la plataforma que se construirá en el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército.

En los centros docentes no universitarios, aún no se desarrollan este tipo de experiencias, debido a la escasa formación de profesores y alumnos, además de la falta de medios informáticos y el costo de la implementación de estos sistemas.

Pérdida parcial de la visión real.- El alumno no utiliza elementos reales en el laboratorio virtual, lo que provoca una pérdida parcial de la visión de la realidad, porque no siempre se dispone de la simulación adecuada para el tema. Son pocas las experiencias realizadas

con los laboratorios virtuales en los centros educativos, donde aún impera el uso de recursos tradicionales, tanto en la exposición de conocimientos en el aula como en el laboratorio. Un gran número de organizaciones y universidades necesitan que sus alumnos adquieran además del conocimiento teórico, un conocimiento práctico. Para ello se crean y utilizan los laboratorios. Pero, cuando los alumnos no pueden asistir por múltiples motivos, es muy útil la creación de los laboratorios virtuales, estos son programas que permiten al alumno realizar sus prácticas en cualquier momento y lugar, la implementación de laboratorios virtuales cada vez tiene más acogida dentro de centros educativos y universidades de todo el mundo, por la utilidad que prestan.

#### Características de las plataformas remotas

- Exponen al alumno a una experiencia Real con resultados Reales.
- Las plataformas remotas se pueden acceder desde cualquier parte del mundo.
- El alumno elige cuándo y a qué hora realizar la práctica.
- El alumno puede distribuir su tiempo de la práctica adaptando el laboratorio a sus actividades.

#### Partes de una Plataforma Remota

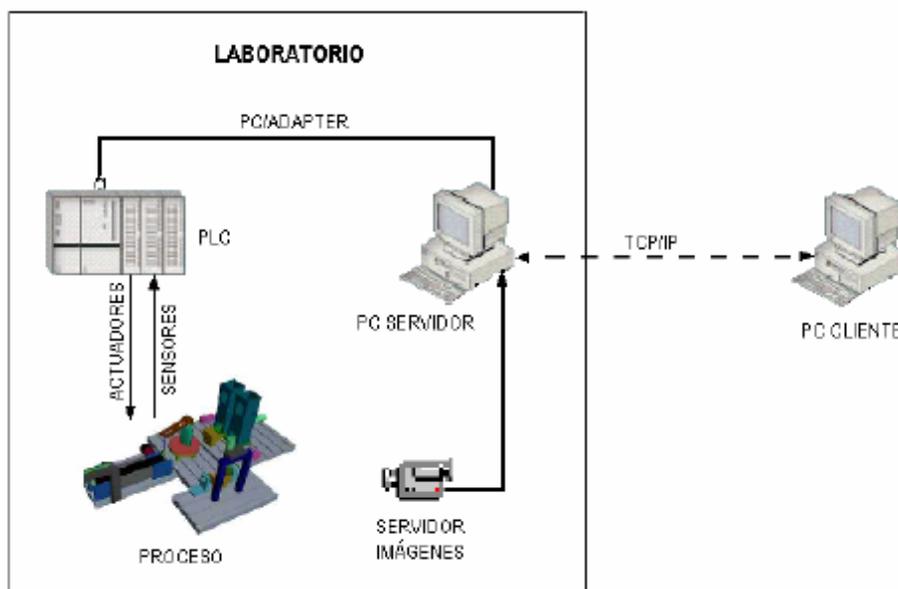
La Plataforma consta principalmente de 3 partes,

- Una cámara Web que estará conectada a la computadora central, con la cual se podrá monitorear el comportamiento de la plataforma de acuerdo a lo programado en la misma.
- Un sistema de Software que permitirá programar en diversos lenguajes el controlador y además permitirá descargar al controlador las aplicaciones que se deseen realizar en la plataforma remota.
- Una Interface o HMI que permitirá visualizar los parámetros y características del elemento que se desea controlar; es decir que, para el caso de este proyecto será el cambio de giro, la corriente y el voltaje en tiempo real de un motor trifásico.

## Arquitectura de una Plataforma Remota

Los componentes básicos en una plataforma son:

- Elemento físico a controlar: Para el caso de este proyecto de fin de carrera es un motor de inducción trifásico de 1 HP.
- Controlador: Su trabajo lo hace un PLC y un Variador de Frecuencia; los mismos que serán dimensionados de acuerdo a sus características de conexión.
- Sistema de Adquisición de Datos: El control del motor a través de una interface o HMI cuyo software dependerá estrictamente de su compatibilidad con el controlador.
- Servidor de Imágenes: Para esto se utilizará una cámara Web que estará conectada a la computadora central y por medio de la cámara se podrán visualizar los cambios de la aplicación que realizará sobre la plataforma remota.



**Figura 1.1 Arquitectura de una Plataforma Remota**

### **1.3 Laboratorios Virtuales**

Como ya se indicó en la introducción, como alternativa a los laboratorios presenciales, se pueden utilizar laboratorios virtuales. En el caso de este proyecto de tesis se realizará una simulación del proceso a través de un software, lo que lo convierte en un

laboratorio virtual que permitirá observar el comportamiento de un motor a través de una cámara Web.

Un laboratorio virtual es un sistema computacional, que pretende aproximar al estudiante, el ambiente de un laboratorio Tradicional o Real. Los experimentos se realizan paso a paso, siguiendo un procedimiento similar al de un laboratorio real; donde se visualizan instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos (applets de Java o Flash, javascripts, Labview, Matlab, InTouch, etc), imágenes o animaciones. Se obtienen resultados numéricos y gráficos, tratándose éstos matemáticamente para la obtención de los objetivos perseguidos en la planificación docente de las asignaturas.

La creación de laboratorios virtuales tiene algunas ventajas importantes con respecto a los laboratorios reales (presenciales). Dado que un laboratorio virtual se basa en modelos matemáticos que se ejecutan en computadores, su configuración y puesta a punto es mucho más sencilla que la configuración y puesta a punto de los laboratorios reales. Además, presentan un grado de robustez y seguridad mucho más elevado ya que para este proyecto de tesis, se ha planteado una etapa de simulación, de tal forma que se evitaría cualquier problema en el entorno real.

Los laboratorios virtuales permiten acceder a los estudiantes a prácticas con los equipos del laboratorio, experimentando sin riesgo alguno y en el horario que se adecue a sus necesidades evitando la saturación y reduciendo el costo del montaje de los laboratorios reales.

Es una herramienta de autoaprendizaje, donde el alumno altera las variables de entrada, configura nuevos experimentos, aprende el manejo de instrumentos y personaliza el experimento, como por ejemplo para el caso de este proyecto se realizarán cambios en el programa lo que determinará el giro del motor, además de la corriente y voltaje de arranque del mismo.

Las simulaciones que se obtienen de los laboratorios virtuales, permiten obtener una visión más intuitiva de aquellos fenómenos que en su realización manual no aportan suficiente claridad gráfica. El uso de laboratorios virtuales da lugar a cambios fundamentales en el proceso habitual de enseñanza, en el que se suele comenzar por el modelo matemático. La simulación interactiva de forma aislada, posee poco valor didáctico, es por esto que se la

complementa con un conjunto de elementos multimedia que guíen al alumno eficazmente en el proceso de aprendizaje. Se trata de utilizar la capacidad de procesamiento y cálculo del computador, incrementando la diversidad didáctica, como complemento eficaz de las metodologías más convencionales.

Los laboratorios virtuales permiten a los estudiantes aprender mediante prueba y error, sin miedo a sufrir o provocar un accidente, pueden realizar varias veces la misma práctica, como indicábamos en forma precedente, sin temor a dañar alguna herramienta o equipo. Pueden asistir al laboratorio cuando ellos quieran, y elegir las áreas del laboratorio más significativas para realizar prácticas sobre su trabajo.

El software que permite el monitoreo y programación de los controladores que componen un laboratorio virtual es variado y muchos de ellos se encuentran a disposición en internet de forma libre, aunque existan otros que permiten realizar aplicaciones más complejas y por lo tanto son pagados. Algunos de los más usados son: Matlab, Labview de NI, InTouch, Rockwell Software de Allen Bradley.

De la misma manera, no todo son ventajas en los laboratorios virtuales, ya que también existen limitaciones. A continuación se muestran los más destacados:

El laboratorio virtual no puede sustituir la experiencia práctica altamente enriquecedora que ofrecen los laboratorios reales. Por lo que los laboratorios virtuales son solo una herramienta complementaria para formar al estudiante y obtener un mayor rendimiento. Es importante que las actividades en los laboratorios virtuales, tengan un guión que explique el concepto a estudiar, así como las ecuaciones del modelo utilizado. Es necesario que el estudiante realice una actividad ordenada y progresiva, de tal manera que pueda alcanzar objetivos básicos y concretos.

Al no utilizar elementos reales en el laboratorio virtual, puede provocar una pérdida parcial de la visión de la realidad, Además, son pocas las experiencias realizadas con los laboratorios virtuales en los centros educativos, donde aún el uso de recursos tradicionales en la exposición de conocimientos en el aula como en el laboratorio no han variado. Un gran número de organizaciones y universidades necesitan que sus alumnos adquieran además del conocimiento teórico, un conocimiento práctico. Para ello se crean y utilizan los laboratorios. Pero, cuando los alumnos no pueden asistir por diferentes motivos, es

muy útil la creación de los laboratorios virtuales, estos son programas que permiten al alumno realizar sus prácticas en cualquier momento y lugar.

### Tipos de Laboratorios Virtuales

Existen diferentes tipos de laboratorios virtuales:

- Laboratorios software
- Laboratorios web
- Laboratorios remotos

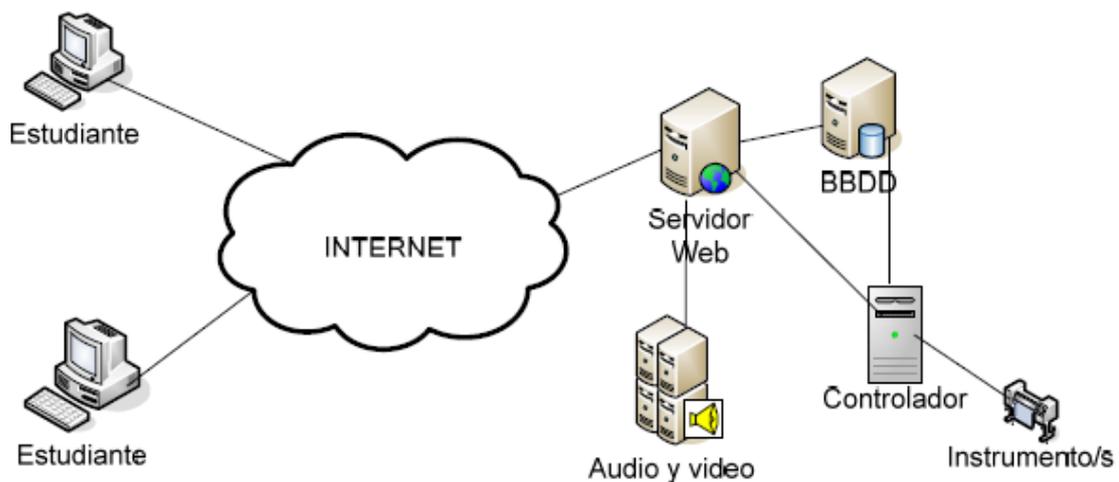
Laboratorios software.- Son programas software que simulan el funcionamiento de un conjunto de instrumentos. El alumno simplemente debe instalarlo en su PC. Dicho PC no necesita conexión a Internet.

Algunas de las desventajas que aparecen en este tipo de laboratorios son:

- Problemas de versiones. Hay ocasiones en que los alumnos no tienen las últimas versiones.
- No existen herramientas colaborativas que permitan el trabajo en grupo.
- No existe posibilidad de que el tutor pueda evaluar de forma continua los progresos realizados por el alumno.
- No trabaja con instrumentos reales.

Laboratorios Web.- El alumno se conecta a un servidor web, que es el encargado de servir el programa de simulación. Es necesario un PC con conexión a Internet. La principal desventaja de este tipo de laboratorios es que el alumno no trabaja con instrumentos reales.

Laboratorios remotos.- El alumno se conecta a un servidor web que le mostrará las imágenes reales de los instrumentos que va a manejar, las acciones que puede realizar y los resultados de esas acciones. Estos laboratorios remotos representan a las plataformas remotas explicadas anteriormente, pero su diferencia consiste en que estos contienen una base de datos y un servidor web. La principal desventaja es la necesidad de una buena conexión a Internet.



**Figura 1.2 Arquitectura de un laboratorio remoto.**

A continuación se describe brevemente la arquitectura de un laboratorio remoto, y para esto se requiere:

- Estudiante. PC con conexión a Internet y un navegador.
- Servidor web. Encargado de mostrar el audio/video del laboratorio, las acciones que puede realizar sobre el laboratorio y los resultados de esas acciones.
- Audio y video. Muestra el audio y el video de los instrumentos del laboratorio.
- Servidor de base de datos. Contiene la información del laboratorio (experimentos, datos de los alumnos, etc.)
- Controlador. Encargado de recibir las acciones que el alumno manda al servidor web, manejar los instrumentos y devolver los resultados al servidor Web y al servidor de base de datos.

En algunos casos se pueden mezclar estas características. Por ejemplo en el caso de tener un laboratorio remoto y que en las prácticas introductorias se quiere dejar al alumno que pueda realizar acciones perjudiciales para el instrumento.

En ese caso se utilizaría la simulación y para el resto de prácticas se podrá utilizar el laboratorio remoto.

### Ventajas de los Laboratorios Virtuales

- El objetivo es proporcionar una herramienta al docente que le permitirá mejorar el rendimiento académico del alumno en las prácticas de la asignatura.

- La combinación de un entorno interactivo dotado de textos en donde va incluido el sustento teórico, imágenes y prácticas que promueve la participación activa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje.
- Sus ventajas son potenciales dentro del área académica en donde se requiere tratar temas teóricos e involucrarlos con la práctica, que le permitirán al alumno reafirmar sus conocimientos.
- Las herramientas desarrolladas permiten al alumno familiarizarse con tareas y conceptos tales como manejo de equipos, y adquirir habilidades y destrezas.
- Así mismo se hace un uso eficiente de los materiales del laboratorio, sin congestión, por ende habrá una mayor participación del profesional en formación.

#### Desventajas del Laboratorio Virtual

- El uso del laboratorio virtual debe ser por tiempos definidos, puesto que dos usuarios no pueden utilizar al mismo tiempo los recursos.
- La comunicación entre los dispositivos limita al circuito a realizar solamente las mediciones programadas.
- La programación de cada una de las prácticas es muy sencilla, la disposición y el uso de los canales debe ser la más adecuada tomando en cuenta el tipo de medición a realizar.
- Tener en cuenta que el software que sea utilizado para el desarrollo del HMI y sus complementos ocupan tiempo de procesamiento, pero los resultados obtenidos de las mediciones tienen un margen de error muy pequeño.

### **1.4 Aplicaciones Didácticas en Tiempo Real**

Los laboratorios remotos en los cuales se han realizado aplicaciones didácticas o educativas tienen su principal antecedente en Estados Unidos y en Reino Unido, desde hace más de veinticinco años.

Robert Tinker (EE.UU.) fue pionero en la década de 1980, desarrollando la idea de equipar a las computadoras con dispositivos para realizar aplicaciones de ciencias en tiempo real y utilizando las redes de computadoras para que los alumnos compartieran la adquisición de datos, la información derivada de su proceso y sus propios recorridos de investigación,

desde una perspectiva de aprendizaje colaborativo. Visitó Argentina en 1988, para la realización de un Congreso Internacional organizado por la Fundación FUNPRECIT , allí mostró un equipo completo en funcionamiento, sembrando así el interés en muchos docentes e investigadores de Latinoamérica, para la implementación de aplicaciones educativas en tiempo real, basadas en laboratorios remotos.

En la actualidad, se han implementado numerosos laboratorios remotos con aplicaciones en tiempo real, en varias instituciones educativas alrededor del mundo, algunas de estas, me permito detallar a continuación:

### **Universidad Técnica Particular de Loja**

#### PLATAFORMA EDUCATIVA APLICADA A UN LABORATORIO EN EL ÁREA DE ELECTRICA Y ELECTRÓNICA MONITOREADA POR INTERNET

Por ejemplo en la Universidad Técnica Particular de Loja, el Ing. José Raúl Castro Mendieta, diseñó un laboratorio remoto para que estudiantes de áreas técnicas (electrónica y eléctrica), puedan desarrollar sus prácticas accediendo remotamente.

La estructura del Proyecto se basa en 4 partes:

1. Creación de una plataforma en software capaz de administrar a los estudiantes, profesores, entrega de materiales y recepción de trabajos.
2. Los Laboratorios remotos
3. El Laboratorio Virtual con acceso remoto.
4. Nuevas aplicaciones.



**Figura 1.3 Laboratorio Remoto de la UTPL**

El manejo del Sistema depende del usuario que lo vaya a manejar:

El estudiante debe dar los siguientes pasos:

- Solicitar el ingreso al sistema.
- Validar su ingreso
- Búsqueda del material de apoyo
- Almacenar su ingreso, su práctica y resultados.
- Sugerir rectificaciones
- El sistema debe cuantificar la entrada.

El Profesor debe ejecutar lo siguiente:

- Solicitar el ingreso al sistema
- Validar su ingreso.
- Asistir a las diferentes actividades.

Usuarios externos:

- Permitir observar los sistemas
- Realizar demostraciones de uso.
- Realizar talleres prácticos a la Industria usando nuestros laboratorios virtuales.

De acuerdo a lo investigado se ha podido determinar las principales ventajas de este proyecto implementado;

1. Dispone de un currículo de las materias que se va a enseñar,
2. Menor mantenimiento a las instalaciones físicas,
3. Uso más continuo de los equipos,
4. Infraestructura actualizada,
5. Menor desplazamiento de profesores y estudiantes,
6. Trabajos en horarios y en casa a cualquier hora disponible del estudiante,
7. Evaluaciones en línea.
8. Puede diseñarse nuevos libros, prácticas y publicaciones

La Rentabilidad del proyecto realizado en la Universidad Técnica Particular de Loja arrojó lo siguiente:

Por medio del desarrollo de laboratorios virtuales es posible trabajar a distancia en desarrollo y producción. (Tele trabajo)

Hacer que los equipos colaboren y trabajen a tiempo completo y a distancia, operados por relés programados (Matrices de relés de estado sólido y electromecánicos), reduce considerablemente los costos.

Con una pequeña inversión adicional a los laboratorios para los alumnos presenciales, se usarán para los alumnos a distancia. La Universidad Técnica Particular de Loja pretende crear alianzas con universidades extranjeras para el dictado de talleres prácticos utilizando nuestra infraestructura. Además las alianzas podrían realizarse entre algunas universidades del Ecuador como por ejemplo con la Escuela Politécnica del Ejército, de tal forma que se ahorrarían recursos y se mejoraría la calidad de educación superior; ya que, los alumnos tendrían la posibilidad de acceder a laboratorios remotos en cualquier momento y de cualquier tipo, mejorando la experiencia ya que se adquiere mayor práctica y preparación para la vida profesional.

Si el laboratorio esta siempre abierto, se puede aumentar el uso de los equipos y por lo tanto; aumentar el número de estudiantes que puedan realizar sus prácticas, todo con la misma infraestructura.

No existen carreras de Ingeniería Electrónica (ni relacionadas) a distancia, muchas personas estudian otras carreras por no tener esta alternativa. La creación de los laboratorios virtuales permitirá participar de este nuevo mercado.



**Figura 1.4 Alcance y Rentabilidad del Laboratorio Remoto de la UTPL**

### **Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (España)**

## PLATAFORMA EDUCATIVA APLICADA A UN LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE MICROPROCESADORES POR INTERNET

En la actualidad, el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED, está estudiando y diseñando laboratorios remotos para su utilización como prácticas docentes y a su vez, como apoyo a las prácticas presenciales. Esta universidad ha propuesto el aprovechamiento de las nuevas tecnologías aplicadas a la Educación a Distancia, plantea que las prácticas de laboratorio se puedan complementar utilizando los recursos de Internet en tiempo real; de tal modo que, se pueda monitorear el comportamiento de la aplicación realizada.

Uno de los laboratorios que se está diseñando en el Departamento, consiste en un laboratorio remoto de Microprocesadores para la realización de prácticas docentes y mejorar la calidad de la enseñanza en esta área. Tal y como se ha indicado, se utilizará a través de una Interfaz diseñada para el efecto, los servicios de una plataforma educativa o servidor intermedio de servicios que se definan para su reutilización. No obstante, el laboratorio podrá tener existencia propia, sin integrar en ninguna plataforma, dotándole de los elementos necesarios para la gestión de los estudiantes. Por tanto y para facilitar el desarrollo, el análisis se va a dividir en dos partes: por un lado los servicios de las plataformas y por otro lo que entendemos como taller de simulación de microprocesadores propiamente dicho. La utilización correcta y bien relacionada de ambos, creará un

laboratorio remoto, donde poder utilizar todos los recursos de estudio, prácticas, simulación y evaluación de forma automática y prácticamente sin la presencia de un tutor constante.

Dadas las sugerencias de los estudiantes, se pretende que el usuario pueda trabajar tanto conectado a Internet, como sin conexión para facilitar el estudio en cualquier sitio y obviando las limitaciones que pudiera tener la necesidad de trabajar con la dependencia de una conexión. El laboratorio, cuando sea utilizado por el estudiante, creará en local un archivo de propiedades, con toda la información necesaria para su identificación y su evaluación, así como un *log de errores* de la aplicación. Posteriormente, si se desea, se descargará en la plataforma o gestor del laboratorio cuando se realice una conexión. Por tanto, se puede trabajar de forma asíncrona con todo el potencial de la conexión a Internet y las ventajas de no depender de ésta.

A continuación se detallan los puntos principales que debe disponer un laboratorio de simulación de microprocesadores extraído de los conocimientos de los profesionales docentes y de las necesidades que los estudiantes que han expuesto en diversos trabajos y cuestionarios que se han elaborado con ellos.

En primer lugar se definen los servicios que debe ofrecer el laboratorio tanto en modo local, como en modo conexión.

#### *Servicios del laboratorio en modo local*

En caso de desear trabajar con el laboratorio a modo local, éste dispondrá de los siguientes servicios:

- Editor/Depurador
- Compilador
- Simulador
- Configuración Hardware
- Interfaz de usuario
- Generación de informes (hoja de cálculo, *xml*, pdf o archivo de texto plano)
- Generación de archivo de propiedades y *logs* de errores
- Ayuda *offline*

La generación de un archivo de propiedades y un *log* de errores consiste en un fichero *xml* donde documentar toda la actividad del usuario y los errores que se hayan podido producir durante la ejecución de la aplicación, permitiendo tener un control de posibles *bugs*, respectivamente.

El archivo de propiedades incluirá la siguiente información:

- El usuario que ha trabajado en el laboratorio
- El tiempo que ha dedicado
- Las actividades que ha realizado (en qué pantallas ha trabajado y cuantas veces ha utilizado cada recurso, por ejemplo, la ayuda).
- El nombre de los programas que ha creado o editado.

#### Servicios del laboratorio en modo conexión

En el caso de trabajar con el laboratorio conectado a Internet, los servicios que debe tener el usuario son los mismos que los que se indican en modo local añadiendo:

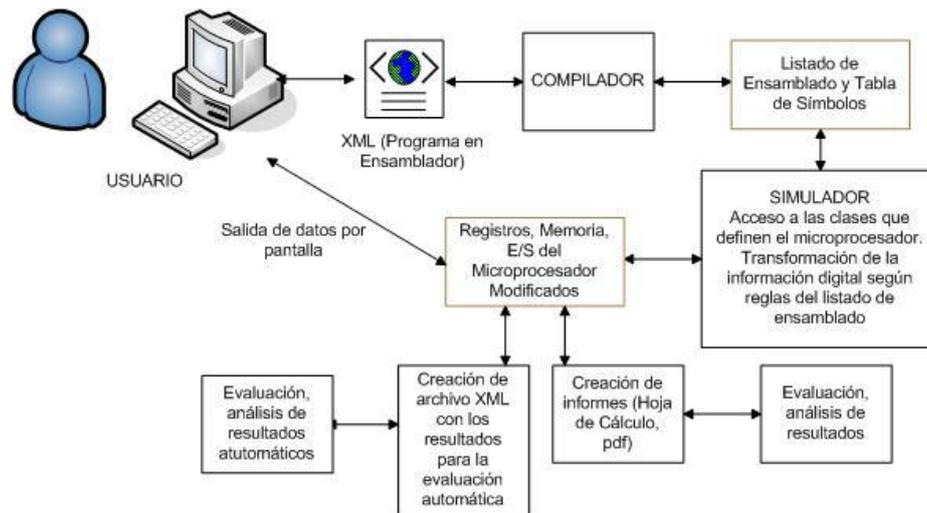
- Ayuda dinámica
- Herramientas colaborativas
- Gestión de la educación (integrando la gestión automática de resultados)

La parte que realmente se diferencia con respecto al modo *offline*, está en las herramientas colaborativas, en la ayuda más dinámica y en los elementos de la gestión educativa, como son los servicios de autenticación y evaluación, incluso en tiempo real para todas las aplicaciones que se realicen sobre el Laboratorio Remoto de Microprocesadores.

Los servicios que dispondrá el laboratorio y que serán utilizados fundamentalmente desde la interfaz de comunicación son los siguientes:

- Autenticación
- Chat/Clases dinámicas
- Foro de Microprocesadores
- Gestión de calendario
- Repositorio de archivos
- Generación y realización de Test

El hilo normal de actuación y el uso más frecuente por el usuario en cualquier simulador de los microprocesadores, es la creación o edición de un programa en ensamblador, compilación, simulación y visualización por pantalla de los resultados en los registros, memoria o periféricos para su evaluación final de los resultados obtenidos. Este será el eje central del laboratorio independientemente, del modo de trabajo o de la forma de acceso, como se muestra en la siguiente figura (Fig. 1.5)



**Figura 1.5 Etapas del programa en ensamblador en el laboratorio virtual dentro del marco de investigación de integración en plataformas educativas.**

### Etapas generales del Simulador

Centrándonos en las etapas básicas que conforman el simulador de microprocesadores, encontramos las siguientes:

- Editor
- Compilador
- Simulador
- Interfaz de usuario

El Editor generará un archivo *xml* según unos datos de entrada. El editor puede recibir datos de un repositorio local que disponga el usuario con sus propios programas, descargarse ejemplos del servidor, en caso de que esté conectado al laboratorio a través de Internet o escribir el programa en ensamblador. Para el último caso, el editor dispondrá de una herramienta de ayuda a la escritura a través del Explorador de Internet (aunque no esté

conectado). Dispondrá de las opciones para guardar en el Laboratorio (en el repositorio del servidor), guardar en local y las ayudas a la escritura del código en ensamblador. Antes de generar el *xml*, el editor realizará el análisis sintáctico para la depuración de posibles errores donde éste deberá indicar qué tipo de error y su localización en el programa.

El Compilador, tendrá como entrada el archivo *xml* generado en el editor y creará un listado de ensamblado y su tabla de símbolos a la salida, que a su vez será otro archivo *xml*. Éste contiene toda la información que un microprocesador necesita para ejecutar un programa.

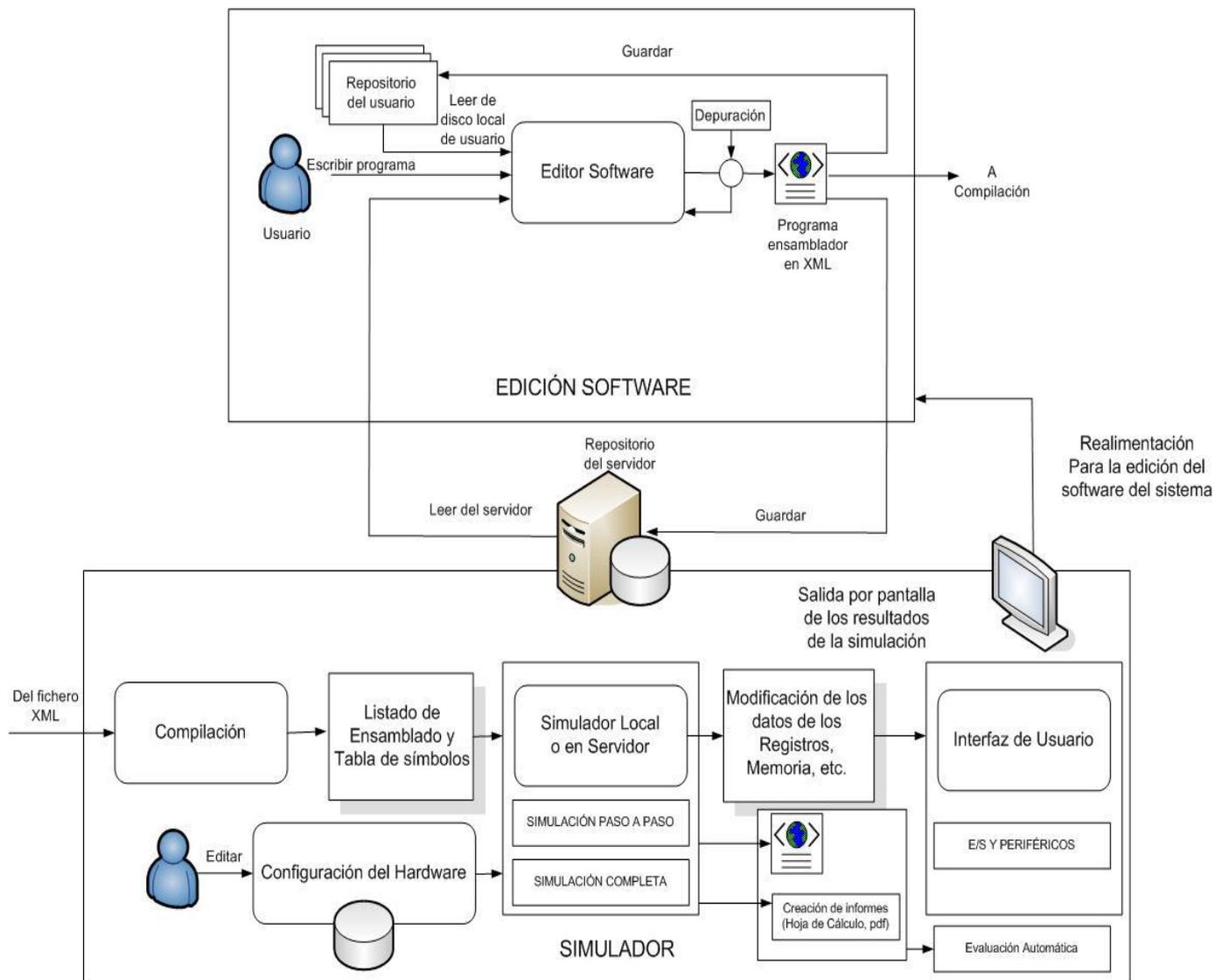
El Simulador leerá los datos de la tabla que contiene el listado de ensamblado y la tabla de símbolos para generar los cambios de datos en los registros y memoria del microprocesador seleccionado tras su configuración hardware. Por tanto, deberá:

- Leer el listado de ensamblado y la tabla de símbolos creados por el compilador y generar los cambios de los datos en registros, memoria y E/S.
- Editar la configuración del Hardware en caso de desear otra configuración diferente a la establecida por defecto (esta operación deberá ser realizada antes de su simulación).
- Generar reportes en una hoja de cálculo o en formato *pdf*.
- Generar un fichero *xml* con los resultados de la simulación para su posible corrección automática a través de la comparación con modelos preestablecidos.

La Interfaz de usuario sacará por pantalla todos los elementos que sean seleccionados por el usuario: registros, memoria, ALU, UCP, camino de datos, a diferentes niveles de abstracción.

En la que se muestra a continuación (Fig. 1.6), resume toda la actividad del laboratorio integrado o sin integrar en los servicios que ofrecen las plataformas.

Por tanto, una vez definidos los elementos que entran en juego, se puede esquematizar las relaciones y las entidades que participarán en la elaboración del laboratorio virtual.



**Figura 1.6 Esquema funcional global del Laboratorio de Microprocesadores.**

## CAPITULO 2

### COMPONENTES DE LA PLATAFORMA

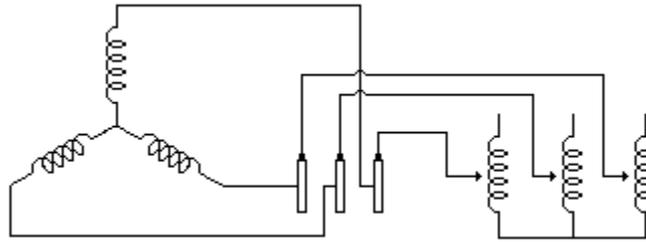
#### 2.1 Motores Trifásicos de Inducción

Los motores trifásicos de Inducción están basados en el accionamiento de una masa metálica por la acción de un campo giratorio. Están formados por dos armaduras con campos giratorios coaxiales: la parte fija es conocida como estator, y la parte móvil como rotor.

El devanado del rotor conduce corriente alterna, la misma que se produce por inducción desde el devanado del estator, el cual se encuentra formado de conductores de cobre o aluminio vaciados en un rotor de laminaciones de acero. Además los motores de inducción poseen anillos terminales de cortocircuito en ambos extremos de la “jaula de ardilla” o bien en uno de los extremos en el caso del rotor devanado, aunque estos últimos son menos utilizados, debido a su mayor costo, y a que requieren de más mantenimiento que los de jaula de ardilla.

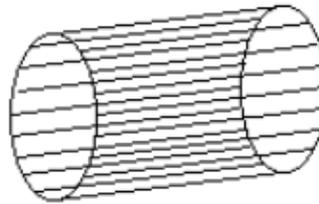
#### Tipos de Rotor de un Motor Trifásico de Inducción

**Rotor Bobinado.** El rotor bobinado está compuesto de un devanado polifásico similar al del estator y con el mismo número de polos que él. Los terminales del devanado del rotor se conectan a anillos rozantes aislados, montados sobre el eje, en los que se apoyan escobillas de carbón, de manera que dichos terminales resultan accesibles desde el exterior, según se aprecia en la siguiente figura (Fig. 2.1)



**Figura 2.1 Rotor Bobinado**

**Rotor Jaula de Ardilla.** El rotor jaula de ardilla está formado por varillas conductoras alojadas en ranuras que existen en el hierro del propio rotor y cortocircuitadas en ambos extremos mediante dos anillos planos conductores dispuestos en cada lado del rotor, según se puede apreciar en la siguiente figura (Fig. 2.2)



**Figura 2.2 Rotor Jaula de Ardilla**

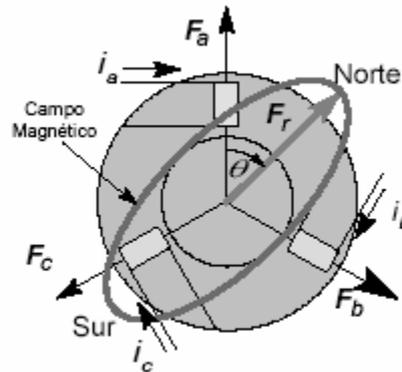
En este proyecto de fin de carrera se empleará en la plataforma un motor trifásico de inducción con rotor de jaula de ardilla debido a que son los disponibles en los laboratorios de la Escuela Politécnica del Ejército y además son los más utilizados en el ámbito industrial.

### Características de un Motor Trifásico de Inducción

El funcionamiento de estos motores se basa en la producción de un campo magnético rotatorio el cual se genera normalmente con tres devanados, distribuidos y desfasados espacialmente  $120^\circ$ . En cada una de las tres bobinas desfasadas espacialmente, se inyectan corrientes alternas senoidales desfasadas en el tiempo  $120^\circ$  unas de otras.

Cada bobina produce un campo magnético estático en el espacio. La amplitud de este campo se encuentra en la dirección del eje magnético de la bobina y varía senoidalmente en el tiempo. La combinación de los campos pulsantes producidos por las tres corrientes desfasadas temporalmente, circulando por las tres bobinas desfasadas espacialmente, se

traduce en un campo magnético distribuido senoidalmente en el espacio, que rota a la velocidad de variación de las corrientes en el tiempo como se muestra a continuación (Fig. 2.3)



**Figura 2.3 Distribución senoidal del campo magnético rotatorio**

### Funcionamiento de un Motor Trifásico de Inducción

Para el funcionamiento normal de un motor de inducción se toma en cuenta que al motor de inducción se le debe hacer arrancar con el voltaje nominal en las terminales de línea de su estator (arranque a través de la línea) desarrollará un par de arranque de acuerdo que hará que aumente su velocidad. Al aumentar su velocidad a partir del reposo (100 por ciento de deslizamiento), disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta el valor en el que se desarrolle el par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción.

Los pares desarrollados al arranque y al valor del deslizamiento que produce el par máximo ambos exceden (en el caso normal) al par aplicado a la carga. Por lo tanto la velocidad del motor aumentará, hasta que el valor del deslizamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al par aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esta velocidad y valor de equilibrio del deslizamiento hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

Se muestra la relación entre los pares de arranque, máximo y nominal a plena carga que desarrolla un motor de inducción, como función de la velocidad de éste y del deslizamiento. La figura que se muestra a continuación (Fig. 2.4) es una representación gráfica de la corriente y el par desarrollados en el rotor del motor como funciones del

deslizamiento desde el instante del arranque (punto a) hasta la condición de funcionamiento en estado estable (en general entre marcha en vacío y marcha a plena carga - puntos c y d) cuando los pares desarrollado y aplicado son iguales.

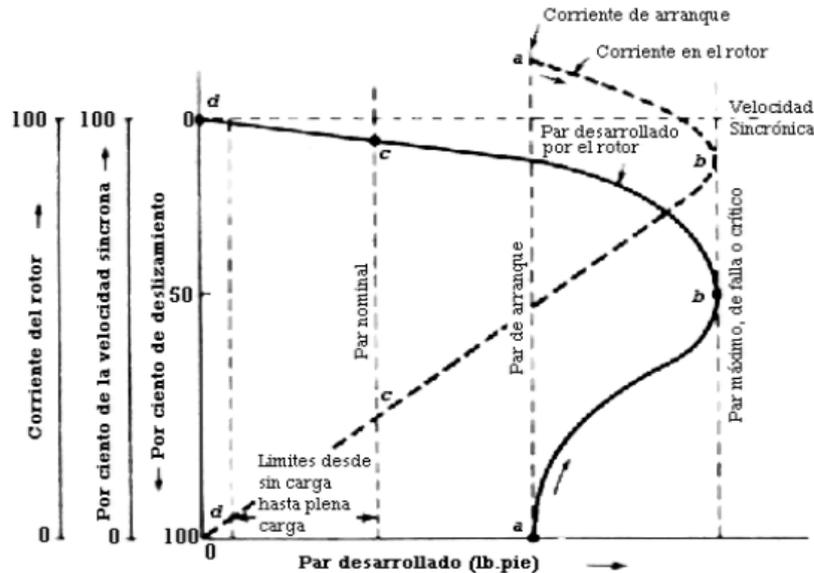


Figura 2.4 Curva Característica de un Motor de Inducción

Clasificación de los Motores de Inducción Trifásicos según el diseño de la jaula (NEMA).

**NEMA A.** Torque alto, deslizamiento nominal bajo y corriente de arranque alta. Es diseñado con características de torque y corriente de arranque que exceden los valores correspondientes al diseño NEMA B, son usados para aplicaciones especiales donde se requiere un torque máximo mayor que el normal, para satisfacer los requerimientos de sobrecargas de corta duración. Estos motores también son aplicados a cargas que requieren deslizamientos nominales muy bajos y del orden del 1% o menos (velocidades casi constantes).

**NEMA B.** Torque normal, corriente de arranque normal y deslizamiento nominal normal. Son diseñados con características de torque y corriente de arranque normales, así como un bajo deslizamiento de carga de aproximadamente 4% como máximo. En general es el motor típico dentro del rango de 1 a 125 HP. El deslizamiento a plena carga es de aproximadamente 3%. Este tipo de motor proporcionará un arranque y una aceleración suave para la mayoría de las cargas y también puede resistir temporalmente picos elevados de carga sin detenerse.



En general los motores deben cumplir con normas de eficiencia y fue por esto que la Unión Europea decidió establecer un sistema de clasificación de la eficiencia de los motores de acuerdo a la emisión de  $CO_2$  y del costo de operación del motor, esta clasificación está basada en tres bandas, cuando es mayor que el promedio (EFF1), cuando están en el promedio (EFF2) y cuando son inferiores del promedio (EFF3). Para el caso del motor MM3545 su eficiencia es EFF2. Además el MM3545 cumple con la norma de eficiencia IEC 34-2 en la que se establecen los métodos para la determinación de la eficiencia en motores eléctricos a partir de ensayos, y también especifica los métodos para obtener las pérdidas de una naturaleza dada cuando éstas son requeridas para otros propósitos.

El motor MM3545 que se utilizará para la implementación de la plataforma posee NEMA de tipo D, la cual va de acuerdo al trabajo que va a realizar ya que se requerirá que el motor frecuentemente arranque y pare.

#### Características del Motor MM3545

- Cuenta con diseños de alta eficiencia y eficiencia premium según IEC 34-2 son estándar, y reducen los costos de operación.
- El motor está diseñado y fabricado para operar a 60 Hertz  $\pm$  5 Hertz.
- Posee aislamiento de tipo F y factor de servicio de 1.0, es decir que la temperatura superficial del motor no debe exceder de 280°C (536°F).
- El revestimiento del motor es de vidrio de polietileno reticulado en alambres conductores, forro de ranuras y varillas superiores, todo esto bañado en barniz fenólico de poliéster y horneado. El voltaje de prueba de alto potencial es el doble del voltaje nominal más 1000 voltios por un período de un segundo.
- Posee Laminados de acero de calidad eléctrica superior, de bajo carbono.
- Su factor de servicio es de 1.0 el cual es estándar en los motores de alta eficiencia.
- El motor tiene un alambre de cobre para devanados ISR (resistente a puntas de voltaje), de 200°C, resistente a la humedad.

En la Tabla 2.1 se muestra las principales características del motor Baldor MM3545, el cual es utilizado en el desarrollo e implementación de la plataforma remota.

CARACTERÍSTICA	DETALLES
Potencia	1 HP o 0.75 KW
Velocidad	3450 RPM
Fase	3
Frecuencia	60 Hz
Peso	25 lbs

**Tabla 2.1 Características Motor Baldor MM3545**

Las especificaciones técnicas de la corriente, par y factor de potencia del Motor Baldor MM3545 se muestran en el ANEXO N° 1.

## **2.2 Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Los PLC (Programmable Logic Controller) o Controlador de lógica programable, son sistemas industriales micro-procesados, que permiten realizar funciones específicas con el objeto de controlar máquinas ó procesos lógicos/secuenciales.

Suele emplearse en procesos que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones complejas y amplias.
- Chequeo de las partes del proceso.

Para el caso de este proyecto de fin de carrera se requiere un controlador lógico programable ya que es elemento que proporciona la señal para el encendido, cambio de giro y frenado del motor trifásico de inducción; además a través de la comunicación entre el controlador y la PC, se podrá realizar monitoreo remoto de la plataforma.

### Ventajas de un PLC.

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Modificaciones sin costo añadido.

- Mínimo espacio de ocupación.
- Mantenimiento económico.
- Controlar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en marcha.
- Si el PLC queda obsoleto para el proceso puede ser útil a otros sistemas de producción.
- Sistema programable con gran potencia de cálculos
- Mucho software disponible para la manipulación de datos y gestión de la producción.
- Interfaces estándar para estaciones gráficas, utilizadas para monitoreo del proceso.
- Control descentralizado con inteligencia distribuida sin parar todo el proceso por fallos.
- Facilidad de interface con la planta.
- Visualizar el proceso a tiempo real.
- Programación fácil a nivel de secciones.
- Flexibilidad para hacer cambios.

#### Desventajas de un PLC.

- No se aplica para nuevas tecnologías
- Capacitación en aplicaciones complejas, resistencia a los cambios.
- Ambientes muy agresivos
- Costo elevado

#### Clasificación de los PLC's.

– Por su construcción:

- Integral
- Modular

– Por su capacidad

1. Discreta, analógica, operaciones aritméticas y de comunicación básicas
2. Punto flotante, E/S inteligentes, conexión a redes, modulo de redes neuronales

– Por su cantidad de E/S

- Nano: hasta 32 E/S
- Micro: 33 a 128 E/S
- Compacto: 129-512 E/S
- Mediano: 512-1023 E/S
- Grande: > 1024 E/S

El Controlador que va a ser utilizado para el desarrollo e implementación de la plataforma remota es compacto ya que tiene sus Entradas y Salidas integradas, además posee operaciones aritméticas y comunicaciones básicas, adicionalmente por su cantidad de E/S es de tipo Micro ya que posee más de 33 tomando en cuenta que pueden añadir slots de expansión.

#### Arquitectura Interna de un PLC.

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente (Fig. 2.6):

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos

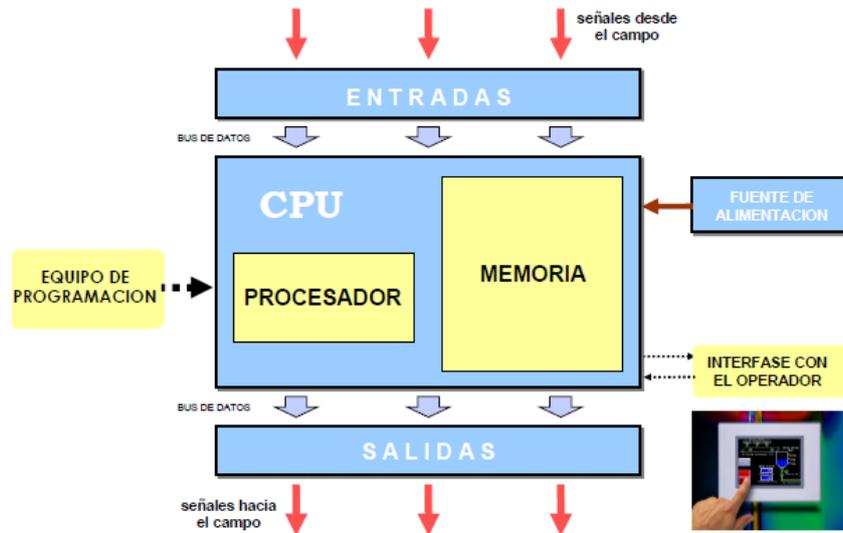


Figura 2.6 Arquitectura Interna de un PLC

### *Módulos de Entradas/Salidas*

Entradas:

- Discretas: terminal, conversor de señal, optoaislador, salida a CPU
- Analógicas: protección, filtro, multiplexado, conversor ADC, aislación, buffer.

Salidas:

- Discretas: terminal, optoaislador, conversor de señal, salida a campo.
- Analógicas: buffer, aislación, conversor DAC, protección.

### *CPU*

El sistema operativo o ejecutivo es un programa escrito por el fabricante para gobernar todo el sistema como se muestra a continuación (Fig. 2.7):

- Contiene un conjunto de instrucciones para interpretar y ejecutar la aplicación generada por el usuario.
- Realiza rutinas de autodiagnóstico.
- Interactúa con los periféricos (tarjetas de E/S, puertos de comunicación)
- Se encuentra almacenado en la memoria no volátil.

Los plc's estándar cuentan con un CPU resolviendo todas las operaciones

- Se fijan tareas aisladas para atender las comunicaciones con las E/S.
- Estas tareas requieren de un procesamiento que utiliza algo del tiempo de ejecución del CPU, por ende altera la ejecución de la aplicación.

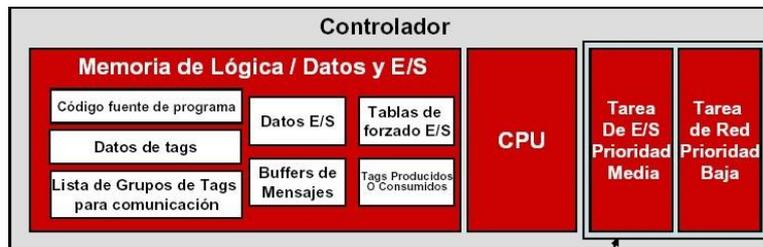


Figura 2.7 Arquitectura Interna del CPU de un PLC

### Memoria

Dentro del CPU se dispone de un área de memoria, la cual se utiliza para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el plc va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (sistema operativo o firmware).
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

### Lenguajes de Programación de un PLC

Lógica escalera:

- Modo Rung (rung scanning): En forma horizontal de izquierda a derecha, de arriba a abajo.

- Modo columna (column scanning): En forma vertical de arriba abajo, de izquierda a derecha.

Bloques de Función:

- Siguiendo el orden en que se fueron creando los distintos bloques, luego si es necesario, también se puede modificar.

Código:

- De forma adicional se puede añadir un bloque en que se programa en lenguaje C y permite realizar cualquier aplicación.

La estructura de los programas puede ser:

- Segmentos (Networks)
- Secciones (IEC)

El controlador lógico programable que se va a utilizar para la implementación de la plataforma remota, se encuentra disponible en los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, su fabricante es Allen Bradley y su modelo es Micrologix 1100 como se muestra a continuación (Fig. 2.8).



**Figura 2.8 Micrologix 1100 de Allen Bradley**

El MicroLogix 1100 está diseñado para realizar varias aplicaciones como un sistema SCADA, y procesos que requieren monitoreo remoto además de un gran uso de memoria, es por este motivo que se lo ha escogido para la plataforma remota, ya que es compacto y muy simple, además puede ser programado en el mismo lenguaje y similares instrucciones que de las familias de controladores MicroLogix 1000, MicroLogix 1200, MicroLogix 1500 y SLC 500. Su software de programación es el RSLogix 500, el cual utiliza lógica de escalera y su lenguaje es LADDER.

Cada PLC Micrologix 1100 tiene incorporado un puerto serial que soporta el protocolo RS-232/RS-485 y conexión a una red de comunicaciones, trae además un puerto EtherNet/IP que soporta comunicación Ethernet peer to peer (punto a punto), y es por medio de este puerto que se realizará la comunicación con la PC que hará de servidor web. Además este PLC cuenta con una pantalla LCD que permite el monitoreo del estados de las entradas y salidas del controlador, así como también permite visualizar su modo de funcionamiento que puede ser Run, Stop o Remoto.

#### Características del Micrologix 1100

- Memoria de 8Kb (4 Kb para programa y 4 Kb para datos)
- Permite realizar edición del programa online (conexión PLC - Computador), incluyendo PID sin cambiar a estado de desconexión (offline).
- Se puede expandir hasta cuatro módulos de tipo “1762” en cualquier combinación.
- Posee diez entradas digitales, dos entradas analógicas, seis salidas digitales en cada controlador
- Entradas de alta velocidad que pueden ser utilizadas como contadores de 20 KHz.
- Dos entradas análogas incorporadas de 0 – 10 Vdc con 10 bits de resolución.
- Dos salidas de alta velocidad a 20 KHz de PTO (Pulse Train Output) o PWM (Pulse Width Modulated).
- Varias entradas comunes y varias salidas provistas de aislamiento individual para aplicaciones de multi-voltaje. (120/220 VAC y 120VDC)
- Alta resolución de 1 ms para temporizadores
- Permite monitorear la dirección IP, el estado de E/S, y monitoreo de bits por medio del LCD.

- Canal 0 de comunicación provisto de aislamiento RS-232 o RS-485 compatible eléctricamente.
- A través de RS-232, soporta DF1 Full Duplex / DF1 Half Duplex Master y Slave / DF1 Radio Modem / ASCII. Adicionalmente DH-485.
- Soporta directamente la interfaz DH-485 y redes Modbus™ RTU Master / Slave con el módulo 1761-NET-AIC sin un convertor externo.
- Canal 1 de comunicación, consiste de un puerto RJ45 incorporado que soporta EtherNet/IP. Este puerto de 10/100 Mbps soporta BOOTP y DHCP.
- Incluye reloj de tiempo real.
- Tiene incorporado un servidor web.

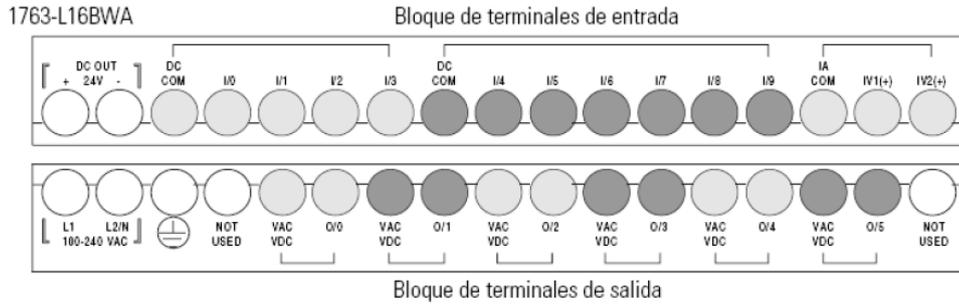
En la Tabla 2.2 se muestra las características de las entradas y salidas mencionadas anteriormente para el MicroLogix 1100 1763 - L1BWA, el cual es utilizado en el desarrollo e implementación de la plataforma remota.

Familia del Controladores		Entradas		Salidas		Alimentación
		Cantidad	Tipo	Cantidad	Tipo	
<b>Micrologix 1100</b>	1763-L16BWA	10	24 DC Discreto	6	Relay	120/240 VAC
		2	0-10V DC Analógico			

**Tabla 2.2 Características Generales del PLC**

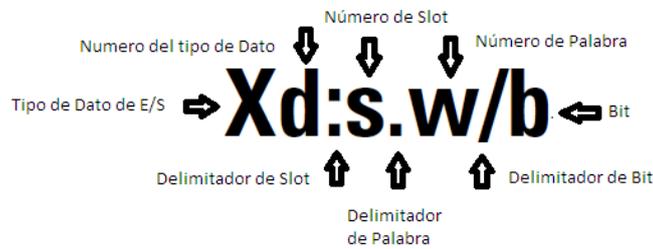
Las especificaciones técnicas de la alimentación eléctrica, entradas y salidas digitales, al igual que las analógicas del MicroLogix 1100 se muestran en el ANEXO N° 2.

El bloque de terminales del MicroLogix 1100 1763 - L16BWA se muestran a continuación (Fig. 2.9). El sombreado de la ilustración del bloque de terminales indica cómo se conectan los terminales a los puntos comunes.



**Figura 2.9 Bloque de Terminales 1763 - L16BWA**

Para realizar el direccionamiento en el Micrologix 1100 es necesario seguir un formato, el mismo que se muestra a continuación (Fig. 2.10):



**Figura 2.10 Formato de Direccionamiento de Micrologix 1100**

En la tabla 2.3 se muestra el modo de uso para el direccionamiento en el PLC Micrologix 1100, además este es el formato utilizado en el desarrollo e implementación de la plataforma remota.

FORMATO	EXPLICACIÓN		
<b>Od:s.w/b</b>  <b>Id:s:w/b</b>	<b>X</b>	Tipo de Dato	Entrada (I) o Salida (O)
	<b>d</b>	Número de Tipo de Dato	1 = Entrada; 0 = Salida
	<b>:</b>	Delimitador de Slot	Opcional y No requerido para datos de 2-255
	<b>s</b>	Número de Slot	E/S Integrada = Slot 0  E/S de Expansión = Slot 1 al 4
	<b>.</b>	Delimitador de Palabra	Es requerido solo si se necesita el número de palabra
	<b>w</b>	Número de Palabra	Requerido para palabras de

			lectura/escritura.  Rango: 0 a 255
	/	Delimitador de Bit	
	<b>b</b>	Número de Bit	Rango 0 a 15

**Tabla 2.3 Explicación del Formato de Direccionamiento**

### 2.3 Variadores de Frecuencia

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación.

Como la frecuencia de alimentación que entregan las Compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

Los variadores de frecuencia son controladores de velocidad para motores de corriente alterna, en el control de velocidad de un motor de AC el voltaje aplicado 220/440V es estable a una frecuencia de alimentación de 50 o 60Hz. En base a dos fases de alimentación se genera una MODULACION a tres fases U/V/W para poder obtener un incremento en la frecuencia de salida de 50 o 60Hz a 450Hz, este incremento en la frecuencia aumenta el cambio en el magnetismo del estator del motor y a su vez las revoluciones del rotor.

## Ventajas de un Variador de Frecuencia

- Arranque progresivo: el arranque se produce siguiendo una rampa que evita la brusca aceleración de los elementos mecánicos acoplados al motor.
- Eliminación de golpes de ariete: las rampas de aceleración y deceleración permiten maniobras de arranque y parada progresiva, evitando las ondas de presión.
- Alargamiento de la vida útil de los equipos.
- Funcionamiento de protección y vigilancia: sobrecorriente, sobretensiones o bajas tensiones, sobrecalentamientos, con indicación de alarma a distancia, etc.
- Electrónicos: la electrónica de potencia no tiene partes móviles, lo cual aumenta la fiabilidad y anula el mantenimiento.
- Ahorro: El variador de frecuencia es la herramienta adecuada para conseguir el ahorro de energía, la reducción de los ruidos y de los problemas de funcionamiento de una instalación.
- Monitoreo y Comunicación: Tiene interfaz con puertos RS485 y RS232, que permite realizar la comunicación con una PC que por medio de un software, presenta la información en forma gráfica en tiempo real y tendencias de valores memorizados en el módulo hardware.

Algunas otras ventajas son:

- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómatas o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.

## Aplicaciones de los Variadores de Frecuencia

Los variadores de frecuencia tienen sus principales aplicaciones en los siguientes tipos de máquinas:

- Transportadoras: Controlan y sincronizan la velocidad de producción de acuerdo al tipo de producto que se transporta, para dosificar, para evitar ruidos y golpes en

transporte de botellas y envases, para arrancar suavemente y evitar la caída del producto que se transporta.

- Bombas y ventiladores centrífugos. Controlan el caudal, uso en sistemas de presión constante y volumen variable. En este caso se obtiene un gran ahorro de energía porque el consumo varía con el cubo de la velocidad, o sea que para la mitad de la velocidad, el consumo es la octava parte de la nominal.
- Bombas de desplazamiento positivo: Control de caudal y dosificación con precisión, controlando la velocidad.
- Ascensores y elevadores: Para arranque y parada suaves manteniendo la velocidad del motor constante.
- Centrífugas. Se consigue un arranque suave evitando picos de corriente y velocidades de resonancia.
- Prensas mecánicas: Se consiguen arranques suaves y mediante velocidades bajas en el inicio de la tarea, se evitan los desperdicios de materiales.
- Máquinas textiles: Para distintos tipos de materiales, inclusive para telas que no tienen un tejido simétrico se pueden obtener velocidades diferentes para conseguir telas especiales.
- Compresores de aire: Se obtienen arranques suaves y menor consumo de energía en el arranque.
- Pozos petroleros: Se usan para bombas de extracción con velocidades de acuerdo a las necesidades del pozo.

### Arquitectura de un Variador de Frecuencia

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- Etapa Rectificadora. Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- Etapa intermedia. Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un

microprocesador con toda la protección por sobre corriente, sobre tensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobre temperaturas, etc.

- Etapa de control. Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc.

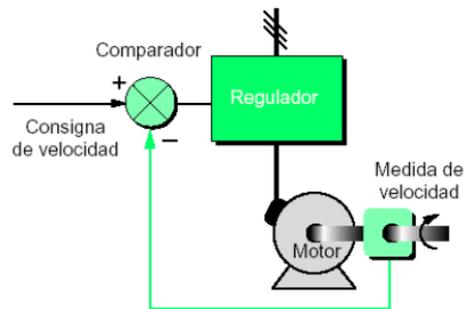
Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. Los fabricantes que utilizan bobinas en la línea en lugar del circuito intermedio, pero tienen la desventaja de ocupar más espacio y disminuir la eficiencia del variador. El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor. La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16kHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

### Principales Funciones del Variador de Frecuencia

- Aceleración controlada: La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal. Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.
- Variación de velocidad: Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia. La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada llamado referencia. Para un valor dado, esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

- **Regulación de la velocidad:** Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado como se muestra a continuación (Fig. 2.11). Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación. El valor de referencia se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial, lo que lo hace insensible a las perturbaciones.



**Figura 2.11 Principio de Funcionamiento de la regulación de velocidad**

- **Deceleración controlada:** Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal. Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermediaria o nula:
  - Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe de desarrollar un par resistente que se debe de sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.
  - Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.
- **Inversión del sentido de marcha:** La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación

del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

- Frenado: Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente.

### Composición de un Variador de Frecuencia

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos se componen de dos módulos generalmente montados en una misma envolvente como se muestra a continuación (Fig. 2.12):

- Un módulo de control que controla el funcionamiento del aparato,
- Un módulo de potencia que alimenta el motor con energía eléctrica.

El módulo de control: En los arrancadores y variadores modernos, todas las funciones se controlan mediante un microprocesador que gestiona la configuración, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de proceso y los datos proporcionados por las medidas como la velocidad, la corriente, etc.

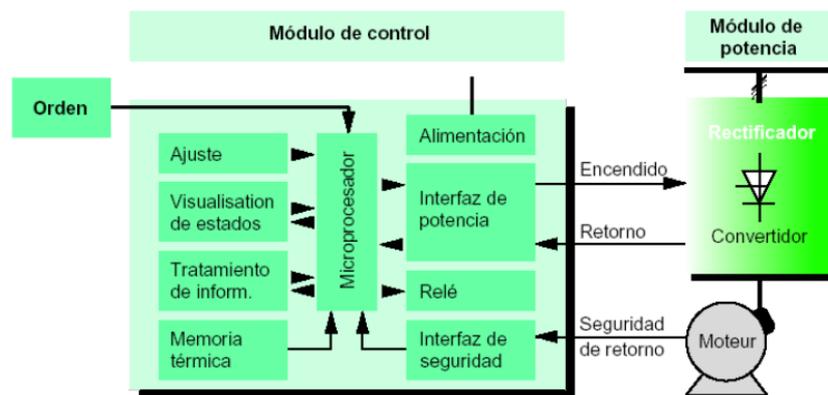
Las capacidades de cálculo de los microprocesadores han permitido diseñar algoritmos de mando con excelentes prestaciones y, en particular, el reconocimiento de los parámetros de la máquina que se requiere controlar. A partir de estas informaciones, el microprocesador gestiona las rampas de aceleración y deceleración, el control de la velocidad y la limitación de corriente, generando las señales de control de los componentes de potencia. Las protecciones y la seguridad son procesadas por circuitos o están integradas en los módulos de potencia. Los límites de velocidad, las rampas, los límites de corriente y otros datos de configuración, se definen usando un teclado integrado o mediante PLC o mediante PC.

Los parámetros de funcionamiento y las informaciones de alarma, y los defectos pueden verse mediante displays, diodos LED, visualizadores de segmentos o de cristal líquido o

pueden enviarse hacia la supervisión mediante un bus de terreno. Los relés, frecuentemente programables, proporcionan información de fallos o vigilancia.

El módulo de potencia: El módulo de potencia está principalmente constituido por:

- Componentes de potencia (diodos, tiristores, IGBT...).
- Interfaces de medida de las tensiones y/o corrientes.
- Un sistema de ventilación.



**Figura 2.12 Estructura General de un Variador de Frecuencia Electrónico**

El variador de frecuencia que va a ser utilizado para la implementación de la plataforma remota, se encuentra disponible en los laboratorios del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, su fabricante es LG y su modelo es iG5 como se muestra a continuación (Fig. 2.13).

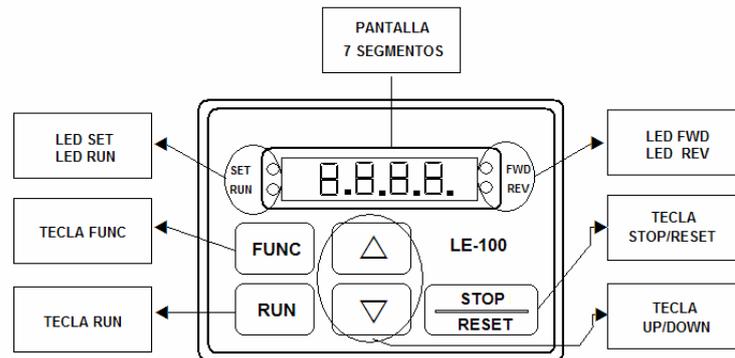


**Figura 2.13 Variador de Frecuencia LG serie iG5**

El variador posee una consola de programación en la cual se muestran un máximo de 4 caracteres alfanuméricos en inglés pudiendo comprobarse varios ajustes de programación

del variador directamente desde la pantalla. En el siguiente gráfico (Fig. 2.14) se muestra una imagen de la consola de programación, la misma que puede ser desmontada para evitar que se realicen cambios en su programación.

A través de la consola de programación se pueden introducir códigos con los que se puede configurar la corriente, voltaje y frecuencia de arranque, sin embargo la programación se puede realizar a través del puerto de comunicación RS-485.



**Figura 2.14 Consola de Programación del Variador de Frecuencia LG serie iG5**

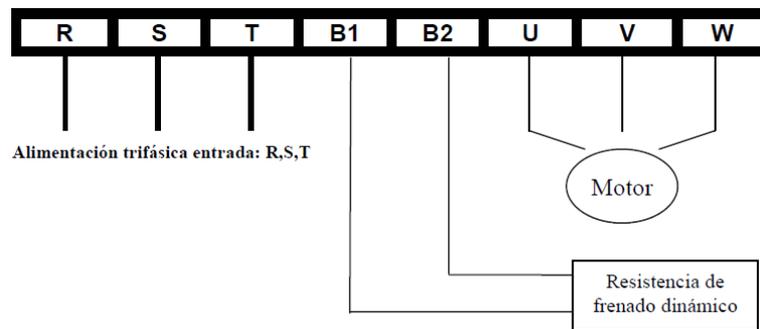
### Características del LG iG5

El variador de Frecuencia LG iG5 posee dos bornes, el de control y el de potencia; el primero permite controlar la velocidad, voltaje y corriente del elemento que esta conectado en el borne de potencia.

#### *Bornero de Potencia*

Para el caso de este proyecto de fin de carrera en el borne de potencia se conectará el motor Baldor de 1HP, para el cual se realizará el control de velocidad y cambio de giro. Como se muestra a continuación (Fig. 2.15) el borne de potencia contiene 8 terminales de los cuales, los tres primeros (R, S y T) son Líneas de entrada de voltaje AC Trifásica de 200~230VAC; los dos terminales siguientes (B1 y B2) sirven de conexión para la resistencia de la unidad de frenado dinámico y los tres últimos terminales (U, V y W) son de líneas de salida que permiten la conexión al motor; si la entrada digital de control “marcha adelante” (FX) está conectada, el motor debería girar en el sentido de las agujas del reloj visto desde el lado de carga del motor. Si el motor gira en el sentido contrario, intercambie la conexión de los bornes U y V.

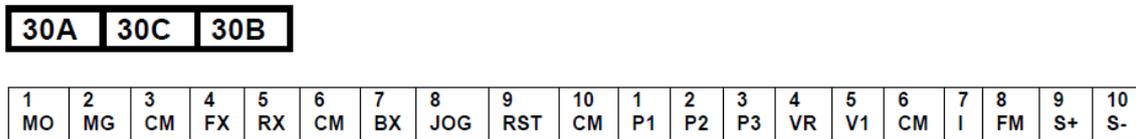
Se debe tomar en cuenta que para la conexión de la alimentación trifásica, se requiere que el chasis del variador se encuentre conectado a tierra.



**Figura 2.15 Bornero de Potencia del variador LG iG5**

*Bornero de Control*

En el desarrollo de la plataforma remota se planteó controlar la velocidad y sentido de un motor de inducción, y este se realizará a través de las señales de los bornes de control del variador de frecuencia cuya activación estará dada de acuerdo al programa del plc Micrologix 1100. A continuación se muestra (Fig. 2.16), la estructura del bornero de control del variador de frecuencia LG iG5.



**Figura 2.16 Bornero de Control del variador LG iG5**

En la tabla 2.4 se muestran las funciones de los bornes de control que son señales de entrada para el variador de frecuencia LG iG5.

<b>Función</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Contactos de Arranque	Entrada (P1, P2, P3)	Entrada configurable para Frecuencia
	Comando de Avance/ Run (FX)	Run cuando está cerrado y Parado cuando está abierto

	Comando de Retroceso/ Run (RX)	Run cuando está cerrado y Parado cuando está abierto
	Consigna de Frecuencia (JOG)	El variador funciona cuando JOG = On  Sentido depende de FX o RX
	Parada de Emergencia (BX)	Cuando BX = On la salida del variador queda desconectada
	Reset de Fallos (RST)	Resetea fallos cuando el circuito de protección está activado
	Secuencia Común (CM)	Borne común de los bornes de entrada
Seteo de Frecuencia Analógica	Ajuste de la Frecuencia de Alimentación (VR)	Entrada analógica de frecuencia.  Vmax =12 V, 100mA
	Frecuencia de Referencia (V1)	Utilizado para la referencia de frecuencia, 0-10V
	Frecuencia de Referencia (I)	Utilizado para la referencia de frecuencia, 4-20mA
	Borne común (CM)	Borne común de la señal analógica de entrada de frecuencia

**Tabla 2.4 Señales de entrada del Bornero de Control del variador LG iG5**

Como se puede observar en la tabla 2.4 el variador de frecuencia LG iG5 tiene funcionamiento JOG que no es más que un estado previo para seguridad del correcto uso de los bornes de potencia y control, lo que permite tener mayor confianza del buen funcionamiento del proceso.

En la tabla 2.5 se muestran las funciones de los bornes de control que son señales de salida, así como del puerto de comunicaciones del variador de frecuencia LG iG5.

Función	Nombre	Descripción
Pulso	Salida Analógica-Digital  (FM, CM)	Obtiene Fout, Vout, Iout  V = 0-12V; I = 1mA; F = 500Hz
Contacto	Relé de Fallo  (30A, 30C, 30B)	Se activa cuando una función de protección está funcionando.  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallo:30A-30C      Cerrado (30B-30C Abierto)</li> <li>• Normal:30B-30C      Cerrado (30A-30C Abierto)</li> </ul>
	Salida Configurable  (MO - MG)	DC24V, 50mA o inferior
Comunicación  RS-485	Puerto de Comunicación  (S+, S-)	Comunicación MODBUS-RTU

**Tabla 2.5 Señales de salida del Bornero de Control del variador LG iG5**

Las especificaciones técnicas de la alimentación eléctrica, entradas y salidas digitales, al igual que las analógicas, además de las funciones básicas y los códigos de programación del Variador de Frecuencia LG serie iG5 se muestran en el ANEXO N° 3.

## 2.4 Contactores

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de una instalación de tal manera que este puede ser accionado a distancia o a través de pulsadores, además permite el accionamiento tanto de la etapa de potencia como de la de control de un circuito, y tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, que es cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Su representación se la hace a través de las letras **KM**, seguido del número de contactor.

### Elementos de un contactor

Contactos principales: Permiten abrir y cerrar el circuito de potencia. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 16.

Contactos auxiliares: Permiten abrir y cerrar el circuito de control. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados. En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

- 1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.
- 3 y 4, contacto normalmente abiertos, NA.
- 5 y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.
- 7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección.

, sin embargo la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor.

- Bobina: Es el elemento que produce una fuerza en el momento en que la corriente eléctrica lo atraviesa. El voltaje de alimentación puede ser de 12, 24 y 220VAC. Se las representan con las letras A1 y A2 y en su parte inferior se indica a qué contactor pertenece.
- Armadura: Es la parte móvil del contactor, ya que permite desplazar los contactos principales y secundarios debido a la fuerza que se generó en la bobina.
- Núcleo: Es la parte fija del contactor por medio de la cual se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- Resorte: Es un muelle que permite regresar a los contactos a su posición inicial una vez que desaparece el flujo magnético de la bobina.

### Funcionamiento de un contactor

Lo primero que debe ser conectado es el circuito de control a los contactos principales, de tal forma que se establezcan las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, de modo que las maniobras se realicen simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, el enclavamiento de contactos y señalizaciones en el circuito.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactor principales y auxiliares. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. La bobina está diseñada de tal forma que pueda resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente, con el fin de reducir los choques mecánicos.

Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

### Clasificación de los Contactores

*Por su construcción:*

- Contactores electromagnéticos: Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.
- Contactores electromecánicos: Se accionan con ayuda de medios mecánicos.
- Contactores neumáticos: Se accionan por la presión de aire.
- Contactores hidráulicos: Se accionan por la presión de aceite.
- Contactores estáticos: Son construidos a base de tiristores, y tienen algunos inconvenientes como:
  - Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario.
  - La potencia disipada es muy grande.
  - Tienen corrientes de fuga notables.
  - Su costo es superior al de un contactor electromecánico equivalente.

*Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina:*

- Contactores para corriente alterna

- Contactores para corriente continua
- Por la categoría de servicio: Estos contactores a su vez se clasifican en:
  - AC1 ( $\cos \varphi \geq 0,9$ ): cargas puramente resistivas y condiciones de servicio ligeros de cargas no inductivas o débilmente inductivas, como de lámparas de incandescencia o calefactores eléctricos pero No Motores.
  - AC2 ( $\cos \varphi = 0,6$ ): motores síncronos como de mezcladoras, centrífugas. Al cerrarse el contactor su I arranque = 2.5 veces la I nominal del motor.
  - AC3 ( $\cos \varphi = 0,3$ ): motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio continuo para aparatos de aire acondicionado, compresores, ventiladores. Al cerrarse el contactor su I arranque = 5 a 7 veces la I nominal del motor.
  - AC4 ( $\cos \varphi = 0,3$ ): motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio intermitente para grúas, ascensores. Al cerrarse el contactor su I arranque = 5 a 7 veces la I nominal del motor.

Como se muestra en la siguiente tabla (Tabla 2.5), estas clases de contactores también dependen del factor de potencia y la corriente de servicio del motor.

<b>Categoría de servicio</b>	<b>Ic / Ie</b>	<b>Factor de potencia</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Condiciones de Trabajo</b>
AC1	1	0,95	Cargas puramente resistivas	Condición Ligera
AC2	2,5	0,65	Motores asíncronos para centrifugas.	Condición Normal
AC3	1	0,35	Motores asíncronos para aire acondicionado, compresores.	Condición Difícil
AC4	6	0,35	Motores asíncronos para grúas, ascensores.	Condición Extrema

**Tabla 2.6 Contactores por la Categoría de Servicio.**

### Características de los Contactores

Según la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), las características de un contactor vienen determinadas por:

1. Tipo de contactor: Está determinado por el número de polos y el tipo de corriente.
2. Valores nominales: Está definido por Voltaje nominal, Corriente nominal, Corriente térmica nominal y Frecuencia nominal.
3. Circuito de control y contactos auxiliares

De acuerdo a estas especificaciones de los contactores se pudo concluir que el contactor requerido para el arranque de Y a  $\Delta$  del motor Baldor de 1HP de la plataforma es de tipo (AC2) ya que cumple características de este, de acuerdo a la tabla 2.5. Sin embargo es necesario realizar el dimensionamiento del contactor de acuerdo a las características del motor de la siguiente manera:

Datos del Motor

<b>Voltaje <math>\Delta/Y</math> = 208-230/460 V</b>	<b>Corriente = 3.1-3/1.5 A</b>
<b>Factor de Potencia = 0,80</b>	<b>Potencia = 0.75 K w</b>
<b>Frecuencia = 60 Hz</b>	<b><math>V_L = 110 V</math></b>

**Tabla 2.7 Datos del Motor Baldor MM3545**

Dimensionamiento

$$P = 3 VI \cos\phi$$

$$750 = 3 (110) I (0, 80)$$

$$I_N = 2.84 A$$

Por lo tanto el contactor a utilizarse es AC2 de 220V AC.

**2.5 Cámaras Web**

Una cámara web o webcam es una pequeña cámara digital conectada a una computadora, la cual puede capturar imágenes y transmitir las a través de Internet, ya sea a una página web o a otra u otras computadoras de forma privada. Las webcams necesitan una computadora para transmitir las imágenes.

Por lo general puede transmitir imágenes en vivo, pero también puede capturar imágenes o pequeños, que pueden ser grabados y transmitidos por internet. Este dispositivo se clasifica como de entrada, ya que por medio de él podemos transmitir imágenes hacia la computadora.

Para el caso de este proyecto de fin de carrera se requiere que la cámara capture imágenes en vivo del comportamiento de la plataforma de tal forma que se pueda comprobar los parámetros seteados y el programa del PLC.

### Software de una Cámara Web

Una webcam consiste en una cámara digital conectada a una computadora, normalmente a través del puerto USB. Lo que hay que tener en cuenta es que dicha cámara no tiene nada de especial, es como el resto de cámaras digitales, y que lo que realmente le da el nombre de webcam es el software que posee según su fabricante.

El software de la webcam toma un fotograma "frame" de la cámara cada cierto tiempo, este parámetro es conocido como fps, de tal forma que envía la imagen a otro punto para ser visualizada. En el caso de realizar un video de calidad y sin cortes de imagen, la cámara deberá tener un alcance de 15-30 fps. En los videos que tengan como objetivo ser colocados en internet, se requerirá una cámara con un alcance de 14fps, de tal manera que se conseguirá ahorrar espacio y se mantendrá la calidad.

### Tecnología de una Cámara Web

Las cámaras web están formadas por un lente, un sensor de imagen y el circuito de control necesario para manejar los demás componentes.

Existen distintos tipos de lentes, siendo los lentes plásticos los más usados. Las cámaras también poseen sensores de imagen que pueden ser CCD (charge coupled device) o CMOS (complementary metal oxide semiconductor), que son los más usados en cámaras de bajo costo, aunque eso no significa que CCD sea mejor que CMOS. Las webcams suelen ofrecer una resolución VGA (640x480) con una tasa de unos 30 frames por segundo, pero ahora existen cámaras hasta de 5MP.

El circuito interno de la cámara está encargado de leer la imagen del sensor y transmitirla a la computadora. Algunas cámaras usan un sensor CMOS integrado con el circuito en un único chip de silicio para ahorrar espacio y costo de material.

La cámara web que se muestra a continuación (Fig. 2.17) va a ser utilizada en el desarrollo e implementación de la plataforma remota, es del fabricante Xtratech y su resolución es de 5 Megapíxeles, la misma que es suficiente para realizar el monitoreo del comportamiento de la plataforma.



**Figura 2.17** Cámara Web Xtratech de 5 MP

#### Características de la cámara Xtratech

- Posee un lente ajustable.
- Puede realizar giro de 360°.
- Tiene un botón para realizar capturas.
- Tiene un micrófono.
- Su comunicación la realiza a través de puerto USB 2.0
- Posee 300K pixeles sensor CMOS.
- La resolución de video más alta es 1600x1200 y 15 fps pero la estándar es 640x480 y 30 fps.
- Permite realizar la captura de imágenes estática reales de 640x480 hasta 2560x1920 pixeles.
- Se pueden capturar hasta 30 fps de video.
- Tiene 24 bits de color verdadero.
- Posee balance de blanco y control de color.
- Almacena video en formato AVI

- Almacena video digital en archivo de formato JPEG y BMP.
- Trabaja con un software llamado AMCAP

El software AMCAP permite guardar las imágenes, video y sonido que se captan con la cámara, además permite configurar el color, el contraste con brillo y elegir de acuerdo a la cantidad de luz que exista en la habitación.

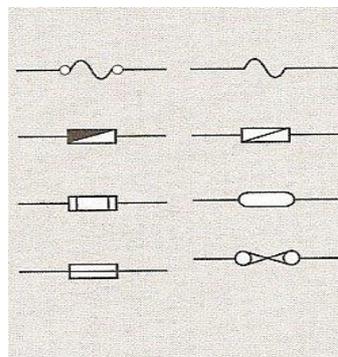
## 2.6 Componentes Secundarios

### 2.6.1 Fusibles

Un fusible es una sección de hilo más fino que los conductores normales, colocado en la entrada del circuito a proteger, para que al aumentar la corriente, debido a un cortocircuito, sea la parte que más se caliente, y por tanto la primera en fundirse. Una vez interrumpida la corriente, el resto del circuito ya no sufre daño alguno.

Actualmente el fusible suele ser un fino hilo de cobre o aleación de plata, o bien una lámina del mismo metal para fusibles de gran intensidad, colocados dentro de unos cartuchos cerámicos llenos de arena de cuarzo, con lo cual se evita la dispersión del material fundido; y es por esto que se los conoce como cartuchos fusibles. Los cartuchos fusibles son protecciones desechables.

Los fusibles pueden ser representados de diferentes formas de acuerdo al tipo y función que este tenga en el circuito. Algunas representaciones de fusibles se muestran a continuación (Fig. 2.18).



**Figura 2.18 Representación de Fusibles.**

## Clasificación de los Fusibles

Se han podido definir varios tipos de fusibles dependiendo de su corriente de fundición y tensión; las cuales son características que se deben tomar en cuenta en el momento de elegir un fusible para la protección de la plataforma remota, ya que a pesar de no ser un elemento principal, su presencia es fundamental para el buen funcionamiento de esta.

*Por la corriente de fundición:* Existen varios tipos de fusibles, clasificados de acuerdo a la corriente de fundición (**If**) y se diferencian en la intensidad que ha de atravesarlos para que fundan en un segundo. Esta clasificación fue dada de acuerdo al significado de cada una de las letras que lo conforman, así:

Primera letra: indica la función que va a tener el fusible.

- Categoría “g” (general purpose fuses) fusibles de uso general.
- Categoría “a” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Segunda letra: indica el objeto que se va a proteger.

- Objeto “T”: Cables y conductores.
- Objeto “M”: Aparatos de conexión.
- Objeto “R”: Semiconductores.
- Objeto “B”: Instalaciones de minería.
- Objeto “Tr”: Transformadores.

A continuación se señala los fusibles más utilizados que cumplen con esta norma:

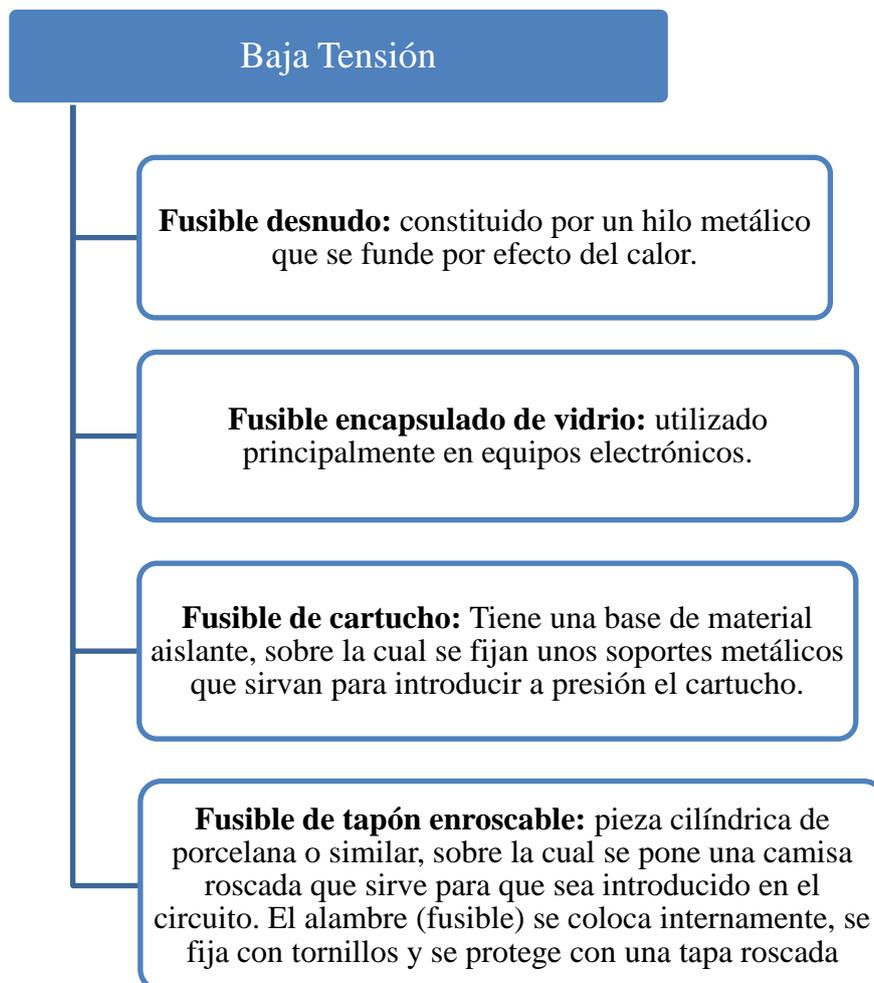
- Los fusibles **lentos (gT)** funden en un segundo para  **$I = 5 I_f$** , son los menos utilizados, son empleados para protección de redes aéreas de distribución generalmente o para cortocircuitos momentáneos (árboles o viento).
- Los fusibles **rápidos (gF)** funden en un segundo para  **$I = 2,5 I_f$** , se emplean para la protección de redes de distribución con cables aislados y para circuitos de alumbrado.
- Los **de acompañamiento (aM)** funden en un segundo para  **$I = 8 I_f$** , se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que aguanten sin fundirse las puntas de intensidad que estos absorben en el arranque. Su nombre se debe a que

van acompañados de otros elementos de protección, como son generalmente los relés térmicos.

De acuerdo a las funciones de los fusibles antes mencionados se pudo concluir que el más adecuado para la protección de la plataforma remota es uno de tipo (aM) ya que permitirá proteger al motor Baldor de 1HP, que es elemento que requiere mayor corriente y genera grandes perturbaciones.

*Por el tipo de tensión:* Existen dos tipos de fusibles, de baja y alta tensión, cuyas características son detalladas a continuación.

Los fusibles de baja tensión son utilizados para circuitos pequeños o fuentes de poder que no requieren grandes corrientes, en la tabla 2.6 se detallan algunos fusibles de este tipo.



**Tabla 2.8 Fusibles de Baja Tensión.**

En los fusibles de alta tensión su diferencia está determinada por la relación de velocidad, la cual se define como la relación entre las corrientes de fusión para 0.1 s y 300 s en fusibles hasta 100 A y 01. s y 600 s en fusibles por arriba de 100 A. Por ejemplo, un fusible T de 6 A tiene una corriente de fusión de 130 A para 0.1 s y 12 A para 300 s lo que resulta en una relación de velocidad de 10.8. Los fusibles lentos tienen una relación de velocidad entre 10.0 y 13.0. Los fusibles rápidos tienen una relación de velocidad entre 6.0 y 8.1. Estas relaciones fueron establecidas según normas AYEE, ANSI, IRAM 2400, NIME y NEMA. A continuación se explican los tipos más importantes de fusibles de alta tensión (Tabla 2.7)

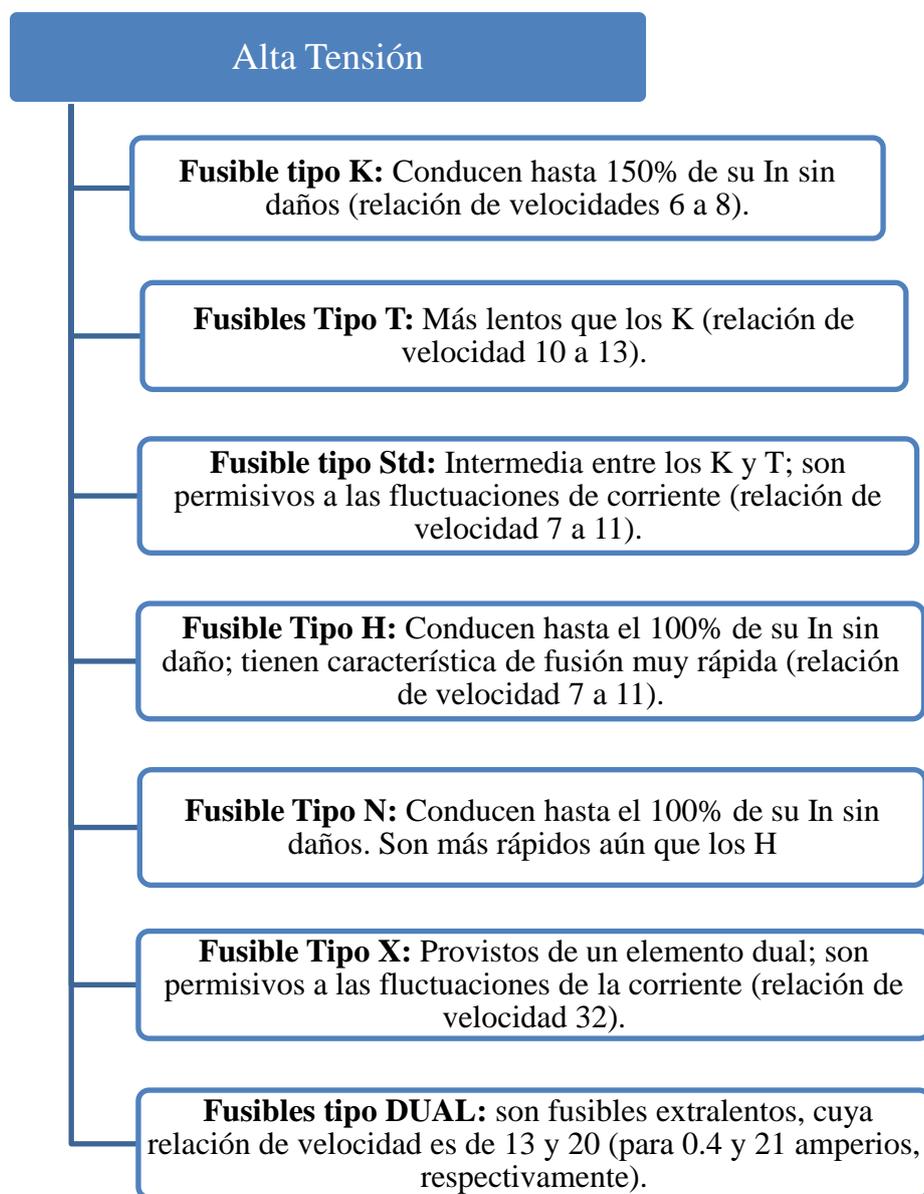


Tabla 2.9 Fusibles de Alta Tensión.

De acuerdo a estas especificaciones de los fusibles de baja y alta tensión se pudo concluir que el fusible requerido para la protección de la plataforma es de tipo (aM) y K ya que de esta forma, se asegura un accionamiento rápido en caso de existir una sobre corriente, de tal manera que se asegura de que el motor no sufra daños, sin embargo es necesario realizar el dimensionamiento del fusible de acuerdo a las características del motor de la siguiente manera:

### Dimensionamiento

Tomando en cuenta que  $I_N = 2.84 \text{ A}$  del motor Baldor de 1HP

Para el caso de los fusibles se toma -10% de la corriente nominal, por lo tanto:

$$I_{fusible} = 2.55 \text{ A} \quad \text{aproximadamente} \quad I \approx 2.5 \text{ A}$$

El fusible que se utilizará es aM tipo K de 6A y 250V.

### **2.6.2 Disyuntores**

Es un interruptor automático, que puede abrir un circuito eléctrico ante la subida de intensidad de corriente que circula por él, o por un cortocircuito. Están destinados a la protección de los equipos eléctricos y personas.

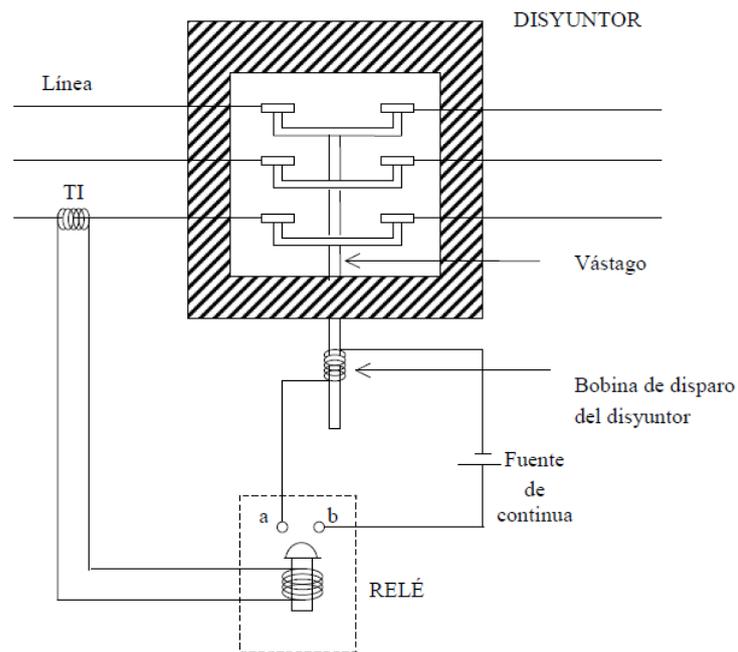
Este dispositivo se rearma luego de localizado y reparado el daño causante, a diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados luego de un único uso y tienen diferentes tamaños y características.

Se utiliza como protección en caso de contactos indirectos, o sea que está relacionado con la descarga a tierra de las masas. Este dispositivo cortará la corriente en cuanto detecte la variación de voltaje ocasionada por una falla en la descarga a tierra.

Los disyuntores son capaces de detectar fugas de corriente de 30mA y cortan el suministro de corriente en un mínimo de 30mseg. El disyuntor está calibrado para trabajar dentro de ciertos parámetros de corriente nominal. También cuenta con un voltaje máximo de trabajo, así como hay una intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir.

## Funcionamiento de un Disyuntor

El accionamiento del disyuntor se debe a un relé de sobreintensidad como se muestra a continuación (Fig. 2.19). Cuando la corriente en la línea supera un valor preestablecido, esa corriente (a través del transformador de intensidad TI) hace cerrar los contactos a-b del relé, lo cual establece una corriente en el circuito de la bobina de disparo del disyuntor. Se realiza entonces el movimiento del vástago del disyuntor, lo cual provoca la interrupción del circuito principal.



**Figura 2.19 Principio de Funcionamiento de un Disyuntor**

## Tipos de Disyuntores

Según su funcionamiento existen varios tipos de disyuntores. Hay disyuntores para corriente continua, pero los más usados son los de corriente alterna. Los disyuntores más comunes son:

- Disyuntor magneto-térmico o disyuntor magnético.
- Disyuntor térmico.
- Disyuntor por corriente diferencial.
- Guardamotor

Los disyuntores están constituidos por una parte magnética y otra térmica.

- Parte térmica: Está compuesta por un bimetel, por el que circula corriente que alimenta la carga. Cuando la carga es superior a la intensidad admitida, el aparato se calienta y dilata el bimetel, el cual se arquea cortando el circuito.
- Parte magnética: Está formada por una bobina con núcleo y parte móvil, la misma que es arrastrada por el campo magnético que genera la bobina al superar la intensidad nominal del aparato, con lo que se corta el circuito.

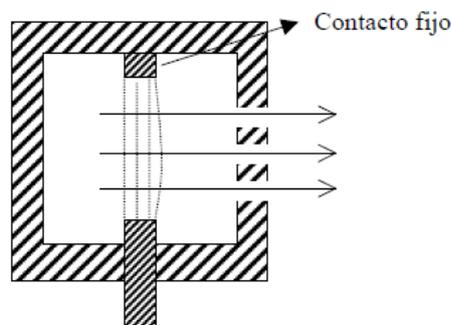
Según el medio eléctrico en el cual se encuentran los contactos, existen otro tipo de disyuntores y los más comunes son los siguientes:

En aceite: En este tipo de disyuntor separación de los contactos se hace en baño de aceite, lo cual tiene dos ventajas:

1. La rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a presión atmosférica.
2. El arco que se genera al existir sobrecorriente hace que el aceite se descomponga, generando hidrógeno, que es un medio refrigerante superior al aire.

Los contactos están en un pequeño recipiente, llamado cámara de explosión, provista de orificios de salida como se muestra a continuación (Fig. 2.20). El hidrógeno desprendido por el arco y contenido en la cámara de explosión aumenta la presión, lo cual hace crecer la rigidez dieléctrica del aceite.

Además el gas a presión que atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara lo alarga, lo enfría y lo apaga. Se aprovecha la energía desprendida por el arco mismo para apagarlo.



**Figura 2.20** Disyuntor de contactos en aceite

*En SF6 (hexafluoruro de azufre):* Este disyuntor ha reemplazado el de aceite ya que usa un gas inerte (SF6) que se hace trabajar a la presión de 2 o 3 kg/cm<sup>2</sup>. Se manda SF6 a presión sobre el arco, generalmente a lo largo del eje del arco, lo cual lo adelgaza y lo apaga.

El disyuntor en SF6 es totalmente hermético para mantener la presión, presentando varias ventajas que hacen que sea cada vez más empleado: el SF6 no es tóxico, el disyuntor ocupa poco espacio y además no es ruidoso.

*De sople de aire:* Se manda sobre el arco aire comprimido a 15 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el principio de funcionamiento similar al de SF6. Pero la presión elevada requiere mayores precauciones para impedir escapes de aire.

*En vacío:* Estos disyuntores se limitan a la tensión de 30 kV. Los contactos se separan en una cámara donde se ha hecho el vacío. De esta manera, se trata de evitar el nacimiento del arco. Aunque esto no se logra totalmente, se disminuye mucho la duración del arco, la energía producida por el arco y la distancia a la que tienen que separarse los contactos.

Hay disyuntores eléctricos bastante avanzados que usan componentes electrónicos para monitorizar los niveles de corriente más que simples dispositivos eléctricos. Estos elementos son bastante más precisos y pueden cortar el circuito de una manera más rápida, aunque son también más caros. Por esta razón, para procesos industriales se escogen los disyuntores eléctricos convencionales.

De acuerdo a los tipos de disyuntores antes descritos se pudo concluir que el más adecuado es un disyuntor termomagnético de tal forma que permita proteger la plataforma en caso que exista una sobrecarga, sin embargo es necesario realizar el dimensionamiento del fusible de acuerdo a las características del motor de la siguiente manera:

### Dimensionamiento

Tomando en cuenta que  $I_N = 2.84 \text{ A}$  del motor Baldor de 1HP

Para el caso de los disyuntores se toma -15% de la corriente nominal, por lo tanto:

$$I_{\text{disyuntor}} = 2.41 \text{ A} \quad \text{aproximadamente} \quad I \approx 2.5 \text{ A}$$

El disyuntor que se utilizará es electromagnético de 4A y 250V.

### 2.6.3 Acceso Remoto

La funcionalidad Escritorio Remoto, permite iniciar sesión en un equipo desde otro equipo distinto a través de la red (ya sea Internet, red local o una conexión telefónica entrante) y usarlo como si realmente estuviera sentado delante del mismo. Las principales funciones del acceso remoto son:

- Se puede correr y utilizar programas.
- Se puede transferir archivos entre las dos PC.
- Se puede imprimir en la PC local archivos desde la PC remota.

Una de las funciones más importantes del acceso remoto es que permite dar soporte técnico remoto a sus clientes; y para esta aplicación hay programas de acceso remoto que realizan un diagnóstico completo de todos los parámetros de la PC remota.

La tecnología de escritorio remoto permite la centralización de aquellas aplicaciones que generalmente se ejecutan en entorno de usuario (por ejemplo, procesador de textos o navegador). De esta manera, dicho entorno de usuario se transforma en terminales de entrada/salida.

Un acceso remoto funciona de tal manera que los eventos de pulsación de teclas y movimientos de ratón se transmiten a un servidor central donde la aplicación los procesa como si se tratase de eventos locales. La imagen en pantalla de dicha aplicación es retornada al terminal cliente cada cierto tiempo.

Remotamente se puede acceder prácticamente a cualquier recurso que ofrece una o más computadoras. Se pueden acceder a archivos, dispositivos periféricos (como impresoras), configuraciones, etc.

Existen múltiples programas que permiten controlar una computadora remotamente, entre ellos uno de los más populares es el VNC, que es gratuito y libre. También existen aplicaciones web que permiten el acceso remoto a determinados recursos utilizando sólo un navegador web, ya sea a través de internet o cualquier otra red. Otra forma fácil (porque es gráfica) de acceso remoto es a través de un Escritorio remoto. Existen programas para el acceso remoto a través de comandos de texto, pero suelen ser más complicados de usar, algunos de los programas más usados son:

### Anyplace Control

Es un programa para Windows que permite controlar, de una manera segura, un equipo remoto y transferir archivos vía Internet o una red local. El programa muestra el equipo remoto en su pantalla local y le permite utilizar su ratón y teclado para controlarlo. Es decir, con este programa usted puede trabajar en un equipo remoto como si estuviera sentado delante de él, no importa el lugar en el que se encuentre realmente.

El sistema de transferencia de archivos incorporado en el programa le permite mover archivos entre el equipo local y el remoto. Con Anyplace Control, se puede encender o apagar un equipo remotamente. El programa también incluye la función de instalación remota que le da la facilidad para instalar y configurar el programa en múltiples equipos remotos sin necesidad de estar físicamente presente en cada uno de ellos.

### TeamViewer 0.96

Es una herramienta para control remoto y presentaciones que permitirá tener control sobre un ordenador remoto o simplemente mostrar lo que sucede en una PC para una presentación. El programa ofrece conexiones seguras, transferencia de ficheros, y es de licencia pública. Su interfaz es muy fácil de usar y funciona tras firewalls.

### Remote Control PRO 2.7

Es una herramienta de administración de redes que le permite al administrador de una red ver y controlar ordenadores conectados, sin necesidad de levantarse de su propio ordenador. El administrador se conecta al ordenador remoto viendo el escritorio de aquel en su ordenador, con la posibilidad de ejecutar programas, hacer ajustes, apagar el ordenador, etc.

## CAPITULO 3

### DISEÑO DE LA PLATAFORMA

#### 3.1 Arquitectura de la Plataforma Remota

Debido a que el objetivo del presente proyecto de fin de carrera consiste en el diseño e implementación de una plataforma remota para el control y monitoreo de un motor trifásico vía web se diseñó un esquema de la arquitectura de la plataforma en sí, así también como de la red que permitiría realizar el acceso remoto a la misma, y es por esta razón que se detalla cada una de estas a continuación.

##### 3.1.1 Arquitectura de la Plataforma

La arquitectura en general de una plataforma remota debe representar un esquema genérico en el que se muestren los diferentes componentes de la misma y además debe mostrar el funcionamiento básico de ésta, de tal forma que sea de fácil entendimiento para el diseñador de la plataforma. A continuación se muestra un esquema genérico de una plataforma remota.

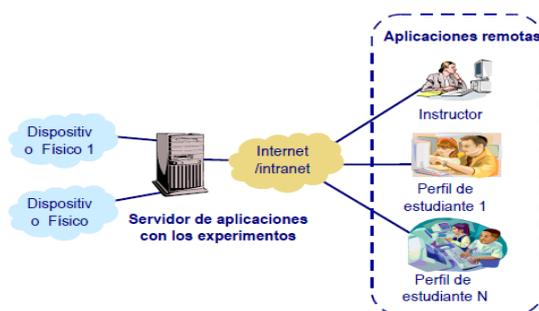
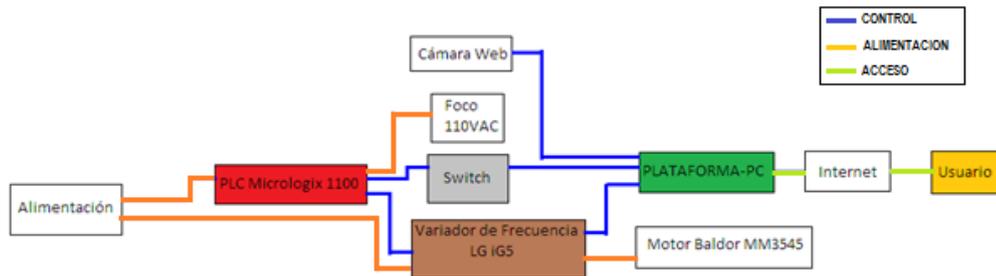


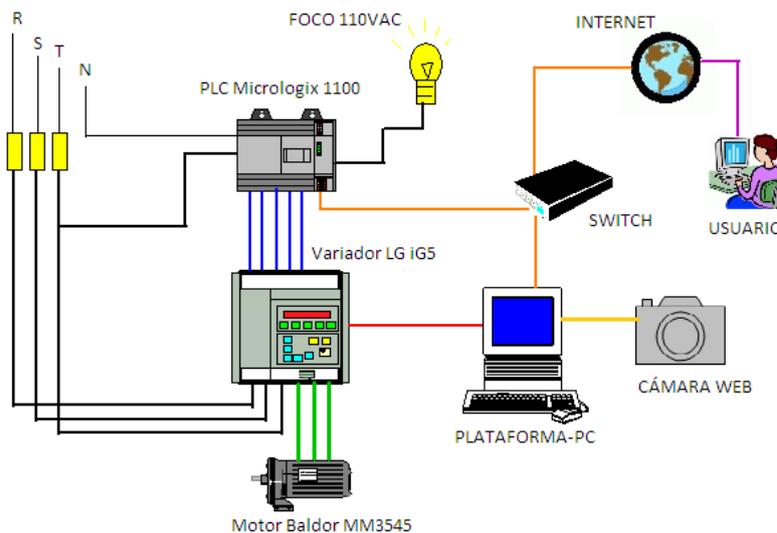
Figura 3.1 Arquitectura de Referencia de una Plataforma Remota

Como se puede observar en la figura 3.1 la plataforma consta de elementos físicos que serán conectados a la PC que servirá de central y de punto de acceso hacia la red, de tal forma que los usuarios puedan acceder a la plataforma con los servicios que serán de acuerdo a los privilegios que posea su cuenta de usuario. Para el caso de este proyecto de tesis la arquitectura de la plataforma remota (Plataforma Remota 2010) sería como la que se muestra a continuación (Fig. 3.2).



**Figura 3.2 Arquitectura de la Plataforma Remota 2010**

En la siguiente figura 3.3 se muestra el esquema de conexión de la Plataforma Remota 2010 en el que se pueden observar a cada uno de los elementos que conforman la misma y sus conexiones entre ellos, pero es necesario recalcar que su protocolo de comunicación entre ellos es distinto.



**Figura 3.3 Esquema de Conexión de la Plataforma Remota 2010**

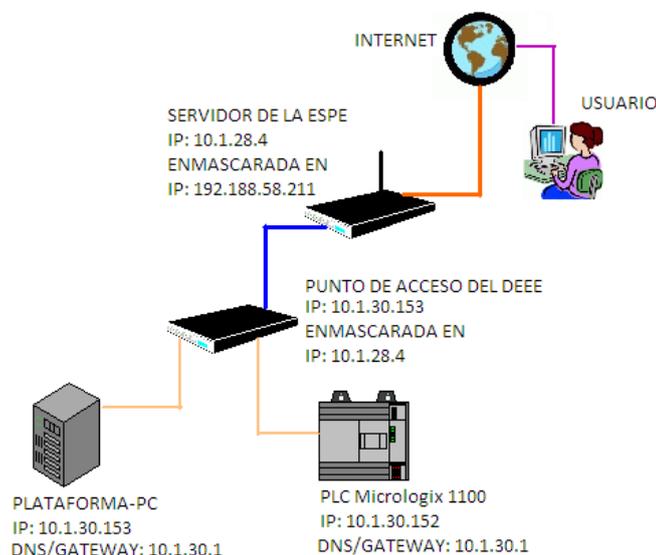
Como se puede observar en el Esquema de Conexión de la Plataforma Remota 2010 (Fig. 3.3), el Controlador Lógico Programable (PLC) requiere una alimentación de 110VAC

para su funcionamiento; al igual que las 6 salidas a relé, ya que el bornero de control del variador de frecuencia LG iG5 requiere este voltaje para activar las señales de entrada y para poder encender la bombilla que permitirá iluminar la plataforma en caso de que las prácticas se realicen en la noche. Por otra parte, el Variador de Frecuencia como elemento de potencia requiere alimentación trifásica para su bornero de potencia ya que será éste el que posteriormente alimentará al motor, mientras que el bornero de control requiere solo 110VAC en las entradas que vayan a ser utilizadas y además deberá estar conectada la tierra respectiva de éste.

La Plataforma Remota 2010 además consta de un switch que permite hacer la red entre la PC central, el PLC y el punto de red que proporciona internet. También como parte de la plataforma existe una cámara web que permitirá visualizar el comportamiento de la plataforma una vez que sea realizado el acceso remoto.

### 3.1.2 Arquitectura de la Red

La Arquitectura de la red para la Plataforma Remota 2010 es simple pero fundamental para poder realizar el acceso remoto ya que enlaza el PLC con la PC y esta a su vez a internet. A continuación se muestra la arquitectura de la red (Fig. 3.4).



**Figura 3.4 Arquitectura de Red de la Plataforma Remota 2010**

Para realizar la red de la plataforma, fue asignada una dirección IP, la cual es la 10.1.30.153, esta dirección pertenece a la red del Departamento de Eléctrica y Electrónica

de la ESPE, y su DNS/Gateway es 10.1.30.1. Además fue necesario asignar otra dirección IP para la red interna entre el PLC y la PC central, la cual fue 10.1.30.152 cuyo Gateway y DNS es el mismo que el de la dirección anterior, pero su diferencia consiste en que la dirección IP de la PC central tiene enmascarada una Dirección pública que será la que permita realizar el acceso remoto a PLATAFORMA-PC.

Es necesario tomar en cuenta que la dirección IP de la PC central es mostrada como 10.1.30.153 solo dentro del Departamento de Eléctrica y Electrónica, pero ya en la Unidad de Tecnología Informática y Comunicaciones (UTIC's) se muestra como la 10.1.28.4 debido a su previo enmascaramiento, por lo que al exterior se muestra con la dirección 192.188.58.211 la cual ya es una IP pública.

### **3.2 Diagramas Eléctricos**

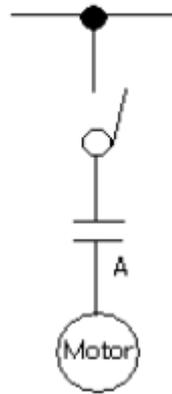
Los Diagramas Eléctricos permiten representar de forma simbólica un circuito o una red de tal manera que se puedan mostrar todas sus conexiones y relaciones existentes entre los elementos y medios de unión utilizados para la elaboración del circuito.

Es necesario conocer que existen algunas diferencias entre los diagramas eléctricos que varían dependiendo de lo que se quiera mostrar o la función que vaya a desempeñar, ya que es distinta la interpretación de un ingeniero a la de un técnico, debido a que la interpretación de un ingeniero está más enfocada al diseño, ya sea de la instalación o de la maquinaria; en cambio un técnico se enfoca en el montaje, mantenimiento preventivo y reparación. Es por esta razón que existen esquemas instalación de los componentes y sus funciones específicas, así como esquemas de conexiones

En general para la representación de circuitos eléctricos de cualquier tipo que sean dirigidos para cualquier persona, los esquemas han sido clasificados en tres principales tipos:

- a) Unifilar: son los que representan en un solo trazo las distintas fases o conductores como se muestra a continuación (Fig. 3.5)

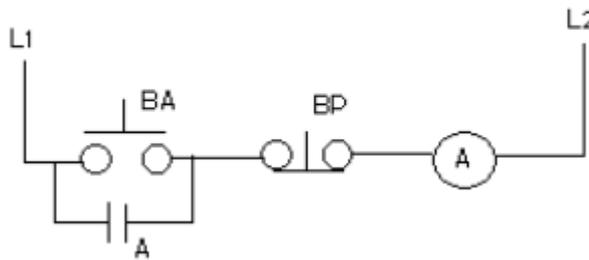
Diagrama unifilar a 220V



**Figura 3.5 Diagrama Unifilar**

- b) Bifilar: Este diagrama lleva este nombre ya que representa dos fases de corriente como se muestra a continuación (Fig. 3.6).

Diagrama bifilar a 220V



**Figura 3.6 Diagrama Bifilar**

- c) Trifilar: Este diagrama lleva este nombre ya que representa tres fases de corriente como se muestra a continuación (Fig. 3.7).

Diagrama trifilar a 220V

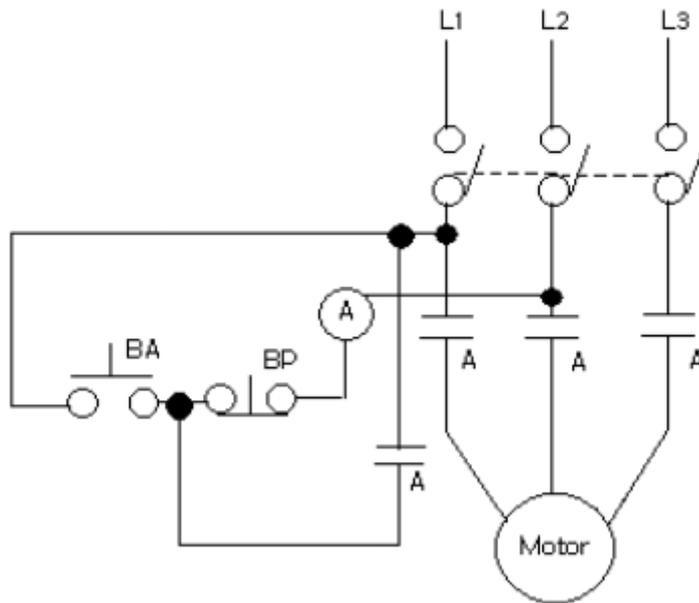


Figura 3.7 Diagrama Trifilar

- d) Multifilar: son los esquemas que representan todos los trazos correspondientes a las distintas fases o conductores.

Los diagramas utilizados para la representación de las conexiones y funciones de los componentes utilizados en la plataforma remota 2010 son de tipo Multifilar ya que se muestran todos los trazos de las tres fases y el neutro utilizados para la alimentación de la plataforma.

### 3.3 Normas de Representación Eléctrica

Actualmente cada uno de los diagramas eléctricos realizados para la representación de circuitos tienen que estar basados en normas específicas que permitan visualizar con mejor claridad los elementos de los circuitos, además deben estar basados en símbolos estándares de tal forma que cualquier persona pueda entender el diagrama.

Los diagramas deben estar clasificados de acuerdo a la potencia que utilicen o el tipo de conexiones que poseen, es por esta razón que la plataforma remota 2010 ha sido dividida en un circuito de control y un circuito de potencia.

Existen algunas normas que estandarizan los símbolos de representación de cada uno de los elementos, así como las normas de seguridad para cada una de las conexiones que se realicen en el circuito.

La norma UNE-EN 954 ahora conocidas como la norma ISO 13849-1 y la IEC 62061 han estandarizado los patrones de seguridad que se debe seguir en la representación de circuitos eléctricos como se muestra a continuación (Fig. 3.8):

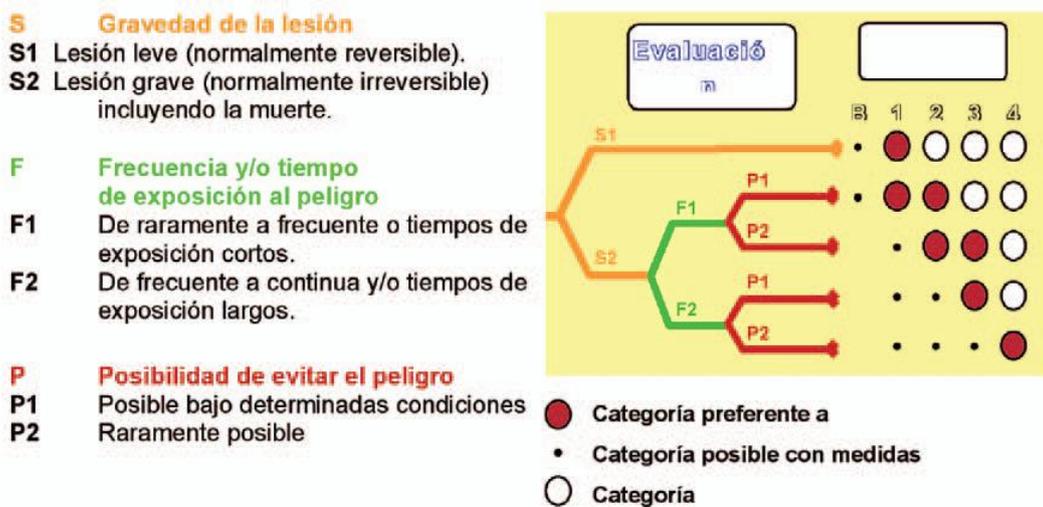


Figura 3.8 Categorías de riesgo de la norma UNE-EN 954

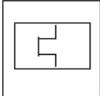
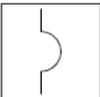
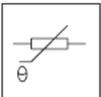
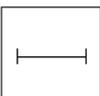
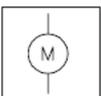
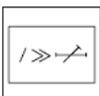
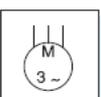
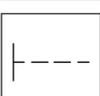
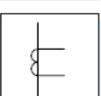
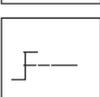
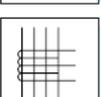
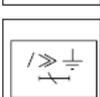
En esta figura se muestran las diferentes categorías de riesgo que deben ser visualizadas en los diagramas eléctricos de tal forma que las personas puedan tomar las precauciones correspondientes a la categoría que se muestre.

La categoría se selecciona en función de los siguientes parámetros binarios: gravedad de la lesión (“S”), frecuencia de exposición (“F”) y posibilidad de evitar el peligro (“P”). En la categoría “B” el circuito de seguridad aplicado únicamente debe ser funcional que soporte las influencias esperadas.

- En la categoría “1” todos los componentes que forman parte del sistema de mando relativo a la seguridad deben ser de “eficacia probada”.
- En categoría “2”, es preciso, además, verificar cíclicamente el estado de la instalación (en los cambios de estado) mediante el sistema de mando de la máquina.

- En la categoría “3” elementos de eficacia probada, es preciso asegurar que un primer defecto no supone la pérdida de la función de seguridad, y siempre que sea razonablemente factible se detecte el defecto.
- En categoría “4” elementos de eficacia probada y un solo defecto no puede producir la pérdida de la función de seguridad. Los defectos deben ser detectados en el momento o antes de la siguiente sollicitación de la función de seguridad.

La norma IEC 60617 ha estandarizado los símbolos que permitan representar a los componentes de los circuitos eléctricos como se muestra a continuación (Fig. 3.9):

	Efecto térmico		Resistencia (signo general)		Relé térmico
	Efecto electromagnético		Resistencia dependiente de la temperatura		Relé de sobreintensidad instantáneo
	Temporización		Motor (símbolo general)		Relé de sobreintensidad con característica de retardo de tiempo corto regulable
	Conexión mecánica		Motor asincrónico trifásico, con rotor en cortocircuito (de jaula)		Relé de sobreintensidad con característica de retardo de tiempo corto inverso
	Mando mecánico manual (caso general)		Transformador de intensidad		Relé de sobreintensidad con característica de retardo de tiempo largo inverso
	Mando rotativo		Transformador de intensidad con primario formado por 4 conductores pasantes y con secundario enrollado con toma		Relé de sobreintensidad para defecto a tierra con característica de retardo de tiempo corto inverso

**Figura 3.9 Símbolos de la Norma IEC 60617**

En esta figura se muestran algunos de los símbolos gráficos que posee esta norma para la representación de diagramas eléctricos, la misma que contiene alrededor de 1750 símbolos.

La norma se encuentra dividida de acuerdo a las áreas y tipo de elemento que se requiere representar como son los semiconductores, dispositivos de conexión, conversores de energía, elementos lógicos binarios, dispositivos de protección, etc.

### 3.4 Diseño Estructural de la Plataforma Remota

Para realizar el diseño de la plataforma remota 2010 fue necesario el software Autocad Eléctrico 2008, de tal manera que se puedan observar cada una de las conexiones de los elementos de la plataforma, con sus respectivas especificaciones de los terminales; sin embargo para que exista un claro entendimiento de las conexiones, fue necesario dividir la plataforma en dos partes: Un circuito de control y un circuito de potencia. El esquema de la Plataforma Remota 2010 se encuentra en el ANEXO N° 4

#### 3.4.1 Circuito de Control

En este circuito se detallan cada una de las conexiones entre los diferentes componentes de la plataforma remota, en las cuales se define el funcionamiento del motor Baldor MM3545. En la siguiente figura 3.10, se muestra la asignación de cada una de las salidas a relé que posee el Controlador Lógico Programable Micrologix 1100, de tal manera que cada una tenga una funcionalidad específica. El esquema del circuito de control se encuentra en el ANEXO N° 5.

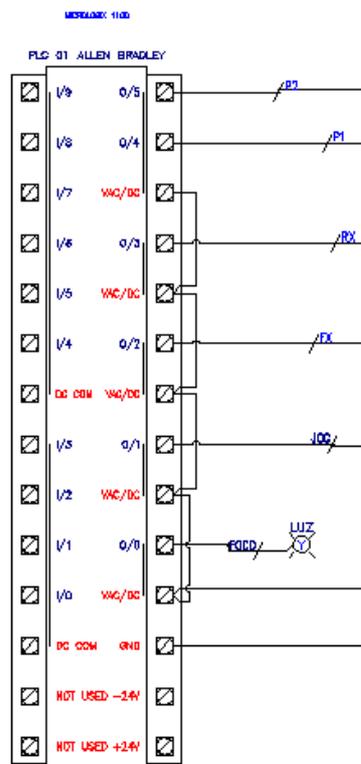


Figura 3.10 Conexiones de las salidas a relé del PLC Micrologix 1100

En esta figura se puede observar que cada una de las salidas del PLC se encuentra puenteada ya que todas son alimentadas con el mismo voltaje que requiere este para su funcionamiento, es decir 110VAC. Además se puede observar que cada una de las salidas tiene asignada una función de acuerdo al funcionamiento del variador de frecuencia LG iG5 como se muestra a continuación (Tabla. 3.1)

<b>SALIDA DEL PLC</b>	<b>FUNCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Q 0.0</b>	LUZ	Permite iluminar la plataforma en las noches
<b>Q 0.1</b>	JOG	Frecuencia Estándar de 10Hz
<b>Q 0.2</b>	FX	Hace girar a la Derecha al Motor
<b>Q 0.3</b>	RX	Hace girar a la Izquierda al Motor
<b>Q 0.4</b>	P1	En combinación con P2 permite cambiar la frecuencia del motor en 10, 20 y 30 Hz.
<b>Q 0.5</b>	P2	En combinación con P1 permite cambiar la frecuencia del motor en 10, 20 y 30 Hz.

**Tabla 3.1 Conexiones y Funciones de las Salidas del PLC Micrologix 1100**

Como se muestra en la tabla anterior, se utilizaron las seis salidas que posee el PLC Micrologix 1100 ya que cada una tiene designada una función distinta, sin embargo fue innecesario el uso de las entradas del PLC ya que se desea que el control sea netamente remoto pero por protección de la plataforma, el disyuntor utilizado posee un botón que permite des energizar todo el sistema.

A continuación (Fig. 3.11) se muestran las conexiones básicas que debería tener el variador de frecuencia LG iG5 para su correcto funcionamiento, cuidando también el motor que vaya a ser controlado.

En la plataforma implementada no fue necesario realizar las conexiones de todos los terminales del bornero de control ya que los diferentes arranques se controlaron a través del PLC y además no se utilizaron frecuencias analógicas de entrada por lo que los PINES I, VR y V1 no fueron empleados, así como los de salida analógica FM y CM; salida de colector abierto MO y MG y la resistencia de frenado que se encuentra entre los Pines B1 y

B2 ya que es opcional pero en caso de conectarla nunca se debe acortar la distancia entre estos bornes y el variador porque podría dañarse el equipo.

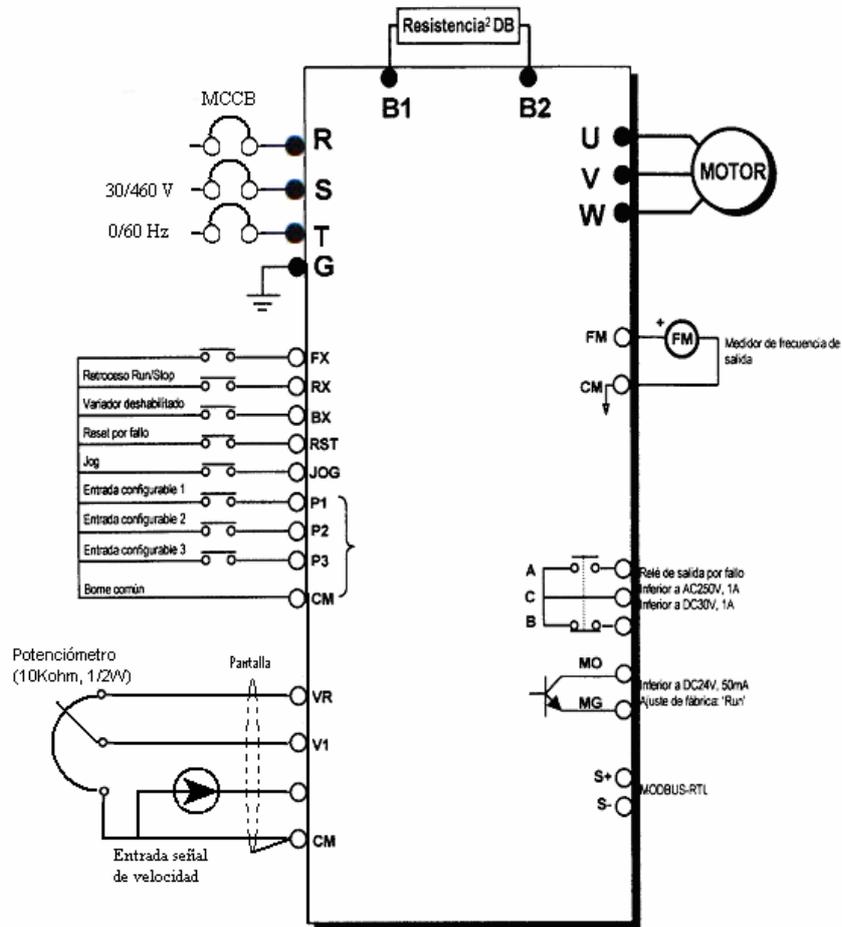


Figura 3.11 Conexiones básicas del Variador de Frecuencia LG iG5

Para señalar las conexiones de control del variador de frecuencia LG iG5 utilizadas, es necesario mostrar la distribución de los pines en su bornero de control como se muestra a continuación (Fig. 3.12).

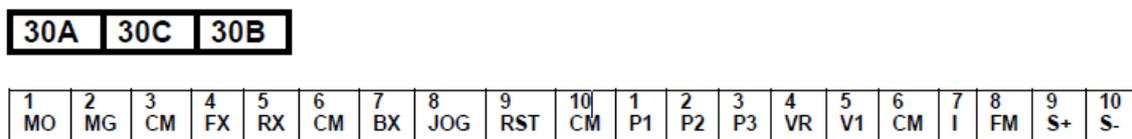
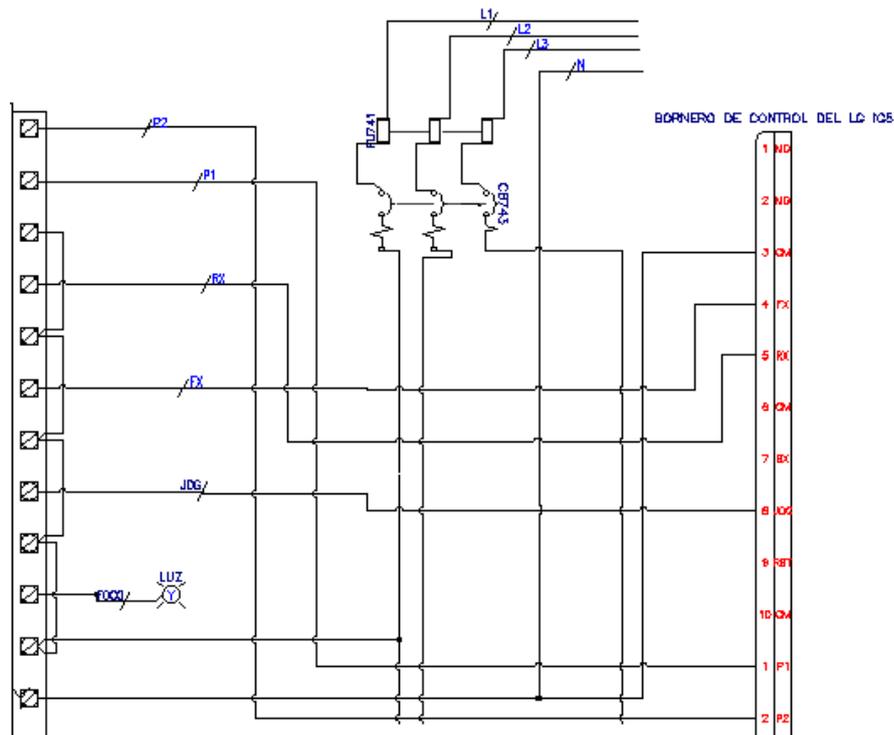


Figura 3.12 Distribución del Bornero de Control del LG iG5

En la siguiente figura 3.13 se muestran las conexiones utilizadas en la plataforma remota 2010, específicamente las realizadas entre las salidas del PLC Micrologix 1100 y el

variador de Frecuencia LG iG5 por medio de las cuales se definen las funciones y opciones de arranque del motor Baldor. Como se observa en la figura fue necesario realizar la conexión a común del bornero de control del variador de frecuencia LG iG5 con el Neutro de la plataforma, es decir el del PLC de tal manera que las señales que ingresan de este sean fácilmente reconocidas por el variador de frecuencia.



**Figura 3.13 Conexiones del Micrologix 1100 con el LG iG5**

En seguida se muestra (Fig. 3.14) las conexiones realizadas entre el bornero de control del variador LG iG5 y el convertidor RS485 a RS232 que permite realizar la conexión entre el variador de frecuencia y la PC central. Como se observa en la figura, los pines de comunicación del variador S+ y S- son conectados directamente a los pines del bornero del convertidor D+ y D- pero es necesario conectar el común del bornero del variador a la tierra del convertidor para asegurar la comunicación.

Además se puede observar que el Pin P3 del bornero de control fue conectado al común ya que para esta aplicación P3 debe ser siempre cero (como se explica posteriormente) y al realizar esta conexión se asegura el estado de este Pin.

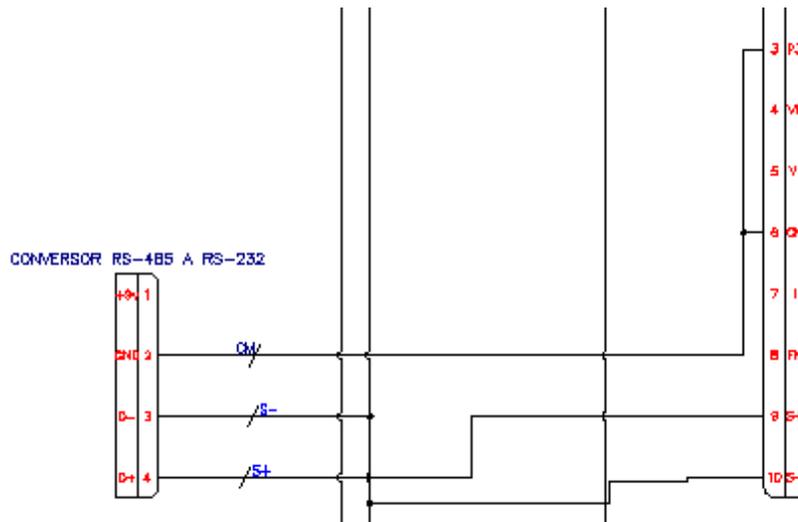


Figura 3.14 Conexiones del LG iG5 con el Conversor RS485-RS232

### 3.4.2 Circuito de Potencia

En este circuito se detallan cada una de las conexiones entre los componentes de la plataforma remota que requieren mayor corriente y voltaje. En la figura 3.15, se muestra el circuito de protección que posee la plataforma y sus conexiones entre estos elementos, además muestra la alimentación de todo el circuito. El esquema del circuito de potencia se encuentra en el ANEXO N° 6.

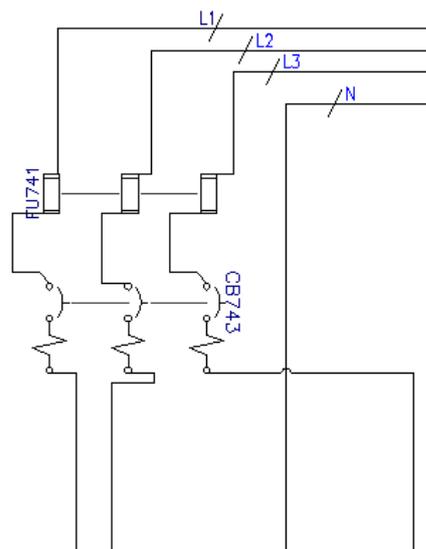


Figura 3.15 Circuito de Protección de la Plataforma Remota 2010

En esta figura se muestran cada una de las tres líneas de alimentación de la plataforma, y su conexión con los fusibles que fueron utilizados de tal forma que todo el circuito se

encuentre protegido frente a cualquier cortocircuito que se produzca durante el arranque del motor Baldor. Adicionalmente se colocó un disyuntor de tal forma que la plataforma esté protegida de sobre cargas, éste además posee un pulsador que abre el circuito en caso de que así se requiera, y fue utilizado durante la construcción y pruebas de la plataforma remota 2010.

A continuación (Fig. 3.16) se muestra la alimentación del controlador lógico programable Micrologix 1100 que requiere tan solo 110VAC y el Neutro que es conectado al borne de tierra del PLC, adicionalmente esta alimentación fue distribuida hacia cada uno de los bornes VAC de las salidas del Micrologix 1100, de tal manera que cuando estas se encuentren activadas suministrarán 110VAC en cada uno de sus terminales y puedan realizar su función específica.

Para el caso de las entradas del PLC, estas no fueron energizadas ya que no se requirió el uso de ninguna de ellas porque en caso que se desee realizar un apagado manual de toda la plataforma se lo puede hacer a través del botón de emergencia que posee el disyuntor.

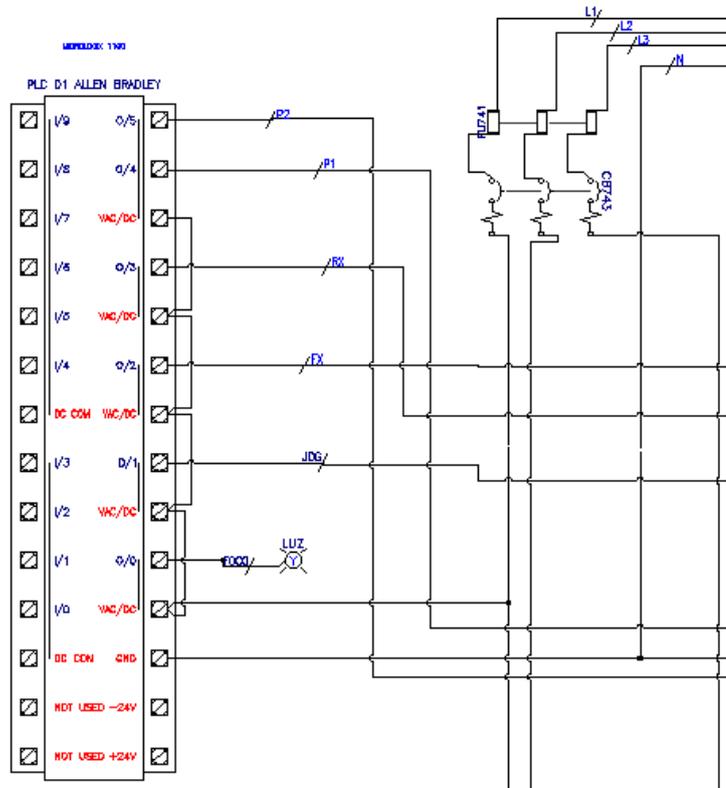
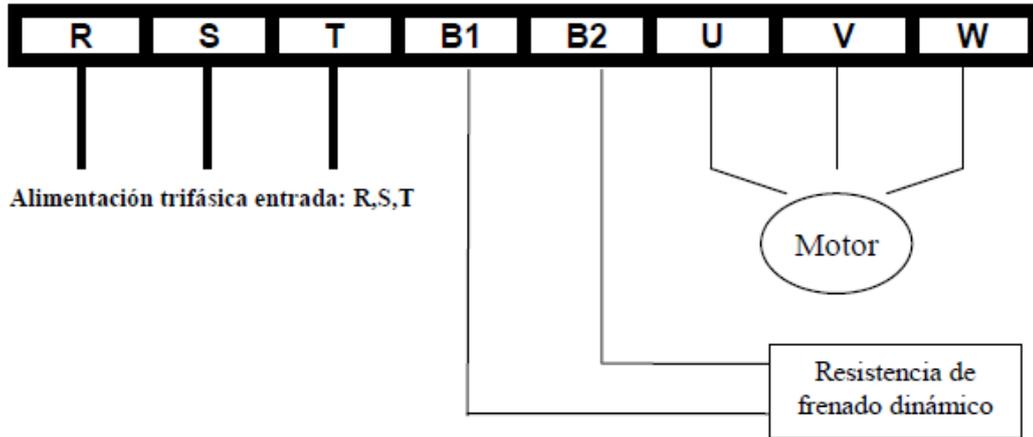


Figura 3.16 Alimentación del PLC Micrologix 1100

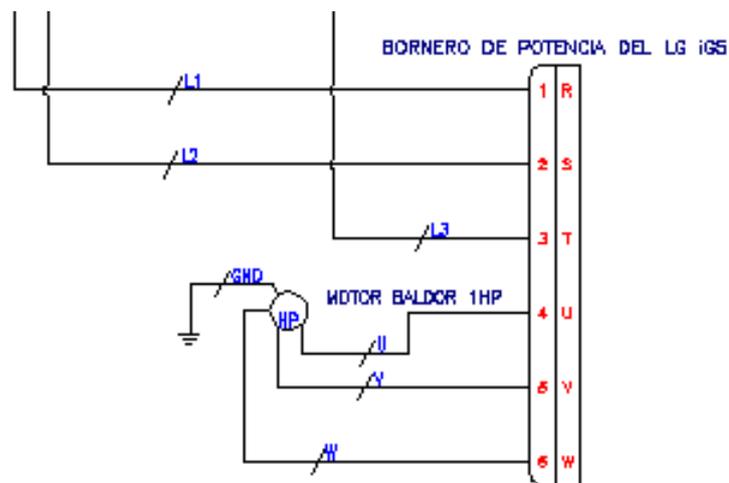
Para señalar las conexiones de potencia del variador de frecuencia LG iG5 utilizadas, es necesario mostrar la distribución de los pines en su bornero de potencia como se muestra a continuación (Fig. 3.17).



**Figura 3.17 Bornero de Potencia del LG iG5**

En la plataforma remota no fue necesario realizar la conexión de la Resistencia de frenado dinámico ya que es opcional, como se mencionó anteriormente y además el frenado del motor es controlado a través del programa del PLC Micrologix 1100.

En la siguiente figura 3.18 se muestra la alimentación del bornero de potencia del LG iG5 con cada una de las fases que provienen desde el disyuntor, además se puede observar la conexión del motor con los bornes U, V y W del bornero de potencia.



**Figura 3.18 Conexión del Bornero de Potencia del LG iG5**

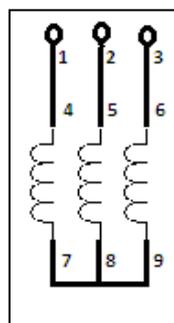
El motor Baldor MM3545 requiere una conexión específica de acuerdo al tipo de arranque que se desee realizar y para que el funcionamiento de un motor trifásico de inducción sea adecuado, la conexión debe estar basada en la placa del motor que se muestra a continuación (Tabla 3.2).



Arranque Delta			Arranque en Y		
6	5	4	6	5	4
9	8	7	9	8	7
3	2	1	3	2	1

**Tabla 3.2** Tabla de Conexión del Arranque del Motor Baldor MM3545

El arranque del motor de la plataforma remota 2010 fue de tipo **Y** debido a que la corriente pico de arranque es menor a la que se genera con el arranque de tipo **Delta**, de manera que se protege el motor y al mismo tiempo se prolonga su vida útil. La conexión del motor Baldor 3545 de acuerdo a la numeración de sus terminales fue realizada como se muestra a continuación (Fig. 3.19).



**Figura 3.19** Conexión de los terminales del Motor para el Arranque en Y.

El elemento fundamental para realizar las conexiones y asegurar el buen funcionamiento de la plataforma, es el tipo de cable que fue utilizado para cada conexión ya que cada tipo soporta cierta corriente y es por esto que el cable debe ser dimensionado de acuerdo a la aplicación que se pretende realizar. Para cada una de las conexiones que ha sido explicada anteriormente, el cable que fue utilizado se encuentra detallado en la tabla 3.3.

CONEXIONES	CABLE
Fusibles - Disyuntor	12 AWG
Alimentación del PLC	16 AWG
Foco - PLC	12 AWG
PLC – Variador de Frecuencia (Bornero de Control del LG iG5)	16 AWG
Alimentación del Variador de Frecuencia	12 AWG
Variador de Frecuencia – Motor (Bornero de Potencia del LG iG5)	12 AWG

Tabla 3.3 Tipo de Cable utilizado en la Plataforma Remota 2010

El calibre del cable para las señales de control fue 16 AWG ya que soporta un amperaje máximo de 3.7 A y como se explicó en el Capítulo II, la corriente nominal del motor no supera los 3.1 A con lo que se comprueba que el dimensionamiento del cable es correcto, así también como el calibre del cable de conexiones de potencia ya fue 12 AWG, el cual soporta hasta 9.3 A.

### 3.5 Construcción de la Plataforma Remota

Para iniciar la construcción de la plataforma remota 2010 fue necesario utilizar un rack que sostiene a cada uno de los elementos de ella, como se muestra a continuación (Fig. 3.20).



Figura 3.20 Estructura Metálica de la Plataforma Remota 2010

En el rack se colocaron tres rieles de tal manera que exista una distribución adecuada de los componentes de la plataforma.

Para colocar los componentes de la plataforma fue necesario utilizar rieles DIN, ya que éstas son de tipo estándar para los equipos electrónicos pero en el caso del variador de frecuencia no se pudo utilizar ya que este posee un disipador de calor en su parte posterior lo que lo hace incompatible con este tipo de riel, es por esto que fue colocado directamente en la pared como se muestra a continuación (Fig. 3.21)



**Figura 3.21 Instalación del Variador de Frecuencia LG iG5**

A continuación se colocó el motor Baldor de 1 HP y para su instalación como elemento de la plataforma remota se lo apoyo en dos ángulos de acero y para evitar la vibración y el choque entre estos dos, se colocaron cauchos pequeños de tal manera que el motor se encuentre protegido ante cualquier perturbación externa, como se muestra a continuación (Fig. 3.22). Cada uno de los empalmes realizados en los terminales del motor para el arranque en Y, fueron protegidos a través de terminales de tipo tornillo, evitando que los cables se encuentren expuestos y pueda ocurrir un corto circuito.



**Figura 3.22 Instalación del Motor 3545**

Para evitar daños humanos causados por descargas eléctricas, fue necesario colocar tierra hacia el tomacorriente más cercano de tal forma que la carcasa del motor no se encuentre cargada de electricidad aun cuando se haya realizado trabajo continuamente con este. A continuación se muestra la instalación a tierra del motor Baldor 3545 (Fig. 3.23).



**Figura 3.23 Instalación de Tierra del Motor Baldor 3545**

Se instaló una cámara Web que permitirá visualizar la plataforma a través de internet, ésta cámara fue instalada en una base y contra la luz de la ventana, además se encuentra junto al foco que deberá ser encendido en las noches en caso de que las prácticas sean de este tipo; con esto ayudará a tener un mejor enfoque de la plataforma. A continuación se muestra la instalación (Fig. 3.24).



**Figura 3.24 Instalación de la Cámara Web y Luz**

Posteriormente se procedió a colocar los componentes sobre las rieles, en tres etapas de tal manera que la plataforma esté dividida de acuerdo a la funcionalidad que realice cada uno

de los niveles; a continuación se muestra una tabla con cada una de las etapas de la plataforma (Tabla 3.4).

ETAPA	ELEMENTO	FUNCIÓN
1	Fusibles y Disyuntor	Protección de la Plataforma Remota
2	PLC Micrologix 1100	Controlador de la Plataforma Remota
3	Switch	Red de la Plataforma Remota

**Tabla 3.4 Etapas de la Estructura de la Plataforma Remota 2010**

A continuación se muestra (Fig. 3.25) la plataforma remota 2010 con cada una de sus etapas y los elementos que la compone, y para que la conexión entre ellos sea ordenada, se colocaron espirales de plástico de tal forma que el cableado pueda ser apreciado claramente por cualquier persona que desee modificar la plataforma en el futuro.



**Figura 3.25 Instalación de los Componentes de la Plataforma y su Cableado**

Para el control de la plataforma vía web fue necesario utilizar una PC que sirve de central ya que por medio de ésta se accede a internet y se realiza el acceso remoto, además en ésta se encuentra desarrollado el HMI de la plataforma y también se encuentra instalado el programa que permite visualizar el comportamiento del variador de frecuencia, además del software de la cámara para visualizar la plataforma físicamente. A continuación se muestra la PC utilizada en la plataforma (Fig. 3.26).



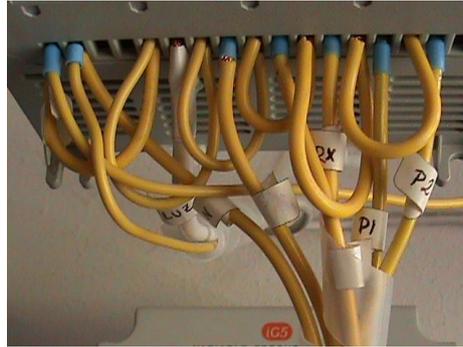
**Figura 3.26 PLATAFORMA-PC**

Para el suministro de la alimentación de la plataforma fue necesario acoplar con la alimentación general instalada en el laboratorio de Control Industrial y para llevar el cableado hacia la plataforma fueron utilizadas varias canaletas como se muestra a continuación (Fig. 3.27).



**Figura 3.27 Instalación de la Alimentación de la Plataforma Remota**

Para finalizar con la instalación de la plataforma remota 2010 fue necesario etiquetar cada una de las salidas del PLC Micrologix 1100, como se muestra a continuación (Fig. 3.28); de tal manera que se la pueda modificar fácilmente.



**Figura 3.28 Etiquetación de cables de la Plataforma Remota**

### **3.6 Protocolo de Comunicación de los Componentes de la Plataforma Remota**

Los componentes de la plataforma remota 2010 que permiten controlar el funcionamiento del motor tienen distintos protocolos de comunicación, y cada uno de estos está conectado a la PC central de tal manera que permita monitorear el estado en el que se encuentran; en el caso del PLC la comunicación es vital para el funcionamiento ya que es a través de esta que se realiza la programación del mismo; y para el caso del variador de frecuencia la comunicación con la PC permite monitorear el voltaje, corriente, frecuencia y revoluciones en las que se encuentra el motor para cada instante. A continuación se presentan los protocolos con los cuales trabajan los elementos que controlan y componen la plataforma remota 2010:

#### **3.6.1 Protocolo del PLC Micrologix 1100**

El protocolo de comunicación que utiliza el Controlador Lógico Programable Micrologix 1100 es Ethernet/IP y permite realizar la conexión entre el PLC y la PC u otros dispositivos del mismo tipo, y por esto es necesario conocer su funcionamiento básico dentro de la industria como se explica a continuación:

En el PLC Micrologix 1100 el protocolo Ethernet/IP tiene ciertas características específicas para su funcionamiento como se muestra a continuación (Tabla 3.5).

<b>Canal</b>	<b>Puerto</b>
Canal 0	RS485
Canal 1	RJ45

**Tabla 3.5 Canales de Comunicación del PLC Micrologix 1100**

Cada uno de los canales mostrados anteriormente proporciona una comunicación distinta para el PLC y sus parámetros de funcionamiento son los siguientes:

### ***Canal 0***

El puerto combinado del canal 0 de comunicación proporciona compatibilidad eléctrica con RS-232 y RS-485 aislada (en pines separados). A continuación se muestran las principales formas de comunicación con este canal:

- DF1 Full Duplex/DF1 Half Duplex maestro y esclavo/módem de radio DF1
- DH-485 (compatible directamente usando el cable 1763-NC01 RS-485 en este puerto; o usando el puerto RS-232 y cables existentes, un 1761-NET-AIC y una fuente de alimentación externa se requieren para conexión en red)
- Modbus RTU maestro y RTU esclavo (compatible directamente usando el cable 1763-NC01 RS-485 en este puerto, o usando el puerto RS-232 y los cables existentes, un 1761-NET-AIC y alimentación externa se requieren para la conexión en red)
- ASCII

### ***Canal 1***

Canal de comunicación 1 con puerto RJ45 incorporado compatible con transmisión de mensajes entre dispositivos similares mediante EtherNet/IP:

- Puerto de 10/100 Mbps compatible con la capacidad BOOTP, DHCP directamente desde el controlador
- Asigne automáticamente una dirección IP a través de DHCP o BOOTP, o haga la configuración usando el software de programación RSLogix 500
- Monitoree su dirección IP a través de la pantalla LCD (o use la placa del fabricante con área para escritura)
- Compatible con CIP (protocolo de comunicaciones)

- Permite a los controladores intercambiar datos con otros controladores mediante transmisión de mensajes (no acepta escaneo de E/S en adaptadores Ethernet)

### 3.6.2 Protocolo del Variador de Frecuencia LG iG5

El protocolo de comunicación del Variador de Frecuencia LG iG5 es MODBUS-RTU, y su funcionamiento posee características

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Fue convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de la industria y posee mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las principales características de este protocolo son:

- Modbus permite el control de una red de dispositivos y comunicar los resultados a un computador.
- Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA).
- Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos.
- El formato RTU finaliza la trama con suma de control de redundancia cíclica (CRC).
- El protocolo Modbus RTU involucra mayor capacidad de respuesta de los equipos involucrados en la comunicación y un procesamiento de datos similar a su par Ascii dado que existen rutinas muy optimizadas para el cálculo del CRC (que sería su cuello de botella en procesamiento) y la recuperación de datos es más natural al estar en formato binario.

Su estructura de datos para el protocolo MODBUS-RTU se muestra a continuación (Fig. 3.29)



Figura 3.29 Trama de Datos del Protocolo MODBUS-RTU

Para la comunicación entre el variador de frecuencia LG iG5 y la PC se debe utilizar un conversor RS485-RS232 ya que el variador utiliza el puerto RS485, y las características del funcionamiento del protocolo son:

- Facilidad de manipulación de los equipos gracias al software proporcionado por la LG.
- Modificación y visualización de los parámetros de la unidad desde un computador.
- Permite la comunicación entre el variador de frecuencia y otros computadores.
- Permite la conexión de hasta 32 unidades con un sistema de enlace multidrop.
- Garantiza un interfaz a prueba de ruidos.
- El usuario puede utilizar cualquier tipo de convertidor RS232-485.

Las especificaciones del funcionamiento del protocolo MODBUS-RTU para el variador de frecuencia LG iG5 se mencionan a continuación (Tabla 3.6)

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Método de Comunicación	RS485
Forma de Transmisión	Sistema Multi-drop
Variador Aplicable	Variador de la serie iG5
Número de Unidades	Máximo 32 unidades conectadas
Distancia de Transmisión	Hasta 1200m

**Tabla 3.6 Especificaciones de MODBUS-RTU en el LG iG5**

Adicionalmente es necesario realizar la configuración de los parámetros de comunicación, tanto en el software del variador de Frecuencia, como en la PC central ya que de acuerdo a estos parámetros el variador será reconocido correctamente y de esta forma monitoreado. A continuación se muestran los parámetros de configuración de la comunicación del variador de frecuencia LG iG5 (Tabla 3.7)

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Velocidad de Comunicación	19200/9600/4800/2400/1200 bps seleccionables
Control de Procedimiento	Sistema de Comunicación Asíncrona

Sistema de Comunicación	Sistema Half-Duplex
Sistema de Caracteres	ASCII (8 bits)
Longitud de Paradas de bits	1 bit
Check Sum	2 byte
Comprobación de Paridad	Ninguna

**Tabla 3.7 Patrones de Comunicación del LG iG5**

Para realizar la conexión de la comunicación entre el variador de frecuencia LG iG5 y la PC fue necesario utilizar un conversor RS485-RS232, y se realiza de la siguiente manera:

- Primero conecte la línea de comunicación 485 GND de MODBUS-RTU a los bornes (CM) del variador en el bornero de control.
- Conecte a continuación la línea de comunicación MODBUS-RTU a los bornes (S+),(S-) del variador en el bornero de control.

Las especificaciones del bornero de control para la comunicación se detallan a continuación (Tabla 3.8).

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Conexión	Borneros S+, S-, CM del Bornero de Control
Fuente de Alimentación	Aislada de la Fuente del Variador de Frecuencia

**Tabla 3.8 Terminales para conexión de la Comunicación del LG iG5**

Para realizar la comunicación entre el variador de frecuencia LG iG5 y la PC fue necesario utilizar un conversor RS485 a RS232 cuyas características de funcionamiento se muestran a continuación (Tabla 3.9):



**Figura 3.30 Conversor Hexin RS485a RS232**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Puerto Serial	Compatible con RS-232C y RS-485 estándar
Interface Eléctrica	Terminal DB9 hembra para RS-232 y DB9 macho para RS-485
Método de Trabajo	Asíncrono Half Duplex
Medio de Transmisión	Cable UTP
Velocidad de Transmisión	300 – 115-21BDS
Distancia de Transmisión	5 metros (RS-232) y 1200 (RS-485)

**Tabla 3.9 Parámetros de la Comunicación del Conversor RS485 a RS232**

## CAPITULO 4

### IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA

#### 4.1 Programación del PLC

Para realizar la programación del PLC Micrologix 1100 se utilizó el software RSLogix 500 de Allen Bradley pero antes de realizar el programa es necesario configurar el tipo de Controlador que será utilizado como se muestra a continuación (Fig. 4.1):

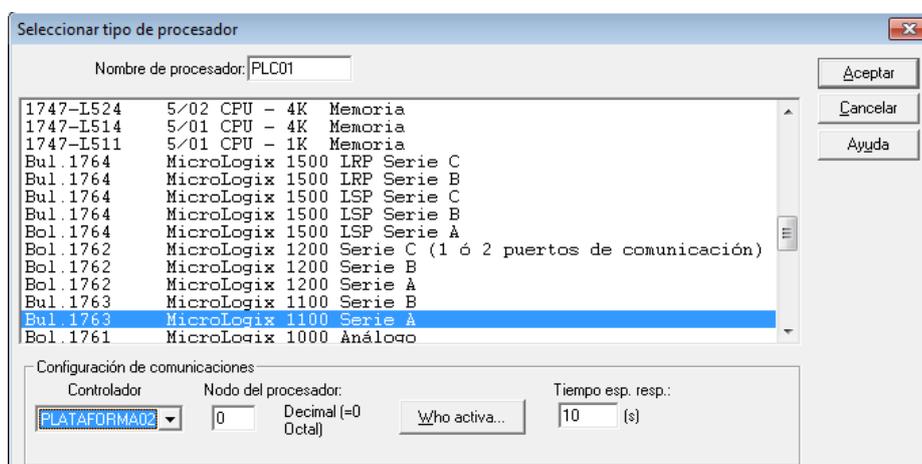


Figura 4.1 Configuración del RSlogix 500

En este proyecto de fin de Carrera se utilizó el Controlador Micrologix 1100 Serie A al cual se lo llamó PLC01 y se encuentra dentro de la red llamada PLATAFORMA02; la creación de ésta será explicada posteriormente.

Para empezar la programación del PLC de la plataforma fue necesario realizar la asignación de TAG's para cada una de las variables que se iban utilizando y se crearon de la siguiente manera (Fig 4.2).



**Figura 4.2 Creación de Tag's en RSlogix 500**

Como se muestra en esta figura la creación de los Tag's en el programa fue muy sencilla ya que solo se debe definir el tipo de dato que se necesita, en este caso todas las tag's fueron de tipo bit ya que se requiere que muestre el estado On/Off; adicionalmente se debe señalar el bit y asignar el nombre más adecuado que facilite el entendimiento del programa.

El programa del PLC utilizado para el control de la plataforma se llama PLATAFORMAFINAL4 y los tag's que fueron asignados para las variables de este, fueron las siguientes (Tabla 4.1)

NOMBRE DE LA TAG	NÚMERO DE BIT	DESCRIPCIÓN
START	B3: 0/0	Arranca la Plataforma
STOP	B3: 0/1	Para la Plataforma
INICIO	B3: 0/2	Activada la Plataforma
DRIVE	B3: 0/3	Activa el Variador
ACT_DRIVE	B3: 0/4	Activado el Variador
FREC_MANUAL	B3: 0/5	Arranque por Frecuencias
GIRO	B3: 0/6	Arranque por Giro
ACT_FREC	B3: 0/7	Activado arranque por

		Frecuencias
FREC_UNO	B3: 0/8	Activa la Frecuencia de 10Hz
FREC_DOS	B3: 0/9	Activa la Frecuencia de 20Hz
FREC_TRES	B3: 0/10	Activa la Frecuencia de 30Hz
ACT_GIRO	B3: 0/11	Activado arranque por cambio de giro
GIRO_DER	B3: 0/12	Giro del motor a la Derecha
GIRO_IZQ	B3: 0/13	Giro del motor a la Izquierda
ACT_FREC1	B3: 0/14	Activada la Frecuencia de 10Hz
ACT_FREC2	B3: 0/15	Activada la Frecuencia de 20Hz
ACT_FREC3	B3: 1/0	Activada la Frecuencia de 30Hz
ACT_FX	B3: 1/1	Activado el arranque del motor hacia la Derecha
ACT_GIROD	B3: 1/2	Activado el arranque con giro a la Derecha
ACT_GIROI	B3: 1/3	Activado el arranque con giro a la Izquierda
PARO_EMER_RUN	B3: 1/4	Para de forma Emergente cualquier giro del motor
PARO_EMER_F	B3: 1/5	Para de forma Emergente el arranque por Frecuencia Manual
PARO_EMER_G	B3: 1/6	Para de forma Emergente el arranque por Cambio de Giro

FOCO	B3: 1/7	Enciende el Foco
FOCO_OFF	B3: 1/8	Apaga el Foco
PRUEBAF_ON	B3: 1/9	Activa la Frecuencia Estándar
PRUEBAF_OFF	B3: 1/10	Para la Frecuencia Estándar
PARAR_FREQ	B3: 1/11	Para el arranque por Frecuencia Manual
PARAR_JOG	B3: 1/12	Para el arranque por Frecuencia Estándar
PARAR_GIROI	B3: 1/13	Para el arranque del Giro a la Izquierda
PARAR_GIROD	B3: 1/14	Para el arranque del Giro a la Derecha

**Tabla 4.1 Tag's utilizadas en el programa del PLC**

En esta tabla se muestran las funciones de cada una de las Tag's que fueron utilizadas en el programa y como se puede observar cada una de ellas permite activar o parar los diferentes arranques que posee el motor de la plataforma pero para esto se necesita activar las bobinas de las salidas del PLC las cuales están distribuidas de la siguiente manera (Tabla 4.2).

<b>NOMBRE DE LA SALIDA</b>	<b>NÚMERO DE BIT DE LA SALIDA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
LUZ	O: 0/0	Enciende o Apaga el Foco
JOG	O: 0/1	Arranca o Para la Frecuencia Estándar
FX	O: 0/2	Arranca o Para el motor con Giro a la Derecha
RX	O: 0/3	Arranca o Para el motor con Giro a la Izquierda
P1	O: 0/4	Arranca o Para las Frecuencias Manuales
P2	O: 0/5	Arranca o Para las Frecuencias

		Manuales
--	--	----------

**Tabla 4.2 Salidas utilizadas en el programa del PLC**

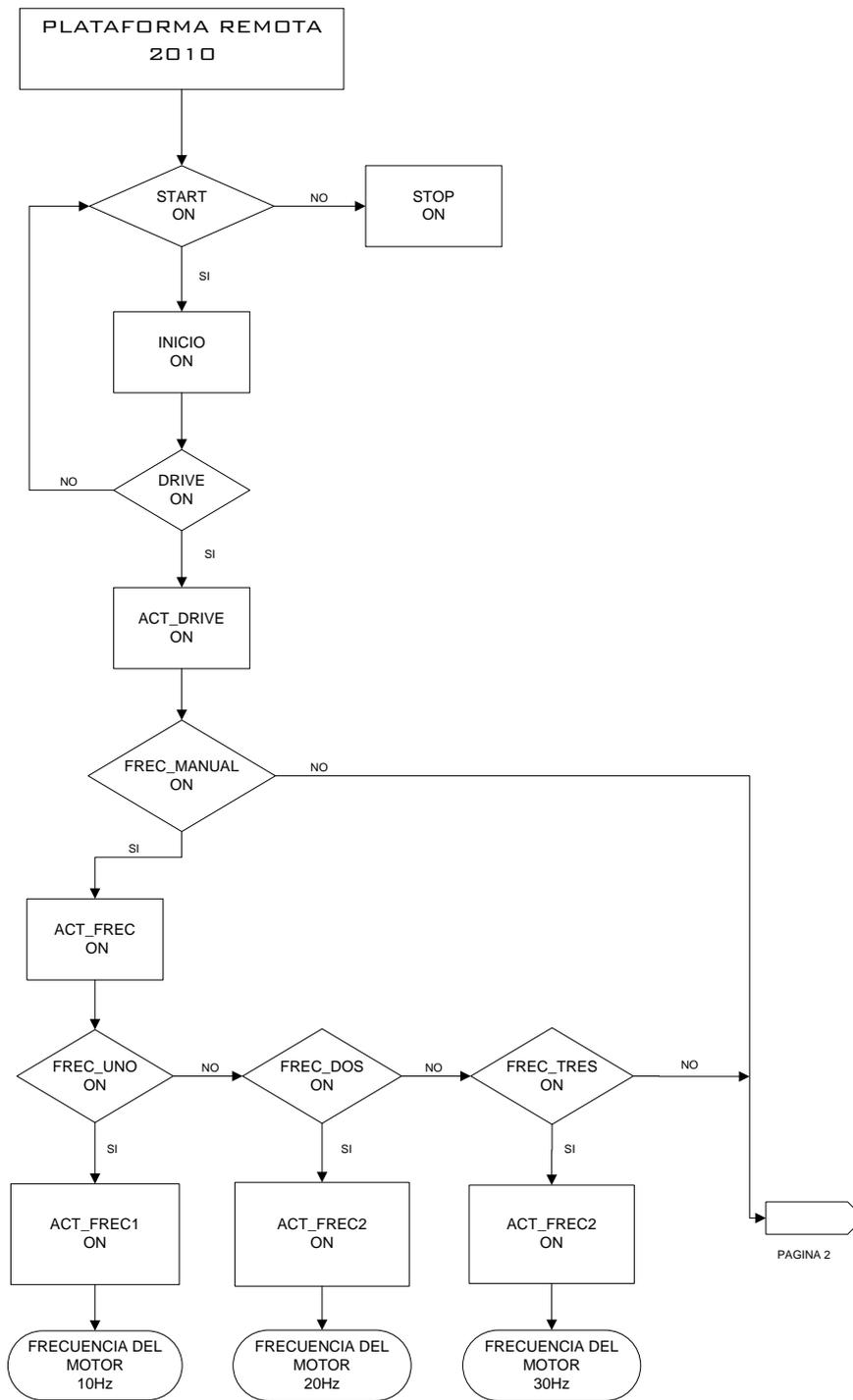
En esta tabla se muestran las salidas ocupadas en la plataforma remota, para las cuales se realizó la asignación de forma muy similar a la de las tag's con la diferencia de que las salidas representan las bobinas de los relés del PLC y su asignación se hace con la letra O a diferencia de las tag's de tipo bit cuya asignación se realiza con la letra B.

Adicionalmente es necesario mencionar que las Frecuencias Manuales están referidas al arranque por variación de frecuencias las cuales pueden ser de 10Hz, 20Hz y 30Hz dependiendo de la combinación de las salidas P1 y P2.

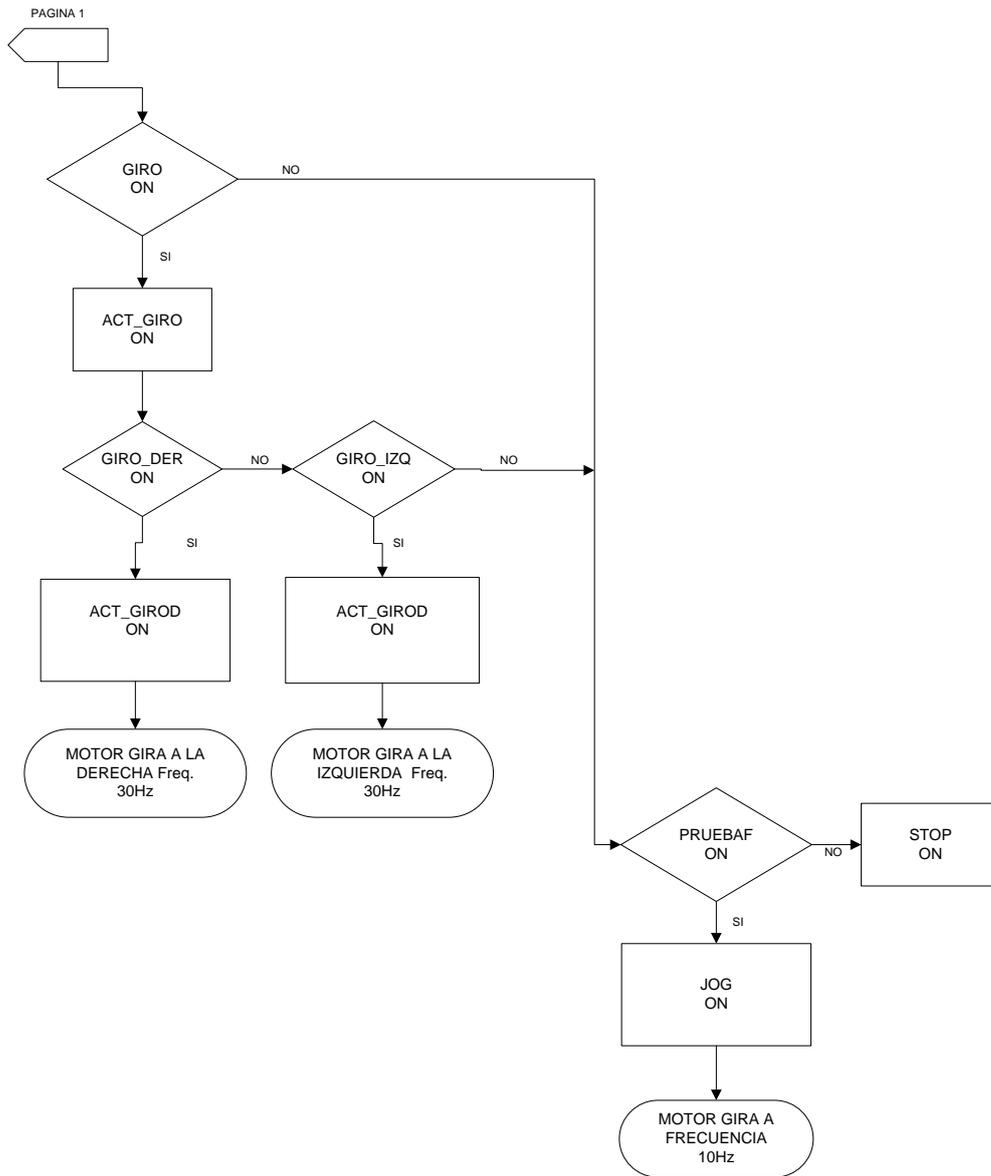
Para la protección de la plataforma, el programa del PLC posee un temporizador que apaga cualquier actividad que se esté realizando en la plataforma por un tiempo mayor a diez minutos; éste temporizador se activa en el momento que se inicia la práctica. Esta medida fue tomada en caso de que el estudiante que esté realizando la práctica haya olvidado parar el motor, a pesar de que en el HMI, que se explicará posteriormente, se elaboraron condiciones para que esto no ocurra.

El lenguaje de programación utilizado es Ladder el cual está basado en contactos y además su estructura es en forma de escalera, es muy sencillo y de fácil entendimiento para cualquier ingeniero que desee modificarlo; además este lenguaje es empleado por todos los controladores de Allen Bradley aunque su software es distinto dependiendo del modelo de PLC.

A continuación se muestra (Fig. 4.3 y Fig. 4.4) a través de un diagrama de flujo la lógica del programa del PLC empleado para controlar la plataforma remota, la misma que no es compleja pero posee mucha seguridad para que no exista la posibilidad de que ocurran errores mientras se realiza la práctica, y además todos los nombres de las salidas y las tag's utilizadas son muy claras de tal manera que muy fácil realizar modificaciones. El programa con lógica Ladder se muestra en el ANEXO N° 7.



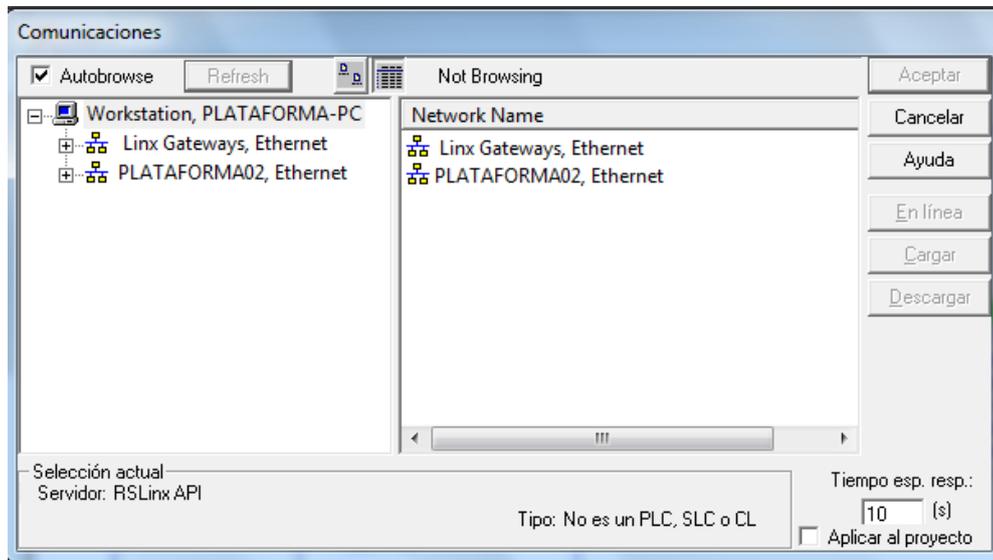
**Figura 4.3 Diagrama de Flujo del programa del PLC (Parte-1)**



PAGINA 2

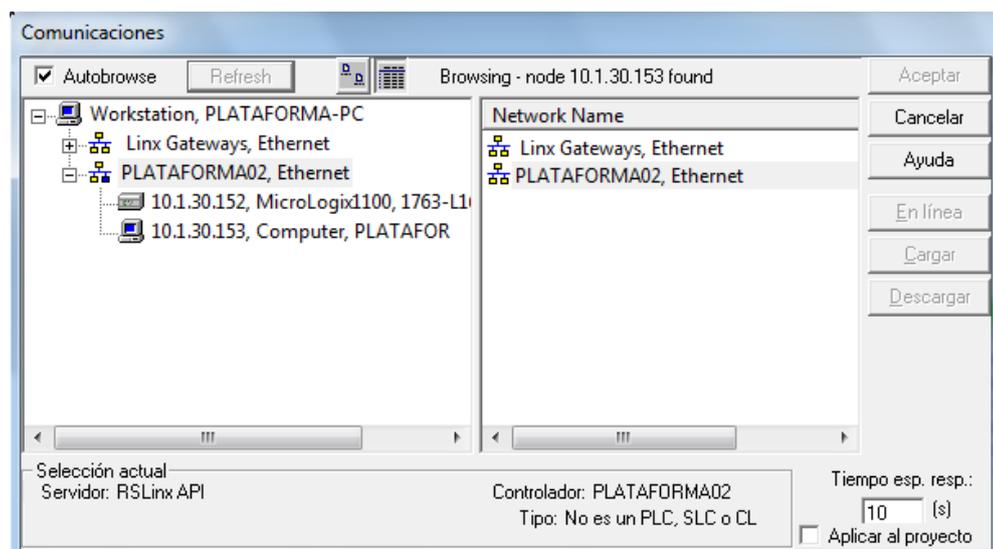
**Figura 4.4 Diagrama de Flujo del programa del PLC (Parte-2)**

Una vez realizado el programa del PLC, es necesario descargarlo en el controlador y su procedimiento se realiza como se muestra a continuación (Fig. 4.5)



**Figura 4.5 Comunicaciones del Sistema**

Para realizar la descarga es necesario ubicarse en las comunicaciones y seleccionar la red a la que va a pertenecer el PLC, para este caso la red fue llamada PLATAFORMA02, y dentro de esta debe estar identificado el controlador con la IP que fue asignado como se muestra en la figura 4.6:



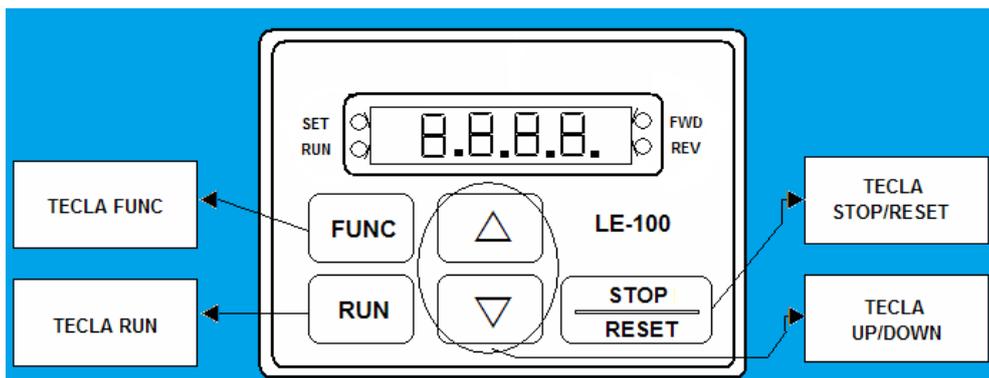
**Figura 4.6 Configuración de las Comunicaciones**

Para ejecutar la descarga simplemente se selecciona el controlador que va a ser utilizado, para este caso como se muestra en la figura 4.6, es el que posee la IP 10.1.30.152 y simplemente se presiona descargar, con lo que finalmente el programa estaría cargado en el PLC; sin embargo si se desean realizar las pruebas pertinentes del funcionamiento es necesario poner el controlador en línea de tal manera que se pueda ir probando manualmente.

## 4.2 Programación del Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia LG iG5 incluye numerosos parámetros que el usuario podrá programar desde la consola de programación introduciendo el valor adecuado de acuerdo con la carga y condiciones de funcionamiento.

Antes de realizar la programación es necesario identificar la función de cada uno de los botones de la consola como se muestra a continuación (Fig. 4.7).



**Figura 4.7 Consola del Variador LG iG5**

Como se observa en la figura la consola por medio de la cual se programa el variador de frecuencia posee 6 botones cuyas funciones se especifican a continuación por medio de la tabla 4.3

TECLA	NOMBRE DE LA TECLA	DESCRIPCIÓN
Func	Tecla de Programación	Presione esta tecla para elegir la función deseada
▲(Arriba)	Tecla Arriba	Presione esta tecla para desplazarse entre las funciones o aumentar los

		valores de los parámetros
▼(Abajo)	Tecla Abajo	Presione esta tecla para desplazarse entre las funciones o reducir los valores de los parámetros
Run	Tecla Arranque	Presione esta tecla para activar el Variador
Stop/Reset	Tecla de Parada	Presione esta tecla para detener el Variador o para resetear en caso de que haya ocurrido un fallo.

**Tabla 4.3 Función de los botones del Variador LG iG5**

Una vez conocido el funcionamiento de cada una de los botones de la consola, es necesario conocer los tipos de funciones que posee el variador de frecuencia, las cuales están divididas en 4 grupos para cada uno de los campos de aplicación, como se muestra a continuación (Tabla 4.4)

<b>NOMBRE DEL GRUPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Menú Principal [DRV]	Parámetros básicos de consigna de frecuencia, tiempo de aceleración / desaceleración, etc.
Menú de Funciones 1 [FU1]	Parámetros básicos de frecuencia máxima, par, etc.
Menú de Funciones 2 [FU2]	Parámetros de aplicación de saltos de frecuencia, límite de frecuencia, etc.
Menú de Entradas/Salidas [IO]	Programación de los bornes configurables y parámetros necesarios para la secuencia de operación.

**Tabla 4.4 Grupos de Funciones del Variador LG iG5**

Posteriormente a la identificación de los grupos de funciones se estableció el modo de funcionamiento del variador ya que pueden ser de tres tipos:

1. A través de la Consola y el Bornero de Control

2. Mediante el Bornero de Control
3. Mediante la Consola de Programación

El modo de funcionamiento para la plataforma remota fue a través de la consola y del Bornero de control ya que a través de la consola se setearán las frecuencias a las que debe arrancar el motor y mediante el bornero de control se darán las señales que indiquen el momento en el que debe arrancar el motor. Para establecer que el funcionamiento del variador sea a través de la consola y del bornero de control se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se debe setear el parámetro DRV-03 en FX/RX-1 como muestra la tabla 4.5.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	VISUALIZA DISPLAY	RANGO	VALOR SETEADO
DRV-03	Control de Marcha  RUN/STOP	Drv	0 (Consola)	1  (FX/RX-1)
			1(FX/RX-1)	
			2(FX/RX-2)	
			3(RS485)	

**Tabla 4.5 Funcionamiento del Variador con el Bornero de Control**

El método de configuración de los parámetros que conforman el grupo del menú principal [Drv] programados por medio de la consola del variador de frecuencia se realiza de la siguiente manera (Fig. 4.8).



**Figura 4.8 Seteo del parámetro DRV-03 por Consola**

2. Se debe setear el parámetro DRV-04 en la consola como se muestra en la tabla 4.6.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	VISUALIZA DISPLAY	RANGO	VALOR SETEADO
DRV-04	Modo de Frecuencia	Frq	0 (Teclado-1)	0  (Teclado-1)
			1(Teclado-2)	
			2(V1)	
			3(1)	
			4(V1+I)	
			5(RS485)	

**Tabla 4.6 Funcionamiento del Variador por Consola**

El método de configuración de los parámetros que conforman el grupo del menú principal [Drv] programados por medio de la consola del variador de frecuencia se realiza de la siguiente manera (Fig. 4.9).



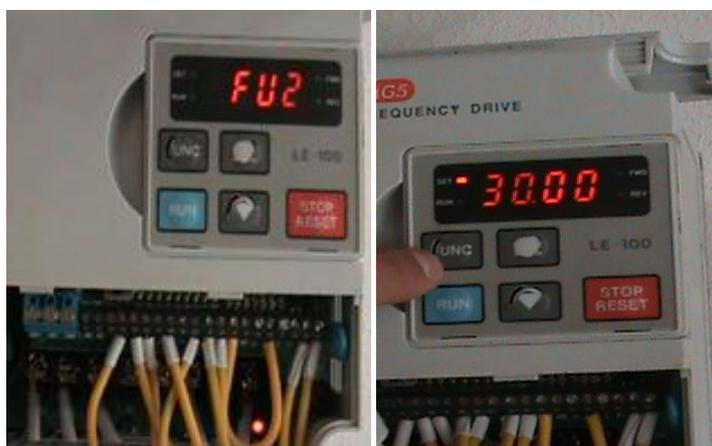
**Figura 4.9 Seteo del parámetro DRV-04 por Consola**

A continuación se realizó la configuración de la frecuencia máxima a la que podría alcanzar el motor, la cual se decidió que fuera de 50Hz de tal forma que brinde seguridad al usuario, en caso de que la práctica se realice de forma presencial y además proporcione seguridad a la plataforma remota 2010 como se muestra en la tabla 4.7.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	VISUALIZA DISPLAY	RANGO	VALOR SETEADO
FU1-20	Frecuencia Máxima	FU20	40.00 a 400.00 Hz	30.00 Hz

**Tabla 4.7 Configuración de la Frecuencia Máxima del Variador**

El método de configuración de los parámetros que conforman el grupo del menú de Funciones 1 [FU1] programados por medio de la consola del variador de frecuencia se realiza de la siguiente manera (Fig. 4.10).



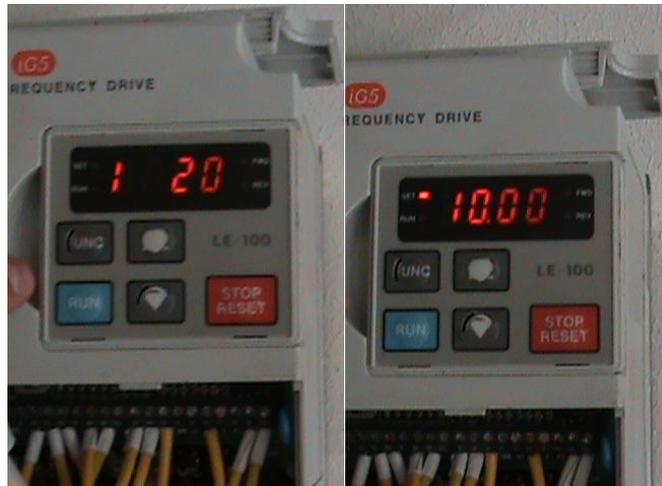
**Figura 4.10 Seteo del parámetro FU1-20 por Consola**

Una vez que han sido configurados los parámetros básicos para el funcionamiento del variador de frecuencia LG iG5 se procedió a realizar la configuración de la frecuencia estándar que se deseaba que fueran 10Hz y para lo cual se realizó el siguiente procedimiento (Fig. 4.8)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	VISUALIZA DISPLAY	RANGO	VALOR SETEADO
I/O-20	Programación de la Frecuencia JOG	I20	0.00Hz a FU1-20	10.00 Hz

**Tabla 4.8 Configuración de la Frecuencia JOG del Variador**

El método de configuración de los parámetros que conforman el grupo del menú de Entradas/Salidas [IO] programados por medio de la consola del variador de frecuencia se realiza de la siguiente manera (Fig. 4.11).



**Figura 4.11 Seteo del parámetro I/O-20 por Consola**

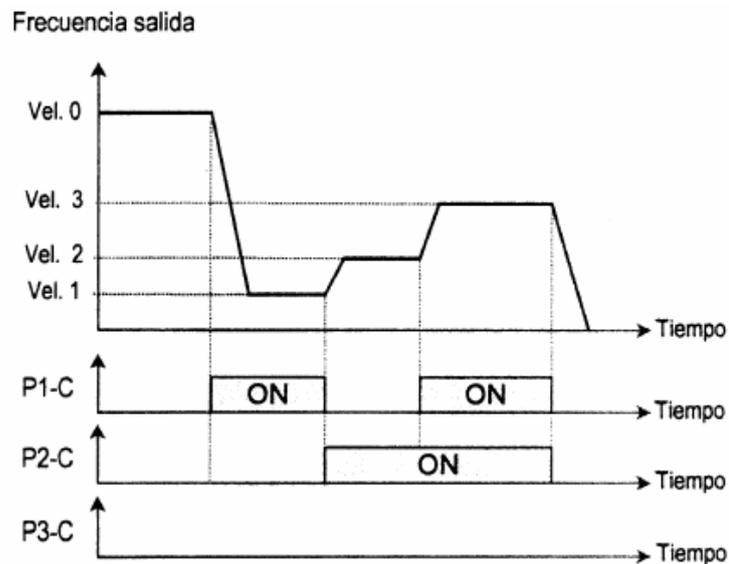
A continuación se realizó la configuración de las frecuencias a pasos las cuales son tres y son de 10Hz, 20Hz y 30Hz, sin embargo su funcionamiento está basado en la combinación binaria de los pines de entrada del bornero de control P1, P2 y P3 como se muestra en la tabla 4.9.

COMBINACIÓN BINARIA			VELOCIDAD
P1	P2	P3	
0	0	0	Velocidad 0 (0.00Hz)
1	0	0	Velocidad 1 (10.00Hz)
0	1	0	Velocidad 2 (20.00Hz)
1	1	0	Velocidad 3 (30.00Hz)

**Tabla 4.9 Funcionamiento de los pines P1, P2, P3 del Variador**

Como se puede observar en la tabla 4.9, el estado del pin P3 del bornero de Control es cero en todas las combinaciones, es por esto que para asegurar su estado como el de la tabla, este pin fue conectado a tierra del bornero de Control de tal manera el cambio de frecuencia dependa únicamente de la combinación que se realice con los pines P1 y P2.

Es necesario recalcar que la velocidad cero es de 0.00Hz y fue tomado como una condición inicial en el funcionamiento de la plataforma, por lo que no se muestra como una opción de arranque en la Interfaz Gráfica. Su modo de funcionamiento de acuerdo al tiempo sería como el que se muestra a continuación (Fig.4.12)



**Figura 4.12 Salida de las Frecuencias vs Tiempo**

Como se puede observar en esta figura el incremento de la frecuencia del motor se realiza de forma moderada de acuerdo a la combinación de P1 y P2 con lo que se protege el motor y seguridad del funcionamiento adecuado de la plataforma.

Una vez conocido el funcionamiento de las frecuencias a pasos se realizó su configuración empezando por definir cada una de las frecuencias como se muestra a continuación (Tabla 4.10).

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VISUALIZA DISPLAY</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR SETEADO</b>
DRV-05	Frecuencia de Paso1	St1	0.00Hz a FU1-20	10.00 Hz
DRV-06	Frecuencia de Paso2	St2	0.00Hz a FU1-20	20.00 Hz

DRV-07	Frecuencia de Paso3	St3	0.00Hz a FU1-20	30.00 Hz
--------	---------------------	-----	-----------------	----------

**Tabla 4.10 Configuración de los valores de las Frecuencias a Pasos**

Posteriormente a la configuración de los valores de las frecuencias se definieron los bornes de entrada configurable P1, P2 y P3 de tal forma que cada uno de los bornes tenga asignada una velocidad distinta asegurando que su funcionamiento sea correcto. Su configuración se realizo de acuerdo a la tabla 4.11.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VISUALIZA DISPLAY</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR SETEADO</b>
IO-12	Entrada Configurable  P1	I12	0 Velocidad (Low)	Velocidad  Low
			1 Velocidad (Medium)	
			2 Velocidad (High)	
IO-13	Entrada Configurable  P2	I13	0 Velocidad (Low)	Velocidad  Medium
			1 Velocidad (Medium)	
			2 Velocidad (High)	
IO-14	Entrada Configurable  P3	I14	0 Velocidad (Low)	Velocidad  High
			1 Velocidad (Medium)	
			2 Velocidad (High)	

**Tabla 4.11 Configuración de velocidades de las Frecuencias a Pasos**

Al realizar la programación de los bornes P1, P2 y P3 en ‘Speed-L’, ‘Speed-M’ y ‘Speed-H’ respectivamente, el variador puede funcionar en las frecuencias programadas en DRV-05 a DRV-07 y I/O-20 a I/O-24, las mismas que podrían ser hasta siete con sus combinaciones binarias pero debido a que las salidas del PLC únicamente son seis no se podría llegar a activar el borne P3, con lo que reduce a un máximo de tres frecuencias de paso, las cuales fueron utilizadas para el arranque llamado “Variación de Frecuencias”.

A continuación se realizó la configuración de los valores de las frecuencias a pasos que se van a utilizar pero dentro del grupo de menús de Entradas/Salidas [IO], de tal manera que al activar estos bornes el variador identifique de acuerdo a la combinación de P1 y P2 cuál es la frecuencia en la que debe arrancar el motor. La configuración de éste menú está basado en la tabla 4.12.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VISUALIZA DISPLAY</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR SETEADO</b>
I/O-22	Frecuencia a Pasos 1	I22	0.00Hz a FU1-20	10.00 Hz
I/O-23	Frecuencia a Pasos 2	I23	0.00Hz a FU1-20	20.00 Hz
I/O-24	Frecuencia a Pasos 3	I24	0.00Hz a FU1-20	30.00 Hz

**Tabla 4.12 Configuración de velocidades de las Frecuencias a Pasos en menú IO**

Como se puede observar de acuerdo a la tabla el parámetro I/O-22 no fue configurado debido a que, como se señaló anteriormente se consideró como condición inicial para el arranque cuya frecuencia es de 0.00Hz.

Todas estas configuraciones de los parámetros del variador para el funcionamiento con frecuencias a pasos fueron realizadas por medio de la consola para que el variador funcione se realizó a través de la consola del variador de forma muy sencilla como se muestra a continuación (Fig. 4.13 y Fig 4.14).

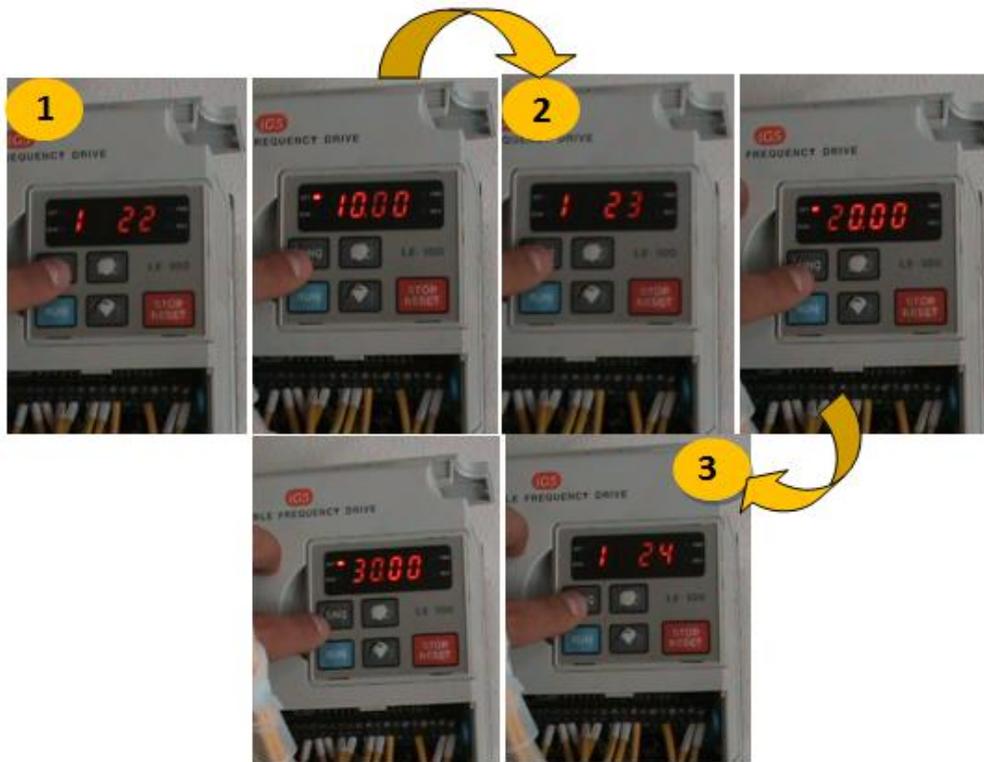


Figura 4.13 Configuración de los Parámetros IO-22, IO-23 y IO-24



Figura 4.14 Configuración de los Parámetros IO-12, IO-13 y IO-14

### 4.3 Elaboración del HMI

La elaboración de la Interfaz gráfica entre la plataforma y el usuario fue realizada a través del software Factory Talk View de Allen Bradley. Para realizar el enlace entre el programa RSlogix 500 y Factory Talk View fue necesario configurar el controlador y la red en este programa de tal manera que el funcionamiento de la interfaz sea de acuerdo al programa del controlador. Ésta configuración se realizó de la siguiente manera (Fig. 4.15):

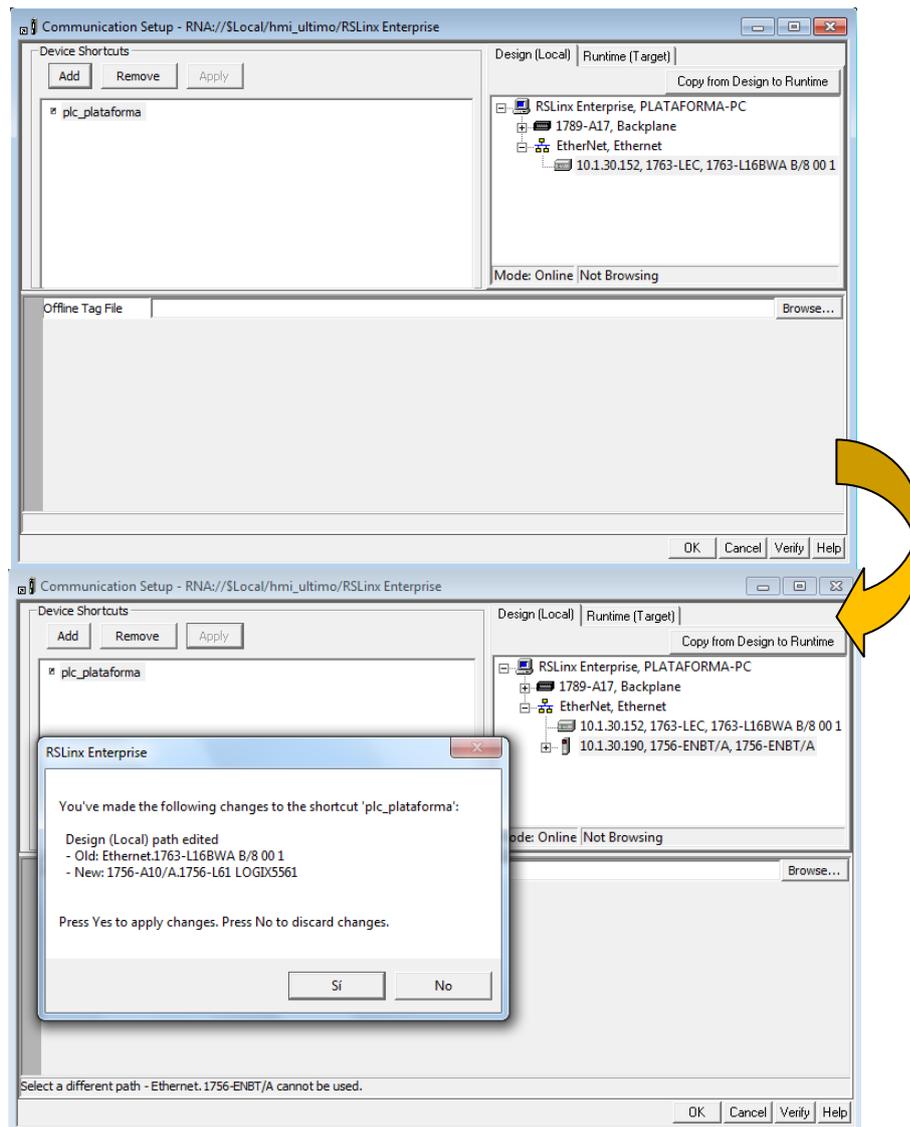
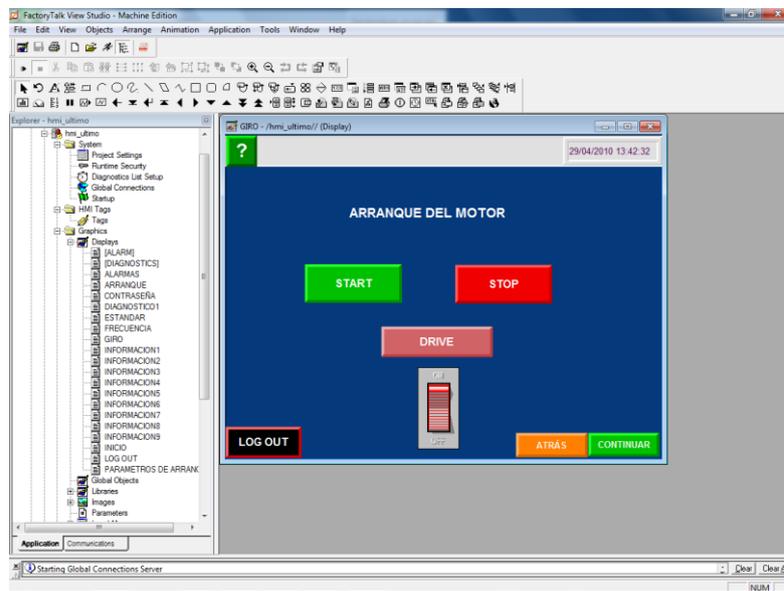


Figura 4.15 Configuración del Controlador en Factory Talk View

En esta figura se puede observar las direcciones IP de los elementos de la red, de tal manera que para realizar la configuración del controlador se añadió el PLC que se muestra en la pantalla, y adicionalmente se le asignó un nombre, el cual es **plc\_plataforma**;

finalmente se aplican los cambios y se procede a realizar el HMI como se muestra a continuación (Fig. 4.16)



**Figura 4.16 Creación de un Proyecto en Factory Talk View**

Posteriormente se crearon las ventanas de la interfaz gráfica de forma muy sencilla ya que para realizarlas solo se fueron agregando nuevos display's al proyecto de acuerdo a lo que se requería; posteriormente se añadieron botones de distinto tipo, el cual depende de la función que va a desempeñar. A continuación se muestran los tipos de botones usados en el HMI (Tabla 4.13)

BOTÓN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	Log in	Permite iniciar cesión de acuerdo al usuario y contraseña
	Momentáneo	Se activa al presionar pero no se mantiene presionado.
	Go to	Permite mostrar otra ventana
	Close	Permite cerrar la ventana
	Fecha y Hora	Muestra la fecha y la hora mientras se ejecuta el HMI
	Imagen	Permite insertar una imagen

	Input String	Permite insertar texto
	Panel	Permite crear un panel
	Texto	Permite insertar texto

Tabla 4.13 Botones y Display`s utilizados en el HMI

A continuación se explicará la configuración de cada uno de los botones empleados en la interfaz gráfica de acuerdo a la tabla anterior de tal manera que sus parámetros puedan ser modificados fácilmente en caso de que así se requiera.

### Botón LOG IN

El botón Log In permite ingresar a una sesión de acuerdo al nombre de usuario y contraseña, sin embargo inicialmente es necesario crear las cuentas de usuario y su respectiva contraseña, de tal manera que el acceso que usuario posee a las ventanas dependa directamente de los permisos de su cesión. A continuación se explica el procedimiento para la creación de cuentas de usuario:

1. Se inicia la opción del sistema llamado “*Runtime Security*” y se presiona *añadir* para crear los usuarios y contraseñas (Fig. 4.17).

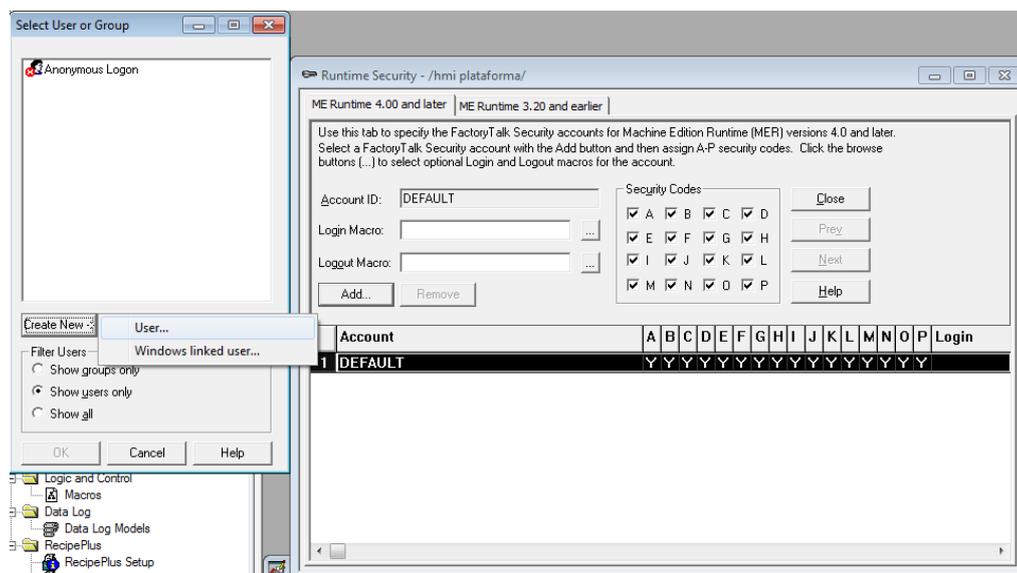


Figura 4.17 Creación de las Cuentas de Usuario en Factory Talk View

- Posteriormente se ingresa el nombre de usuario y la contraseña deseada, tomando en cuenta que la contraseña no puede expirar ni puede ser modificada (Fig. 4.18).

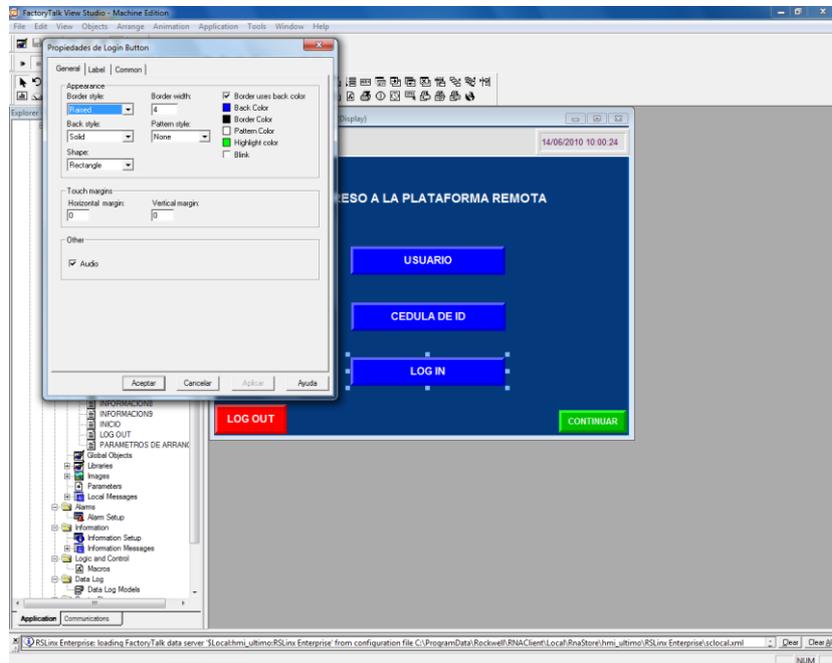
**Figura 4.18 Nombre y Contraseña de la Cuenta de Usuario**

- Se añaden las cuentas de usuario al sistema y se les asigna un nivel de seguridad a cada una, y cada ventana tendrá un nivel de seguridad (Fig. 4.19).

Account	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Login
1 DEFAULT	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2 ADMINISTRADORES	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3 ESTUDIANTES	Y	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

**Figura 4.19 Niveles de Seguridad de las Cuentas de Usuario**

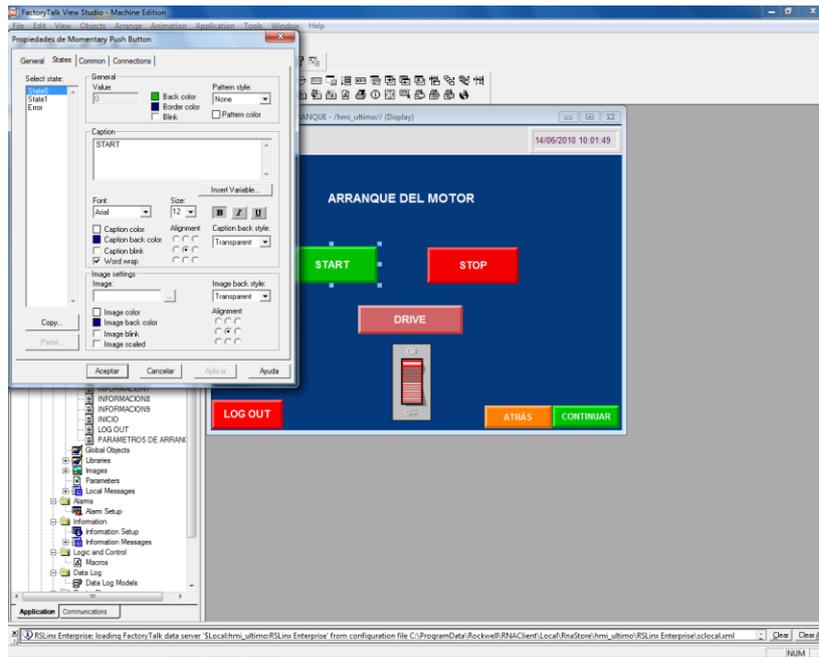
- Una vez configurados los niveles de seguridad se guardan los cambios y se cierra la ventana. Posteriormente se coloca el botón Log In en el panel y se configura su nombre, color, etc., y de esta manera está listo para su uso (Fig. 4.20).



**Figura 4.20 Configuración de un Botón LOG IN**

### *Botón MOMENTÁNEO*

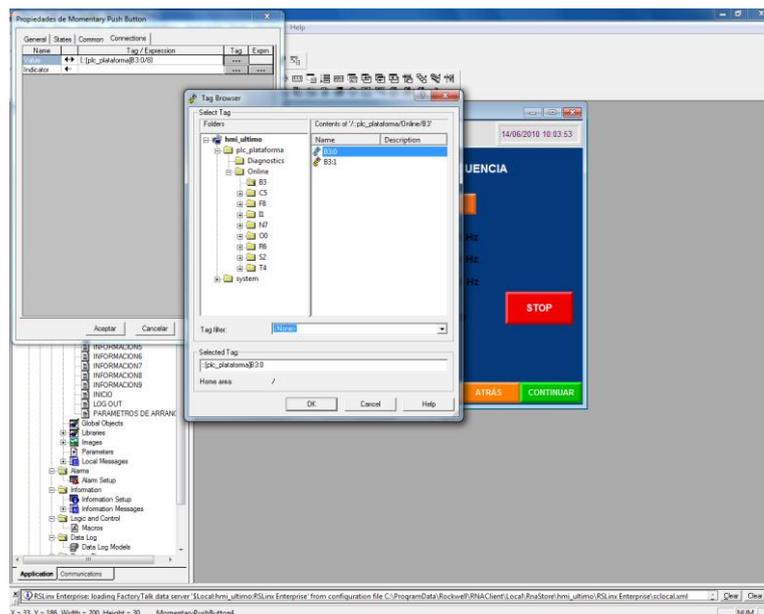
El botón Momentáneo permite activar una salida, entrada o una tag del PLC pero de forma temporal ya que no se queda presionado, es muy importante tomar en cuenta esta característica en el momento de enlazar con el programa del PLC ya que de esto podrá depender su buen funcionamiento. La configuración de este botón consiste en la asignación de un nombre de acuerdo a su estado y de un color específico; como se muestra a continuación (Fig. 4.21).



**Figura 4.21 Configuración de un Botón Momentáneo**

Adicionalmente como parte de la configuración de la mayoría de botones y también del botón momentáneo, es la conexión con el PLC, específicamente con la entrada, salida o tag del programa que se requiera y el procedimiento para el enlace es el siguiente:

1. En la opción de conexiones se presiona el botón de tag's y se escoge el PLC que para este caso se lo llamo **plc\_plataforma** (Fig. 4.22).



**Figura 4.22 Reconocimiento del PLC en Factory Talk View**

2. Se escoge la variable dentro del PLC con la que se desea enlazar el botón y se indica el bit a la que corresponde la tag, entrada o salida (Fig. 4.23)

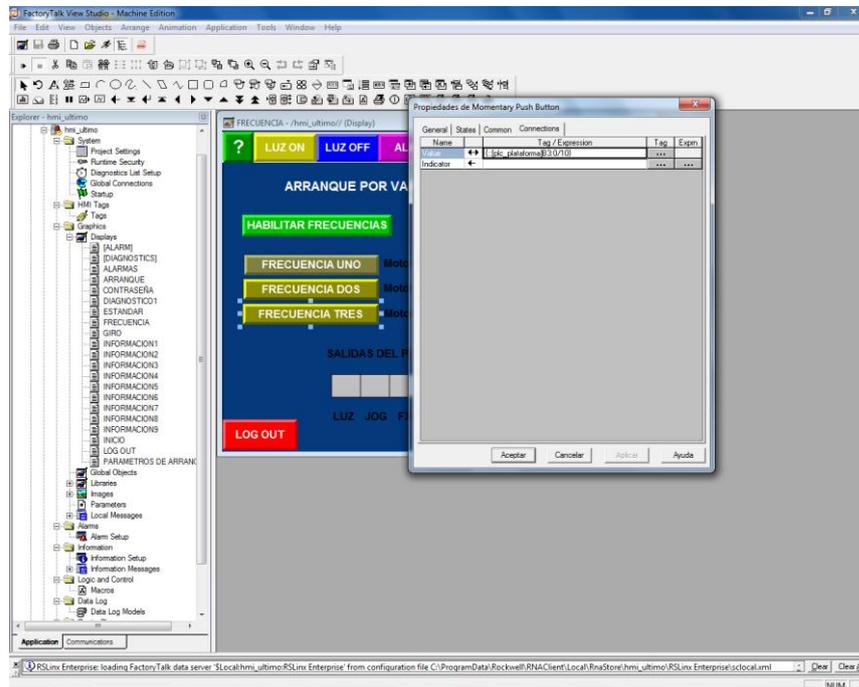
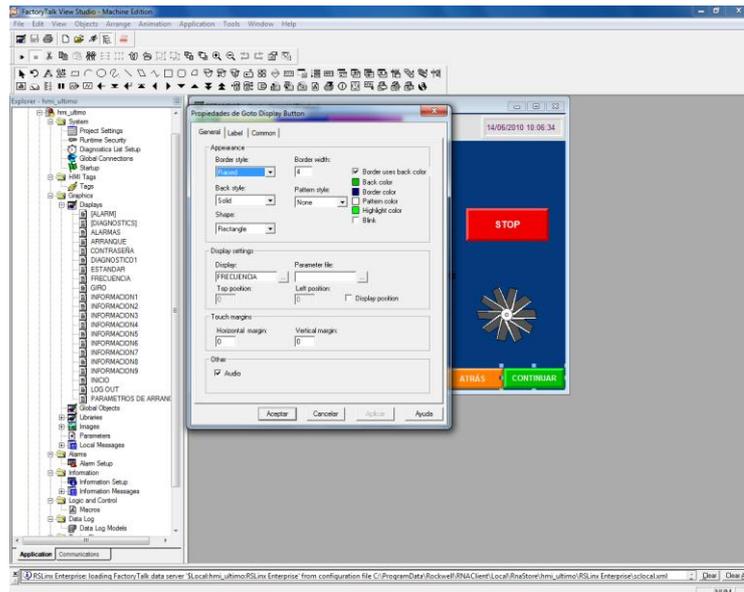


Figura 4.23 Asignación de Tag`s en Factory Talk View

### Botón GO TO

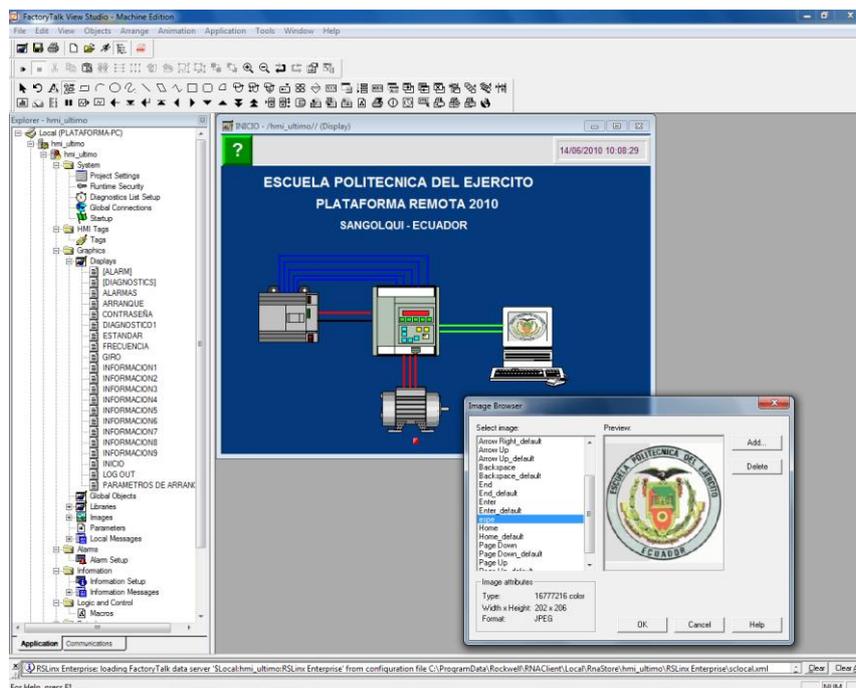
La activación del botón GO TO facilita la navegación entre ventanas ya que al ser presionado, conduce a la ventana asignada en su configuración. La configuración de este botón a diferencia de los anteriores posee un parámetro que permite elegir la pantalla a la que se desee llegar cuando sea activado el botón. A continuación se muestra la configuración de este botón (Fig. 4.24).



**Figura 4.24 Configuración de un Botón GO TO**

### Botón Imagen

Para agregar una imagen fue necesario primero añadir el dibujo a la librería de imágenes del programa Factory Talk View, y posteriormente se coloca el botón de imagen de tal forma que al configurarlo, la imagen deseada aparezca en la lista y pueda ser seleccionado para su uso en la interfaz gráfica, como se muestra (Fig. 4.25)

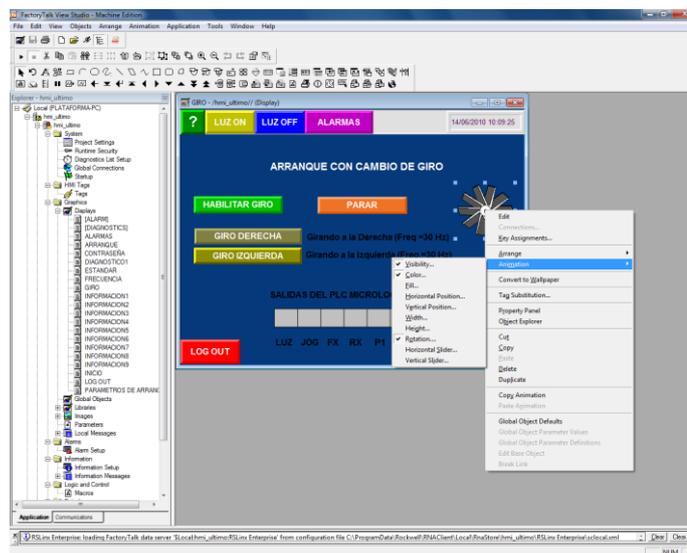


**Figura 4.25 Configuración de un Botón de Imagen**

## Configuraciones Generales

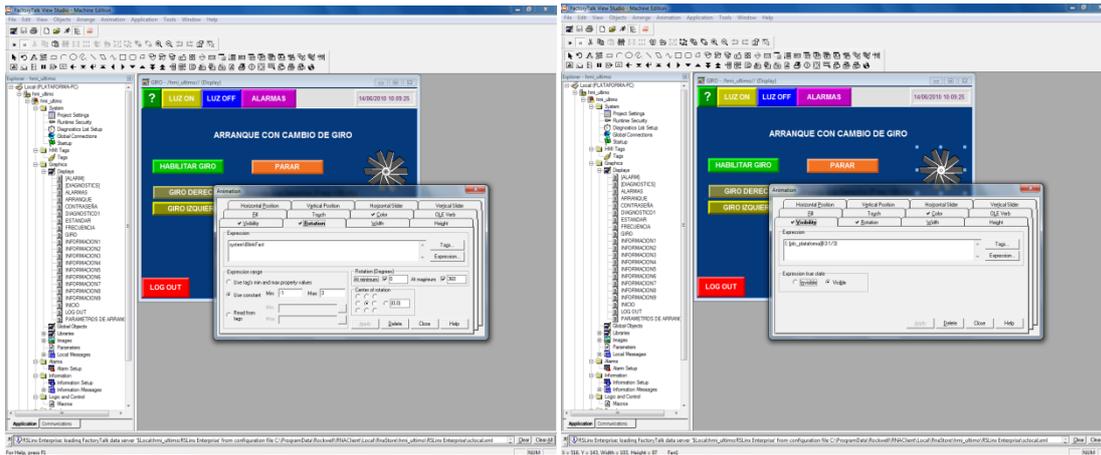
Una vez creadas las pantallas con los botones y sus configuraciones, se realizaron las animaciones de la interfaz gráfica, de tal manera que se pueda visualizar de forma muy amigable el funcionamiento de la plataforma remota. La configuración para la mayoría de objetos del Factory Talk View se realiza de la siguiente manera:

1. Se selecciona el objeto que se desea animar y luego se escoge el tipo de animación que se desea realizar sobre éste, como se muestra en la figura 4.26.



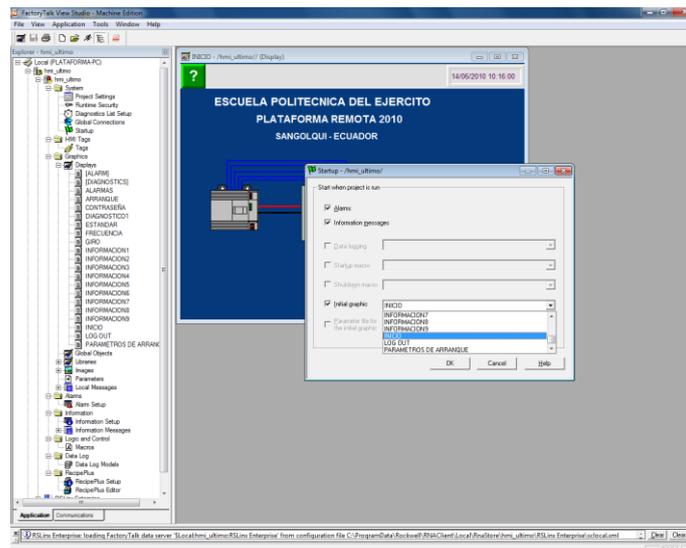
**Figura 4.26 Animación en Factory Talk View**

2. Una vez que se ha seleccionado el tipo de animación se realiza su configuración a través de condiciones en las que pueden estar tanto las variables generales del sistema como las variables que posee el PLC utilizado, como se muestra a continuación (Fig. 4.27).



**Figura 4.27 Configuración de la Animación en Factory Talk View**

Otra de las configuraciones muy importantes, es la de Inicio la cual se realiza antes de enviar a ejecutar la interfaz gráfica; en esta se configura la pantalla inicial para la misma, lo cual se realiza a través de la opción del sistema llamada “Startup”, como se muestra a continuación (Fig. 4.28)

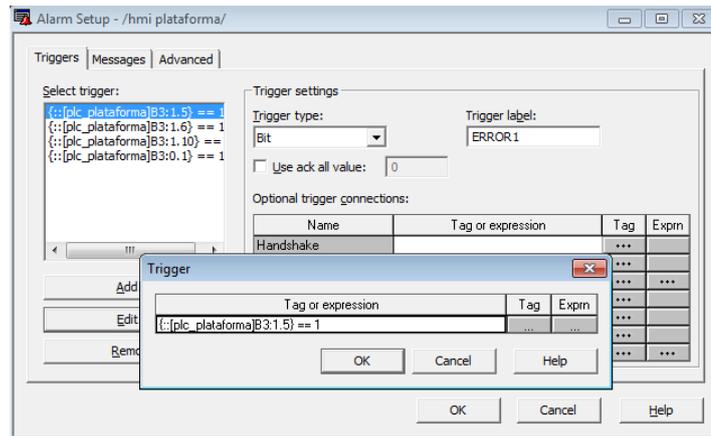


**Figura 4.28 Configuración de la Pantalla de Inicio**

Las alarmas fueron ocupadas en caso de que exista un paro de emergencia realizado por el estudiante durante la práctica, de esta manera se podría registrar la fecha y hora en la que ocurrió e identificar el estudiante que lo produjo. El acceso a las alarmas lo tendrían solo las personas que estén registradas como ADMINISTRADORES, de tal manera que no puedan ser manipuladas por personas no autorizadas.

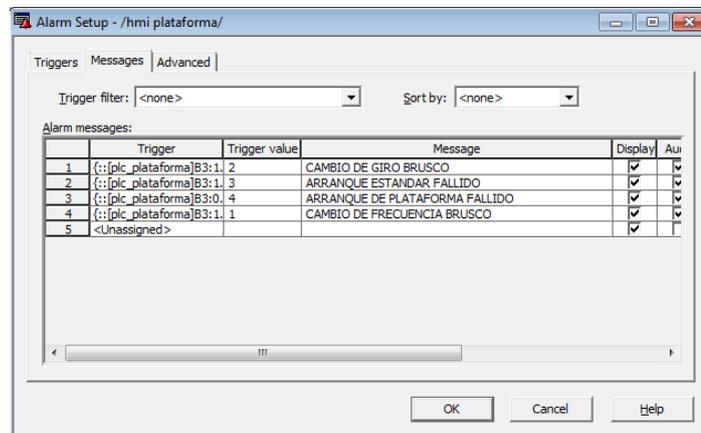
Para la creación de las alarmas es necesario que la opción de Alarmas se encuentre activada en la ventana “Startup” configurada anteriormente. La configuración de las alarmas se realiza de la siguiente manera:

1. Se inicia la opción del sistema llamado “Alarm Setup” y se presiona *añadir* para crear las alarmas de acuerdo a las tags del PLC (Fig. 4.29).



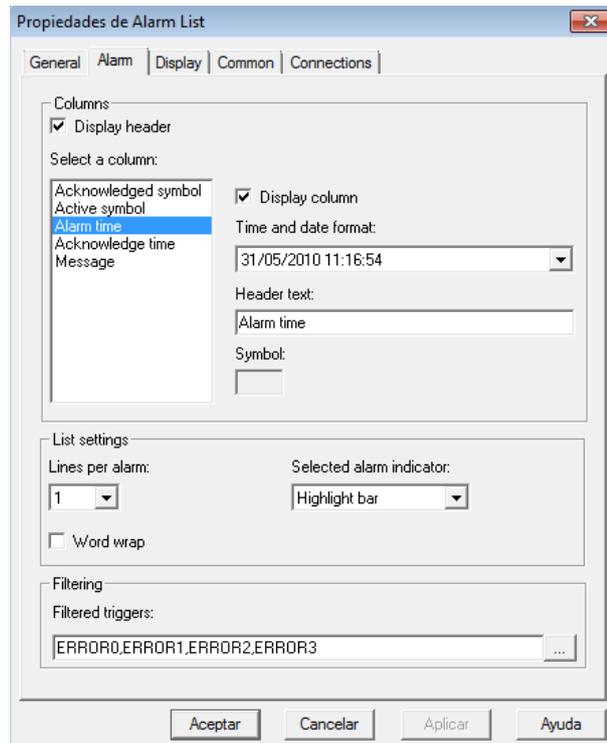
**Figura 4.29** Asignación de Tag’s a las Alarmas

2. En la misma ventana se configura el tipo de dato que se desea que fuera la alarma dependiendo del tipo de tag que se haya añadido, adicionalmente se le coloca un nombre a la alarma.
3. Posteriormente se crean los mensajes que se desea que aparezcan cuando haya ocurrido una alarma de tal forma que se pueda identificar el tipo de alarma ocurrida, además cada uno de los mensajes deberá tener un número que lo identifique, como se muestra a continuación (Fig. 4.30).



**Figura 4.30** Asignación de Mensajes a las Alarmas

4. En esta ventana también se puede escoger si se desea visualizar o escuchar la alarma cuando esta ocurra.
5. Una vez que se ha configurado las alarmas se añadió a la interfaz gráfica la ventana de alarmas y se añadieron cada una de estas como se muestra a continuación (Fig. 4.31).

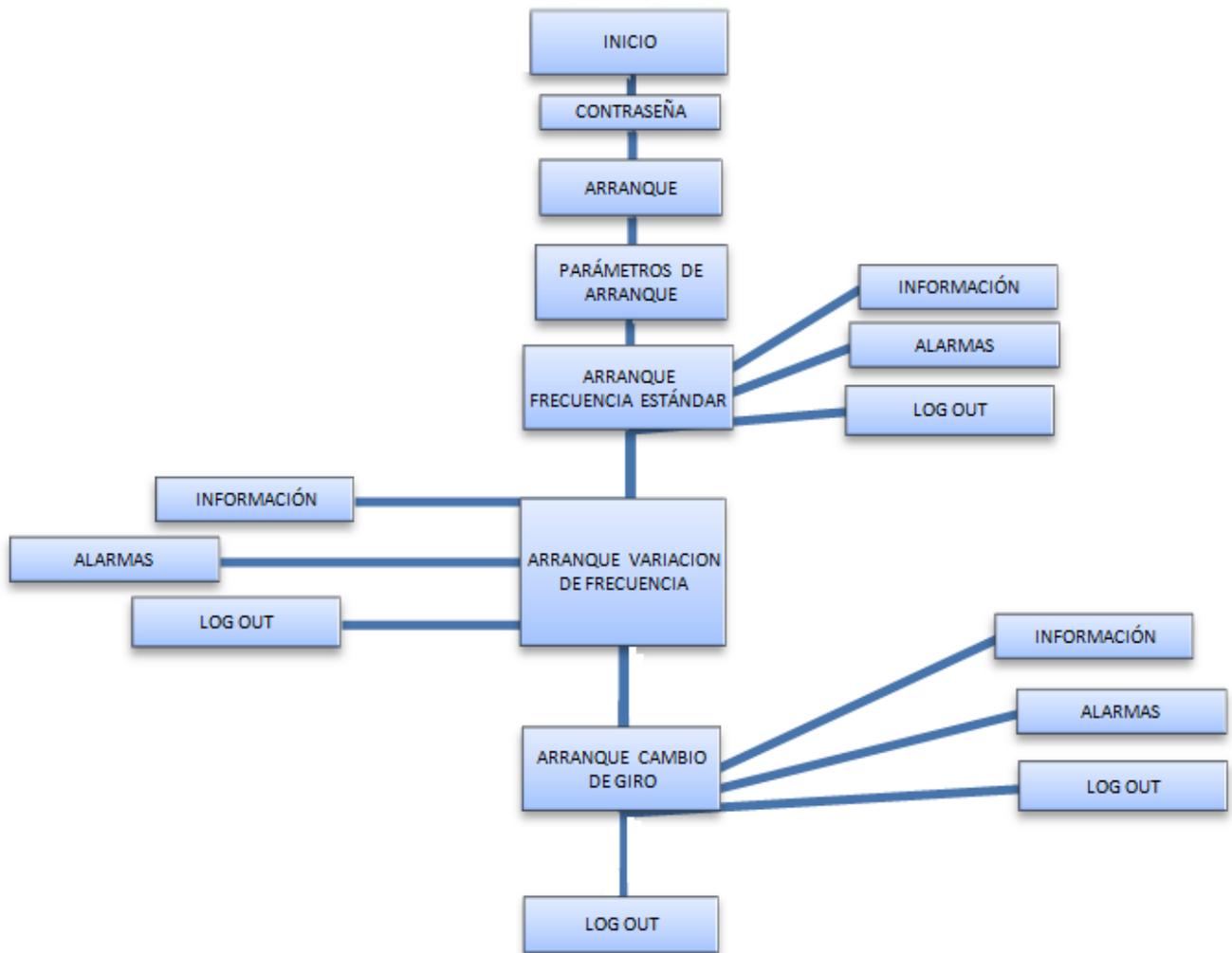


**Figura 4.31 Configuración de la Pantalla de Alarmas**

6. En esta ventana también se configuran los parámetros de las alarmas que se requiere mostrar, como la hora en la que ocurrió y el mensaje.

Una vez que se han finalizado la configuración de las ventanas y botones que se van a utilizar en la interfaz gráfica es necesario ejecutar el programa para comprobar que su funcionamiento sea correcto durante las pruebas que se realicen, de tal manera la posibilidad de que se produzcan errores en su manejo sean nulas.

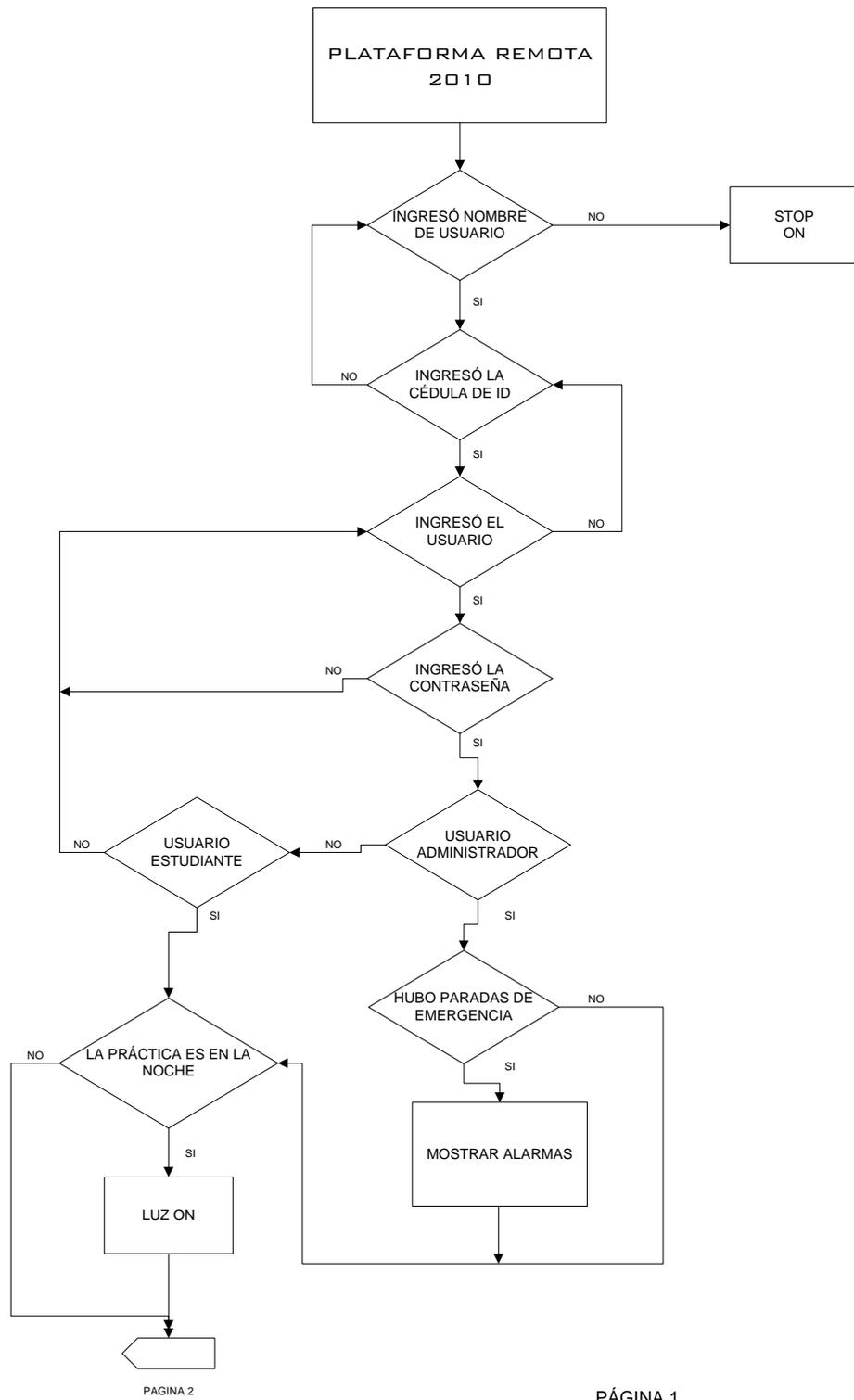
La distribución y orden de las ventanas es muy importante en el diseño del HMI ya que de estos depende la navegabilidad y facilidad de manejo que se proporcione a los usuarios, es por esto que a continuación se muestra (Fig. 4.32) un diagrama con la distribución y secuencia de las pantallas utilizadas en el HMI de la plataforma remota 2010.



**Figura 4.32 Diagrama de Distribución de Ventanas del HMI**

A continuación se muestra (Fig. 4.33 y Fig. 4.34) a través de un diagrama de flujo la lógica del funcionamiento del HMI empleado como enlace entre el usuario y el controlador de la plataforma. Esta interfaz posee ayuda en cada una de sus pantallas de tal forma que cualquier usuario pueda manipularla sin mayor dificultad; adicionalmente proporciona la opción de poder salir de la sesión iniciada en cualquier momento durante la práctica, brindando la seguridad necesaria para la plataforma.

Adicionalmente cada una de las pantallas ofrece la opción de encender o apagar un foco de manera que en caso de realizar las prácticas en la noche, la plataforma esté iluminada para poder observar a través de la cámara web el giro del motor.



**Figura 4.33 Diagrama de Flujo del HMI (Parte-1)**

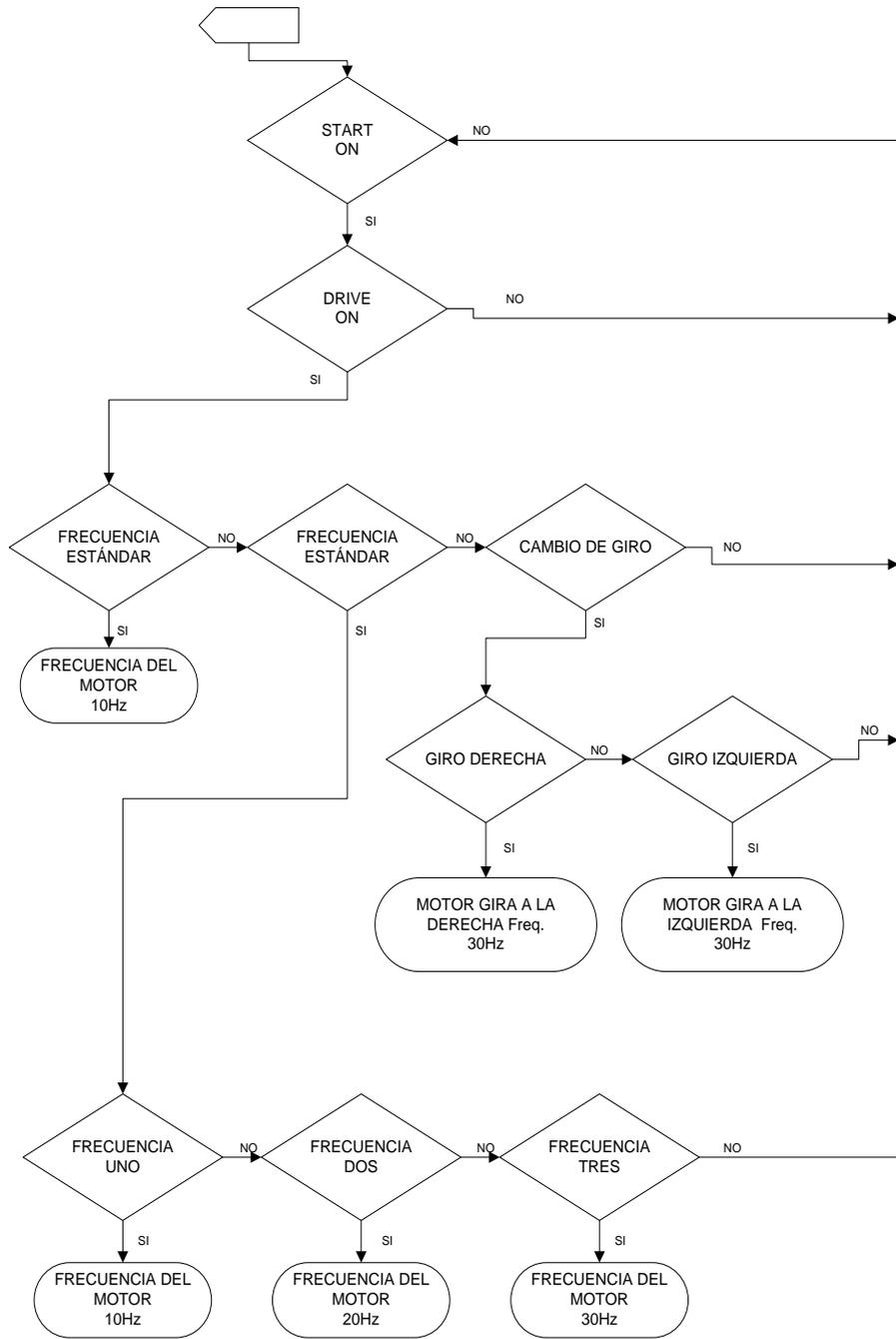


Figura 4.34 Diagrama de Flujo del HMI (Parte-2)

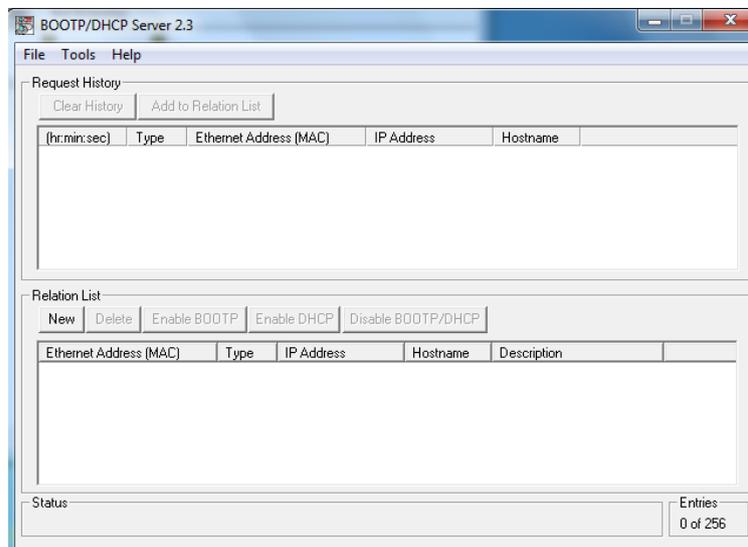
## 4.4 Enlaces Operativos

Los enlaces fueron una parte fundamental en el buen funcionamiento de la plataforma remota ya que a pesar de utilizar diferentes protocolos de comunicación entre los componentes, estos fueron acoplados adecuadamente cuyo procedimiento se explica a continuación.

### 4.4.1 PLC con la PC

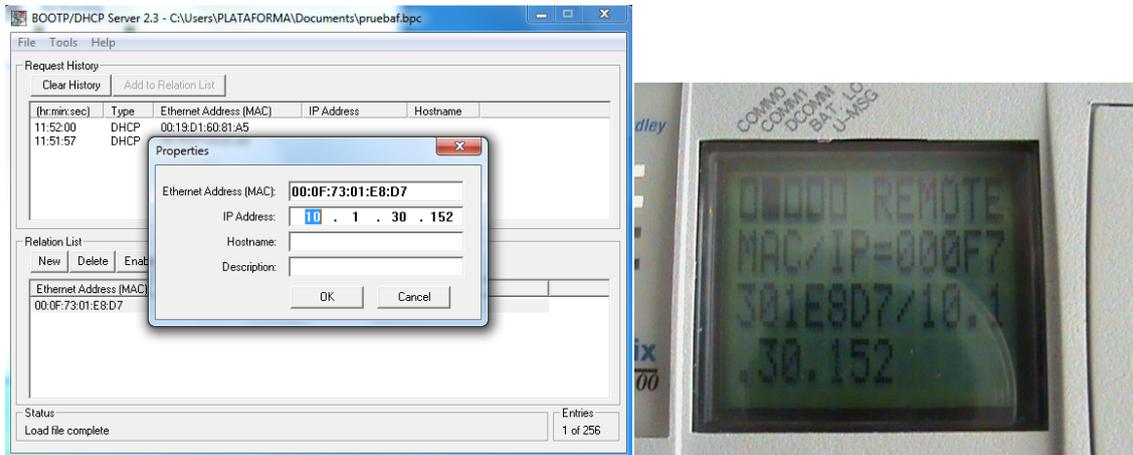
Como se explicó en el capítulo III, el PLC Micrologix 1100 utiliza el protocolo Ethernet IP para su comunicación con la PC, pero para que esta lo identifique se necesita un software llamado BOOT-DHCP Server de Allen Bradley que permite asignar una dirección IP al controlador y para configurarlo se realiza el siguiente procedimiento:

1. Se conecta el cable Ethernet a la PC; y siempre que el PLC esté encendido se abre el software BOOT-DHCP, porque si no lo está aparece un error de conexión y el programa. A continuación se muestra la pantalla de inicio del software (Fig. 4.35) y para configurarlo se presiona en *New* dentro del recuadro de la *Lista de Relaciones*.



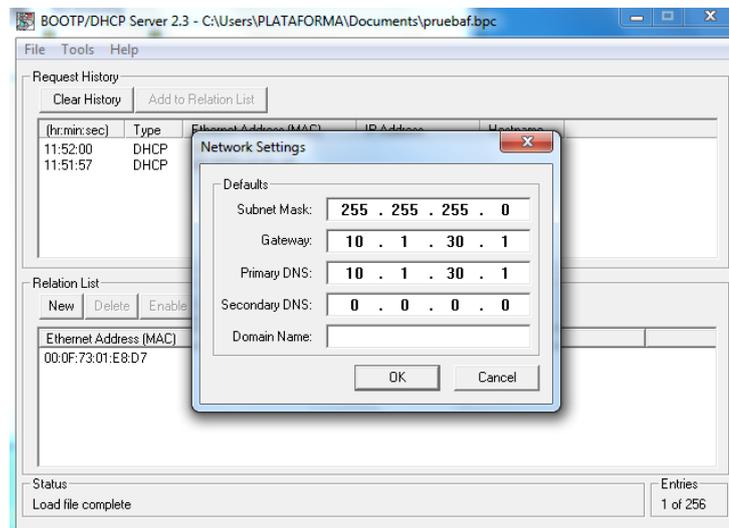
**Figura 4.35 Software BOOT-DHCP Server**

2. Se ingresa la dirección Ethernet o MAC que posee el PLC y es una dirección fija; ésta se puede observar en la opción del controlador llamada Configuraciones Avanzadas, en *Enet Config*; posteriormente, en la parte inferior se coloca la dirección IP que se desea para el PLC como se muestra a continuación (Fig. 4.36):



**Figura 4.36 Asignación de la MAC en BOOT-DHCP Server**

3. Posteriormente se realiza la configuración de la red, la cual se encuentra dentro de la opción de herramientas del software. A continuación se muestra la configuración (Fig. 4.37).

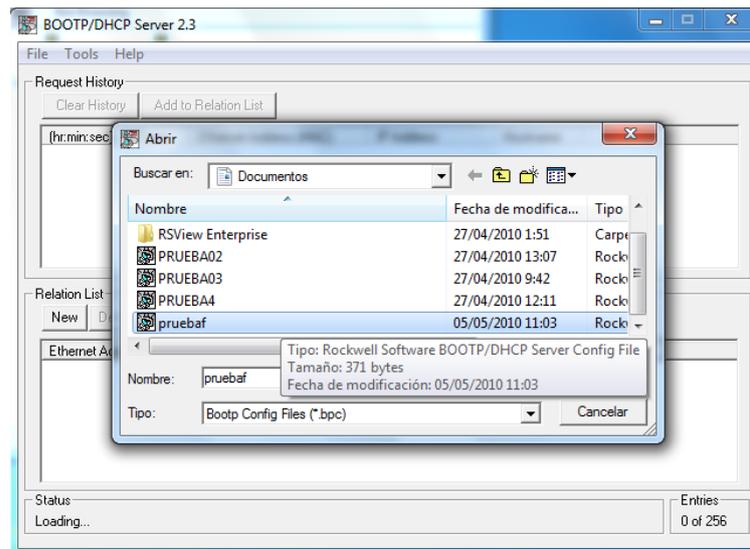


**Figura 4.37 Configuración de la Red en BOOT-DHCP Server**

4. Como se observa en la figura anterior, la máscara de subred es de Clase C, es decir que permite hasta 256 hosts, y su Gateway y DNS son iguales, ya que esta es la

característica de la red interna del Departamento de Eléctrica y Electrónica, por lo que su configuración fue realizada de tal manera que el PLC y la PC se encuentren en la misma red.

5. Una vez finalizadas estas configuraciones se procede a guardarlas, de tal manera que no se necesite realizar el mismo procedimiento nuevamente, como se muestra en la figura 4.38.

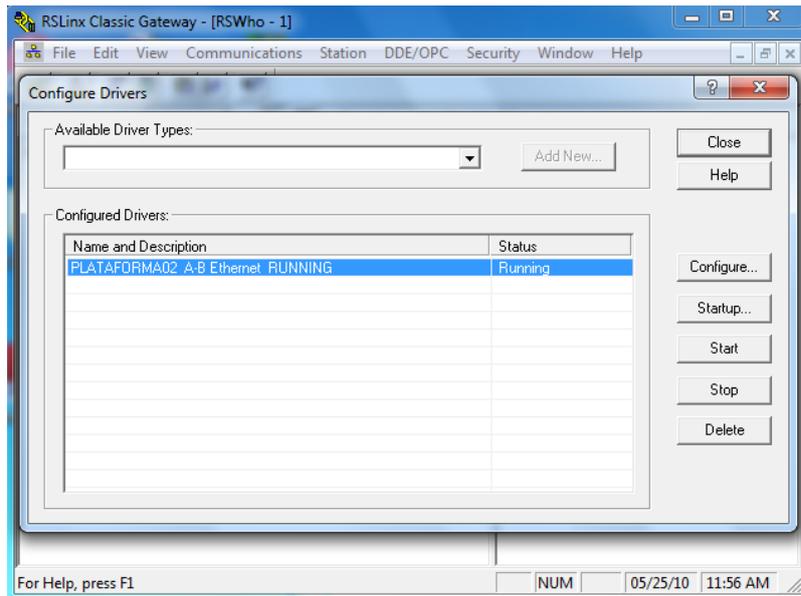


**Figura 4.38 Configuraciones guardadas en el BOOT-DHCP Server**

6. Finalmente se debe esperar unos minutos hasta que sea asignada la IP establecida al PLC, lo que se puede comprobar en el recuadro de *Historial de Solicitudes*.

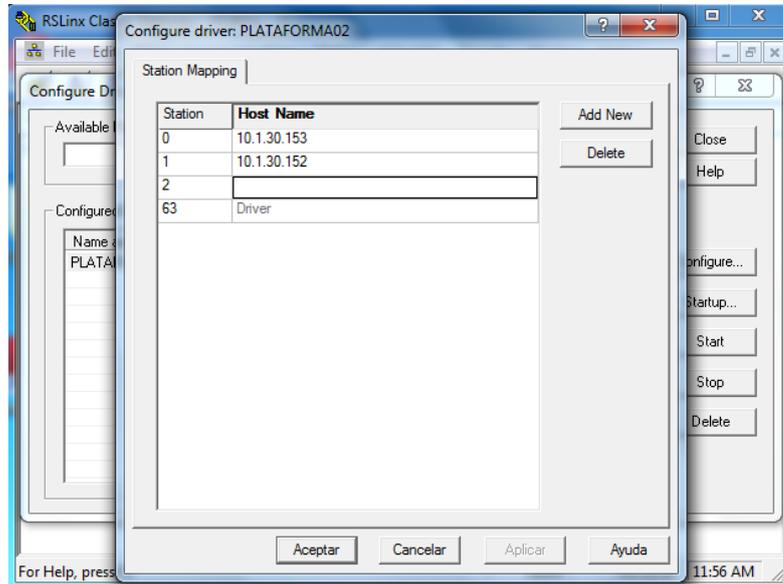
La conexión entre el PLC con la PC tiene una segunda etapa de configuración, la cual se realiza por medio del software RSlinx Classic de Allen Bradley que permite crear una red interna entre el PLC y la PC por medio de sus direcciones IP. Su configuración se realiza de la siguiente manera:

1. En la opción de comunicaciones se escoge la opción para Configurar los Drivers, tomando en cuenta que son dispositivos Ethernet, como se muestra a continuación (Fig. 4.39).



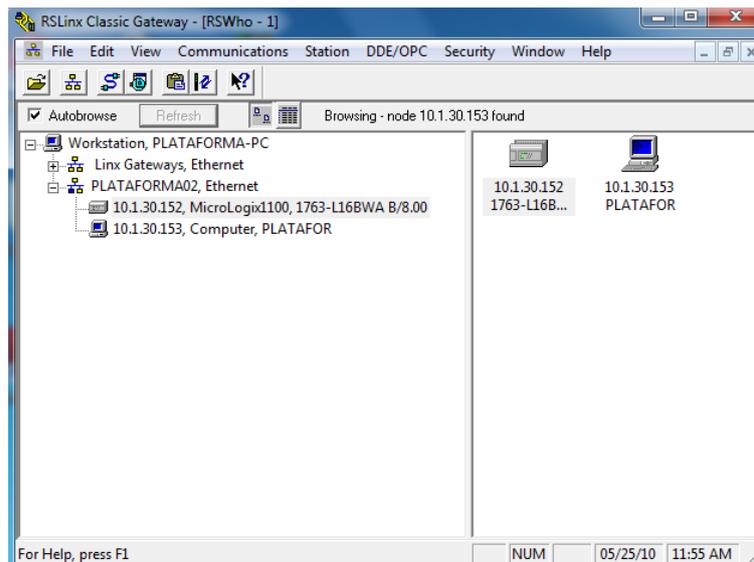
**Figura 4.39 Configuración de la Red en RSLinx**

- Una vez que se ha asignado un nombre a la red entre el PLC y la PC, se colocan las direcciones IP de todos los dispositivos que van a conformar la red como se muestra a continuación (Fig. 4.40).



**Figura 4.40 Asignación de IP en RSLinx**

- Luego de haber terminado la configuración se debe esperar unos pocos minutos hasta que el programa reconozca los dispositivos de la red, de tal manera que aparezcan como se muestra a continuación (Fig. 4.41).



**Figura 4.41 Red de la Plataforma Remota 2010 en RSLogix**

Finalizadas todas estas configuraciones el PLC Micrologix 1100 está listo para ser ocupado en el RSLogix 500 o en el Factory Talk View, de tal manera que no exista ningún problema al ejecutar el programa o HMI del controlador. Sin embargo es necesario que el firewall de Windows esté desactivado para realizar todas estas configuraciones, ya que de otro modo no le reconocería al PLC, ni se le asignaría la dirección IP.

#### **4.4.2 Variador de Frecuencia con la PC**

El variador de frecuencia LG iG5 trabaja con el protocolo MODBUS-RTU y este a su vez con el puerto serial RS485, y fue por este motivo que se requirió utilizar un conversor RS485 a RS232 para la PC; sus principales características de funcionamiento fueron explicadas en el capítulo III.

Adicionalmente fue utilizado un conversor RS232 a USB de marca TRENDnet debido a que la PLATAFORMA-PC no posee puerto serial, el mismo que se muestra a continuación (Fig. 4.42).



**Figura 4.42** Conversor TRENDnet USB-Serial

Las principales características de funcionamiento del conversor USB a RS232 son las siguientes (Tabla 4.14).

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Interface	USB 1.1 tipo A / RS232 (9-pin) Macho
Sistemas Operativos	Windows 98/ME/2000/XP/Vista/Mac
Longitud del Cable	661mm
Calibre del Cable	28/24 AWG
Velocidad de Transmisión	500 Kbps
Consumo de Energía	500mA (max)
Temperatura de Trabajo	0°C – 40°C

**Tabla 4.14** Características del Conversor USB-Serial TRENDnet

La configuración del variador de frecuencia para la comunicación es muy importante ya que en este se asignarán los valores de velocidad y protocolo que será utilizado para el enlace entre el Variador de Frecuencia LG iG5 y la PC. A continuación se muestran los parámetros configurados para la comunicación (Tabla 4.15).

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VISUALIZA DISPLAY</b>	<b>RANGO</b>	<b>VALOR SETEADO</b>
I/O-47	Velocidad en Baudios	I47	0(1200bps)	9600 bps  3
			1(2400bps)	
			2(4800bps)	
			3(9600bps)	

			4(19200bps)		
I/O-48	Selección de funcionamiento ante la pérdida de la referencia de frecuencia	I48	0(Ninguno)	Ninguno	
			1(Marcha Libre)		0
			2(Stop)		
I/O-49	Tiempo de espera tras la pérdida de la referencia de frecuencia	I49	0.1 a 120 [seg]	1.0 [seg]	
I/O-50	Selección del Protocolo de Comunicación	I50	0(LG-Bus)	LG-Bus	
			7(Modbus-RTU)	0	

**Tabla 4.15 Configuración de los Parámetros IO-47, IO-48, IO-49 y IO-50**

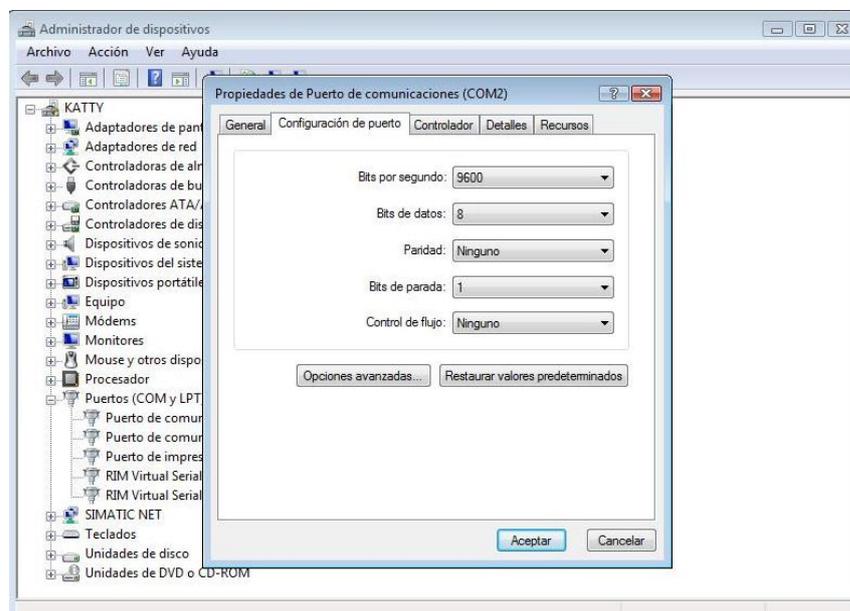
Como se puede observar en la tabla anterior, el parámetro **IO-50** fue seteado en **0** ya que el programa que será utilizado para el monitoreo es de la LG, por lo que utiliza el LG-Bus. Adicionalmente, antes de poner a funcionar el Variador de Frecuencia LG iG5 con la PC, es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones como son:

- Se debe comprobar que el ordenador y el variador estén correctamente conectados.
- Se debe conectar el variador (ON) pero no conectar la carga hasta haber verificado que la comunicación entre el ordenador y el variador sea estable.

El software utilizado para la comunicación fue el DriveView 2.1, el cual es fabricado por la LG y actualmente es muy escaso en el mercado debido a que el modelo del Variador de Frecuencia es antiguo; y aunque el manual del variador señalaba que el software para este, era el DriveView 2.0 pero fue imposible encontrarlo; los resultados obtenidos con la versión 2.1 fueron muy buenos para la comunicación.

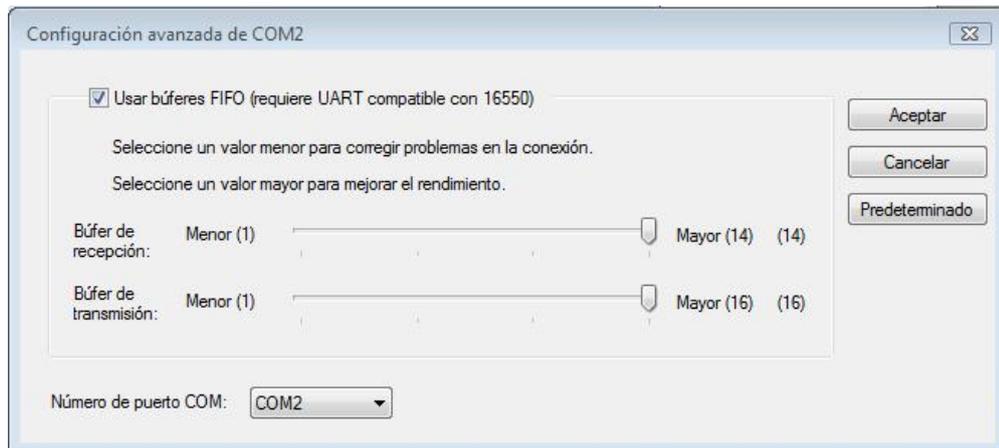
Antes de realizar el enlace entre el variador de Frecuencia y la PC, fueron necesarias realizar algunas configuraciones:

- Lo primero que se realizó fue la instalación del driver del conversor USB-Serial, para lo cual se necesita que el conversor se encuentre conectado a la PC.
- Posteriormente se configura el puerto de la PC con los parámetros de acuerdo al funcionamiento del Variador de Frecuencia LG iG5 (Capítulo III), y su procedimiento fue el siguiente:
  1. Primero se configuraron los parámetros del puerto de comunicación, es decir se configuró la velocidad de transmisión, el bit de parada en la comunicación, la paridad y también el flujo de comunicación que requiere el LG iG5. Estos parámetros fueron configurados como se muestra en la figura 4.43.



**Figura 4.43 Configuración del puerto COM2 de la PC**

2. Posteriormente se realizó la configuración del número de puerto que se desea para el enlace con el Variador LG iG5, el cual está limitado ya que el software DriveView 2.1 solo nos permite escoger del COM1 al COM4, por lo tanto el número del puerto debe estar dentro de este rango. A continuación se muestra la configuración del número de puerto (Fig. 4.44).



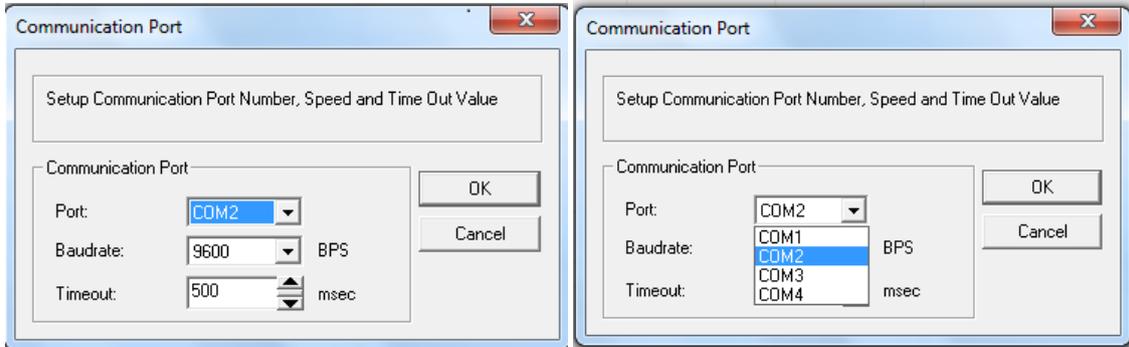
**Figura 4.44 Selección del Número de Puerto**

- Una vez que se han realizado estas configuraciones, se instala el software DriveView 2.1 de modo compatible con Windows XP Service Pack 2, caso contrario al ejecutarlo se producirían errores, asegurar que la plataforma funcione correctamente.
- A continuación se configura el DriveView 2.1 de tal manera que la comunicación sea correcta, para lo cual se realiza el siguiente procedimiento:
  1. Se conecta el Variador de Frecuencia LG iG5 a la PC por medio de los conversores USB-Serial y RS232-RS485, y posteriormente se inicializa el software. Las conexiones realizadas se muestran a continuación (Fig. 4.45).



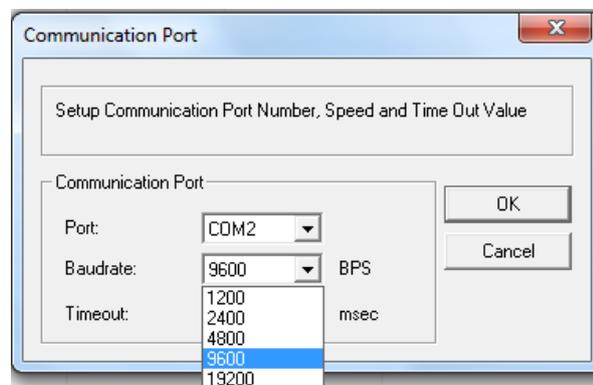
**Figura 4.45 Conexiones entre los Conversores RS485-RS232 y RS232-USB**

2. Se configura el puerto por el cual se desea que se realice la comunicación entre el variador LG iG5 y la PC en el software DriveView2.1, su asignación se muestra a continuación (Fig. 4.46).



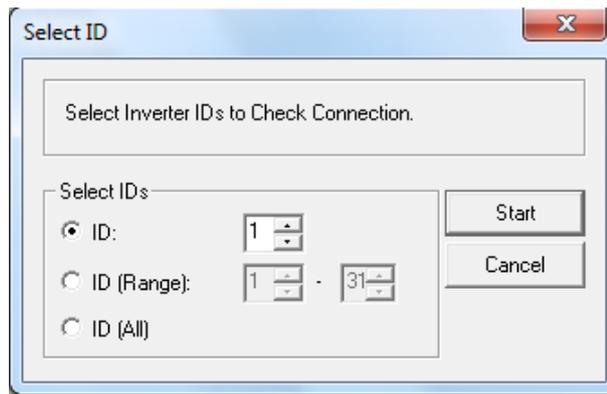
**Figura 4.46 Configuración de Puerto en DriveView 2.1**

3. Se asigna una velocidad de comunicación, la cual según el manual del variador LG iG5 debe estar entre los 1200BPS y los 19200BPS pero de acuerdo al funcionamiento del puerto de la PC y del conversor USB-Serial la velocidad más adecuada para este caso sería de 9600BPS ya que proporcionaría robustez a la comunicación. A continuación se muestra esta configuración (Fig. 4.47)



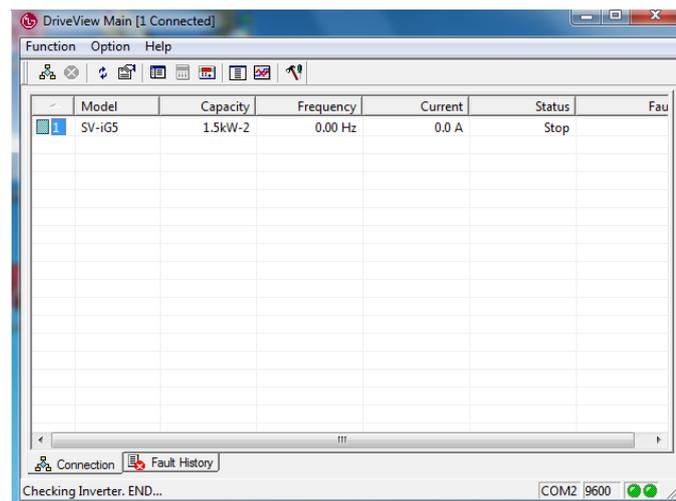
**Figura 4.47 Configuración de Velocidad en DriveView 2.1**

4. Se define el número de Variador que posee, en este caso se mantuvo el número que viene por defecto de fábrica es decir el **1**, ya que como se sabe pueden colocarse hasta 32 variadores en red y por esto es necesario identificar de que variador se va a realizar el monitoreo. A continuación se muestra la configuración (Fig. 4.48).



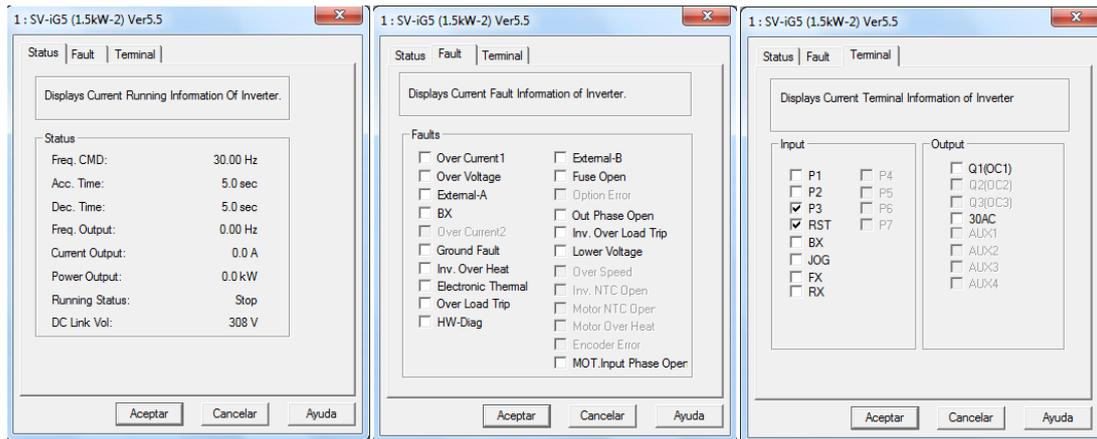
**Figura 4.48 Configuración de ID en DriveView 2.1**

5. Finalmente se presiona el botón para conectar  , de tal manera que el DriveView 2.1 pueda reconocer al variador conectado, obteniendo como resultado una pantalla como la que se muestra a continuación (Fig. 4.49).



**Figura 4.49 Identificación del LG iG5 en DriveView 2.1**

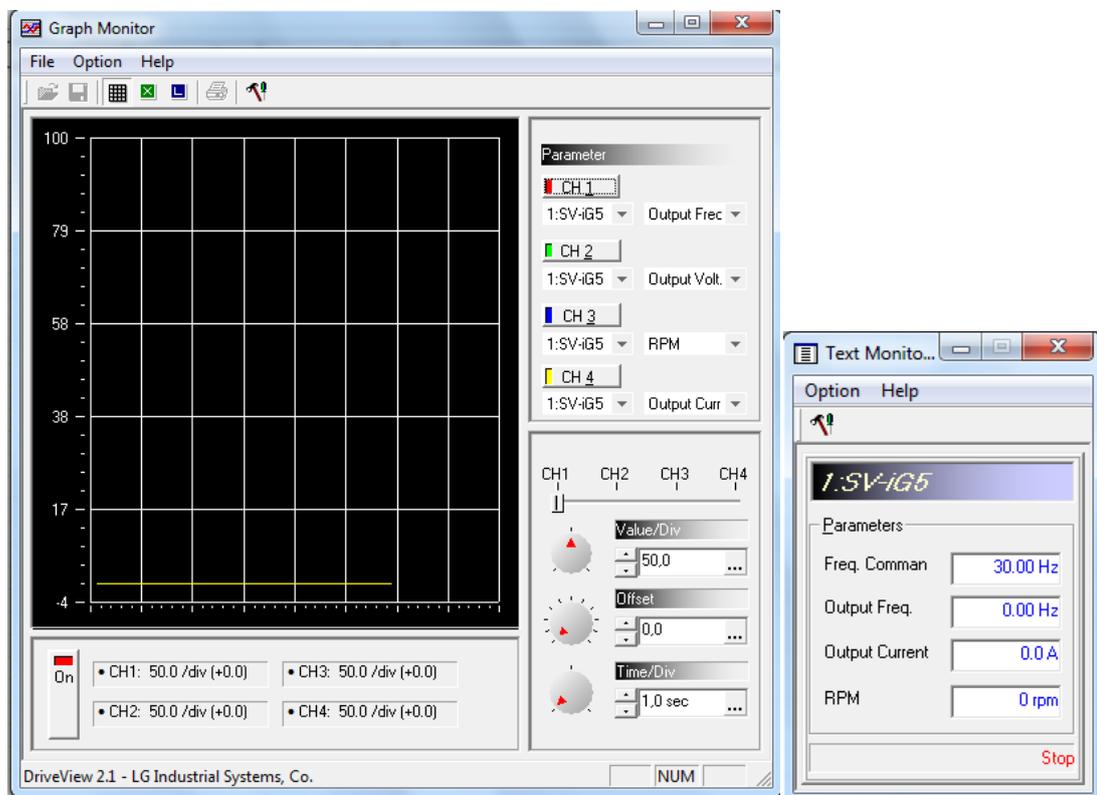
Una vez que el variador de frecuencia SV-iG5 fue identificado, se puede empezar el monitoreo de todas sus variables, así su estado, terminales y errores que hayan ocurrido durante la conexión, todas estas características se pueden observar en ventanas independientes como se muestra a continuación (Fig. 4.50).



**Figura 4.50 Ventanas de Estado, Fallos y Terminales en el DriveView 2.1**

Como se observa en esta figura, se muestran los terminales que se encuentran activos, además una lista de los errores que podrían producirse durante la práctica y también la frecuencia, voltaje y RPM actuales del variador LG iG5.

Adicionalmente posee otras ventanas que permiten visualizar los parámetros del variador mientras se está realizando la práctica, las cuales se muestran a continuación (Fig. 4.51).

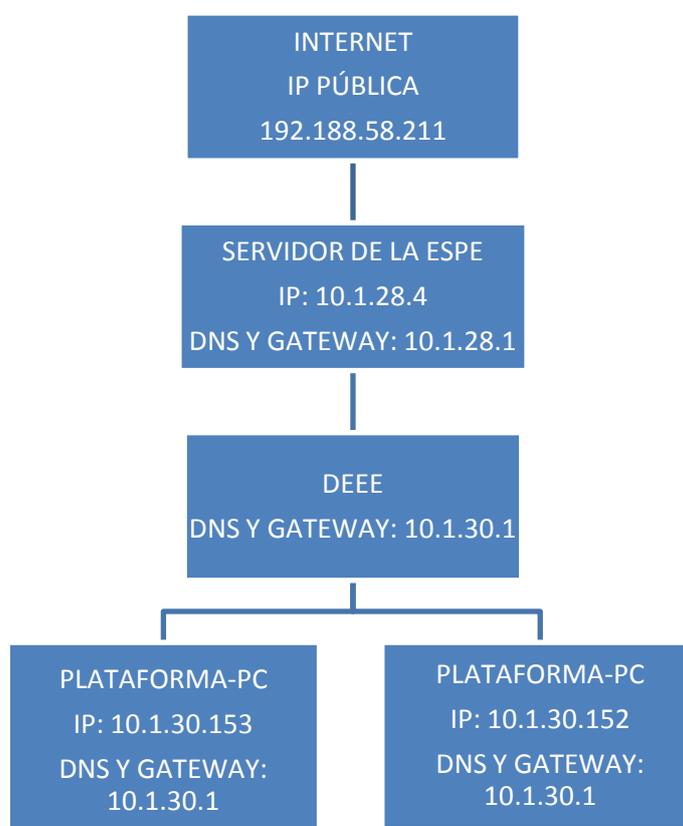


**Figura 4.51 Monitor Gráfico y Textual del DriveView 2.1**

Como se observa en la figura anterior, el variador nos permite monitorear cada uno de sus parámetros en tiempo real y además el monitor gráfico permite seleccionar en cada uno de sus cuatro canales, el parámetro que se desee graficar con respecto al tiempo.

#### 4.4.3 Acceso Remoto

Para realizar el acceso remoto fue necesario asignar a la PLATAFORMA-PC una dirección IP que sea parte del departamento y adicionalmente que esté enmascarada a una dirección IP pública de tal forma que las direcciones estarían distribuidas de la siguiente manera (Fig. 4.52).



**Figura 4.52 Distribución de las Direcciones IP en la Red**

Como se puede observar en la figura anterior, fue necesario enmascarar la dirección IP y asignarle una de las direcciones públicas que posee el departamento, de tal manera que todos los estudiantes puedan acceder a las prácticas con la Plataforma Remota 2010.

Para realizar el acceso remoto fue necesario utilizar un switch ya que este componente permitió la conexión entre el PLC y la PC; y esta a su vez con la Red de la ESPE. Este



2. Se comprueba a través de la ventana de Red que existan otras PC's como se muestra a continuación (Fig. 4.55).

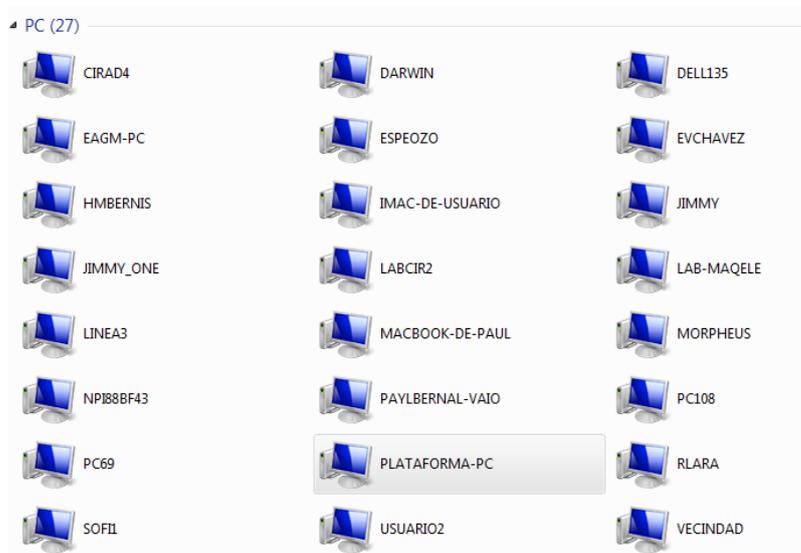


Figura 4.55 PC's de la Red del DEEE

3. Una vez que se demostró que PC pertenecía a la red del DEEE, se comprobó que la dirección IP asignada a la PLATAFORMA.PC esté enmascarada de tal manera que tenga acceso a la IP pública, por medio de la ventana de comandos, haciendo *ping* a la dirección **10.1.28.4** que se encuentra enmascarada en el Servidor de la ESPE con la dirección externa, este procedimiento se realizó de la siguiente manera (Fig. 4.56).

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . : espe.edu.ec
C:\Users\PLATAFORMA>ping 192.188.58.211
Haciendo ping a 192.188.58.211 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Estadísticas de ping para 192.188.58.211:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
    (100% perdidos),
C:\Users\PLATAFORMA>ping 10.1.28.4
Haciendo ping a 10.1.28.4 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.1.30.153: bytes=32 tiempo<1m TTL=128
Estadísticas de ping para 10.1.28.4:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
C:\Users\PLATAFORMA>
```

Figura 4.56 Ventana de Comando con IP Pública

- Se comprueba que la PC tenga acceso a internet para que se pueda realizar el acceso remoto. A continuación se muestra la ventana de conexión a internet (Fig. 4.57).

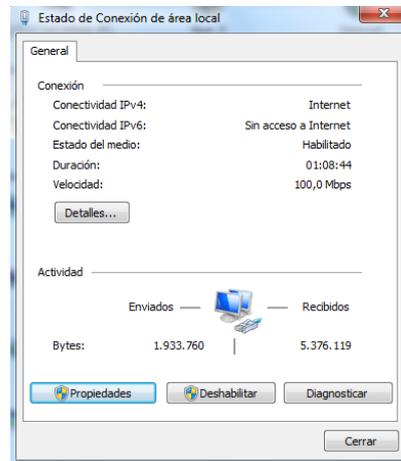


Figura 4.57 Estado de Conexión de la Plataforma-PC

- Se instala el software para realizar el Acceso Remoto, el cual es libre y gratuito pero es necesario que tanto el cliente, como el servidor lo tengan instalado. El software es llamado *Ammy Admin* y se lo puede descargar de la página web <http://www.ammy.com> en donde la pantalla de inicio se mostrará de la siguiente manera (Fig. 4.58).



Figura 4.58 Pantalla de Inicio de Ammy Admin

Este programa fue diseñado exclusivamente para realizar accesos remotos de forma inmediata, sin requerir configuraciones pero es necesario que lo ejecute tanto el cliente como el servidor, y sus principales ventajas son:

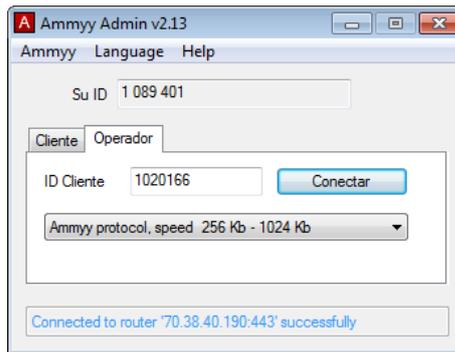
- Permite realizar el acceso remoto de forma instantánea desde cualquier parte.
- No necesita instalación
- Posee seguridad ya que proporciona un código único para cada PC
- Soporta múltiples escritorios remotos
- No necesita una IP real o la configuración de un puerto
- Es gratuito
- Permite transferir datos en cualquier dirección
- Soporta el proxy HTTP
- Es compatible con Windows 2000/XP/Vista/7

Su funcionamiento es muy sencillo tanto para el operador como para el servidor o llamado cliente y su procedimiento para realizar el acceso remoto se muestra a continuación (Tabla. 4.16).

<b>Cliente</b>	<b>Operador</b>
<b>“Operador” verá su computadora</b>	<b>Usted verá la computadora “Cliente”</b>
1. Indique su ID al Operador	1. Presione en la pestaña de “Operador”
2. Presione el botón “Start”	2. Ingrese el ID del cliente y presione “Conectar”
3. Presione “Aceptar” cuando el operador se esté conectando	

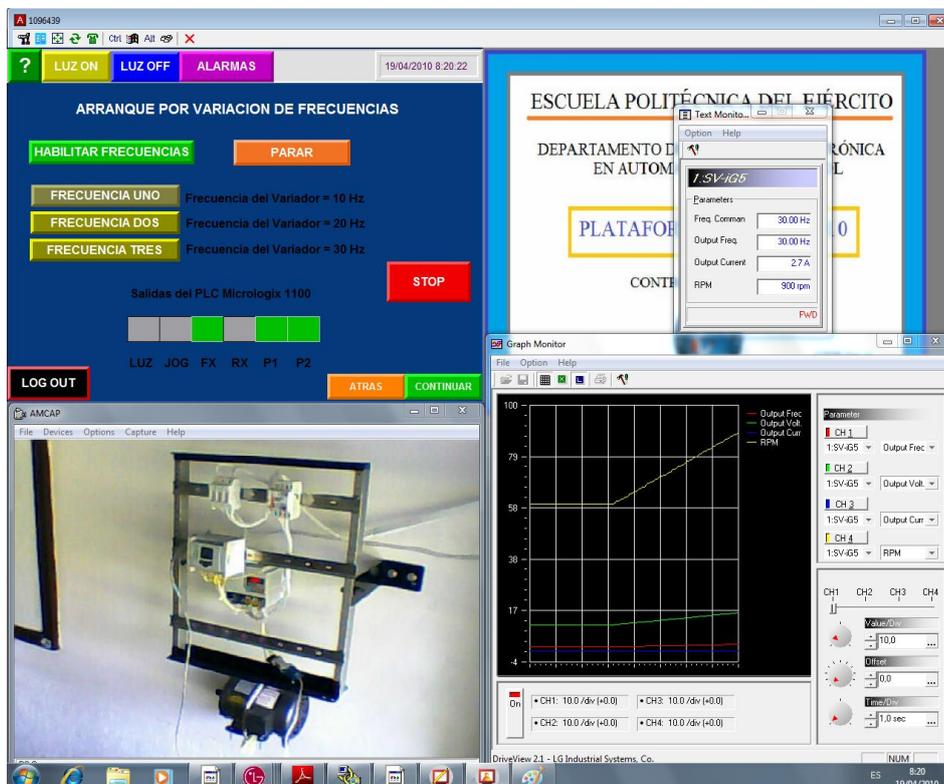
**Tabla 4.16 Funcionamiento de Ammy Admin**

6. Se realiza el acceso remoto desde una computadora externa a la red de la ESPE, la cual tiene que funcionar como Operador, por lo cual se coloca el ID de la PLATAFORMA-PC, el mismo que es **1020166** como se muestra a continuación (Fig. 4.59).



**Figura 4.59 Configuración del Operador en Ammyy Admin**

7. Después de haber ingresado el ID del Cliente se presiona conectar y se debe esperar hasta que el cliente autorice el acceso a su computador, sin embargo se puede configurar para que el acceso sea siempre permitido para esa PC, que sería lo más recomendable para el acceso remoto de los estudiantes que deseen realizar las prácticas, con lo que deberían primero ser registrados con su ID por la computadora Cliente, es decir la PLATAFORMA-PC. Una vez que el cliente ha aceptado el acceso remoto se despliega una pantalla como la que se muestra a continuación (Fig. 4.60), con lo que se podría iniciar la práctica.



**Figura 4.60 Pantalla de Acceso Remoto a Plataforma-PC**

## 4.5 Pruebas de Funcionamiento de la Plataforma

Se realizaron varias pruebas para comprobar el funcionamiento de la plataforma, pero antes fue necesario comprobar que tanto el HMI como el programa del PLC no tuvieran errores, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

1. Para el caso del PLC se realiza la descarga del programa en el controlador y se prueban cada una de las condiciones de funcionamiento, como se muestra a continuación (Fig. 4.61).

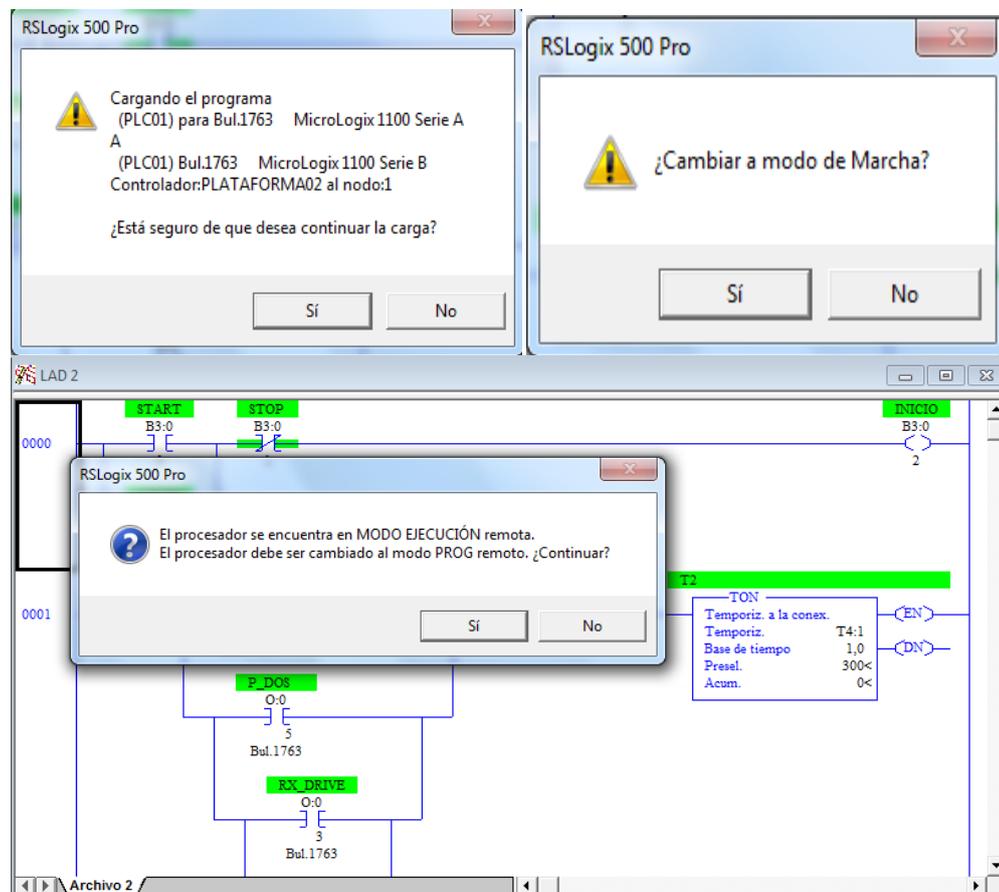
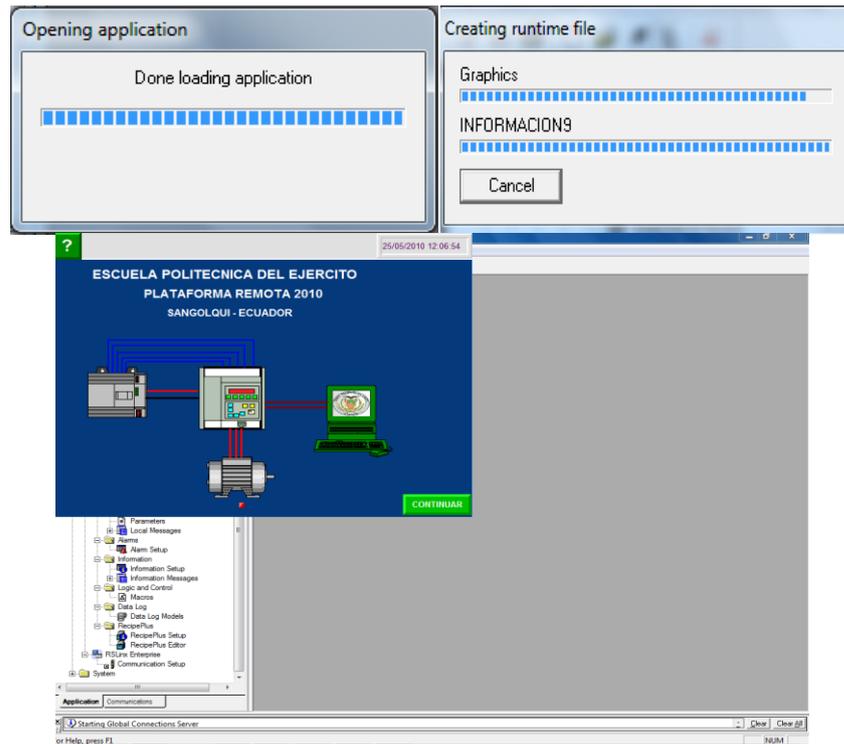


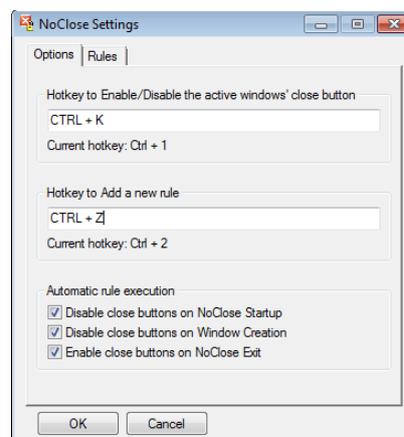
Figura 4.61 Descarga de Programa en RSlogix 500

2. Para el caso del HMI se debe comprobar que al momento de ejecutarlo no ocurra ningún error de enlace o cualquier otro tipo, a continuación se muestra la descarga del HMI (Fig. 4.62).



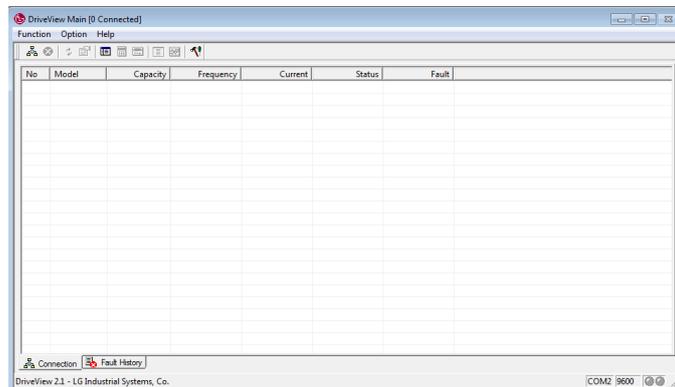
**Figura 4.62 Ejecución del HMI en Factory Talk View**

Después de haber comprobado que el programa del PLC y el HMI están funcionando correctamente, se instaló un programa que permite que evita que los usuarios que realicen el acceso remoto a la Plataforma-PC puedan cerrar las ventanas, este software es llamado **No Close** y no requiere instalación, su funcionamiento está basado en una combinación de teclas que habilita o deshabilita el botón para cerrar las ventanas sin importar de que programa sean estas. Su configuración se realiza de la siguiente forma (Fig. 4.63).



**Figura 4.63 Configuración de No Close**

Al terminar la configuración del **No Close** se realiza una prueba de funcionamiento del programa, la cual se muestra a continuación (Fig. 4.64).



**Figura 4.64** Pantalla de DriveView 2.1 bloqueada

Como se puede observar en la figura anterior, el botón para cerrar la ventana se encuentra deshabilitado, con lo que la ventana no se puede cerrar. Para seguridad de la plataforma remota 2010, la combinación de las teclas para deshabilitar el botón cerrar es **Ctrl + Alt + K** y para volver a habilitar el código es **Ctrl + Alt + Z**. De esta manera la Plataforma-PC se encuentra lista para que los usuarios puedan acceder remotamente, tomando en cuenta que todas las ventanas para monitoreo y control se han dejado abiertas y configuradas para que no puedan ser cerradas sin autorización.

Con el objetivo de proporcionar la mayor seguridad en el acceso remoto se realizó la creación y configuración de los registros de Windows que permiten ocultar iconos de la barra de tareas, así como la opción de apagado del equipo con lo que los usuarios que accedan a la Plataforma-PC no puedan apagarla ni tengan acceso a otros programas que no estén relacionados con la práctica. El procedimiento de configuración de los registros fue el siguiente:

1. Se ingresó a los registros de Windows a través del comando **Ejecutar** y dentro de este se coloca **regedit** con lo que se abre la ventana de todos los registros de Windows como se muestra a continuación (Fig. 4.65)

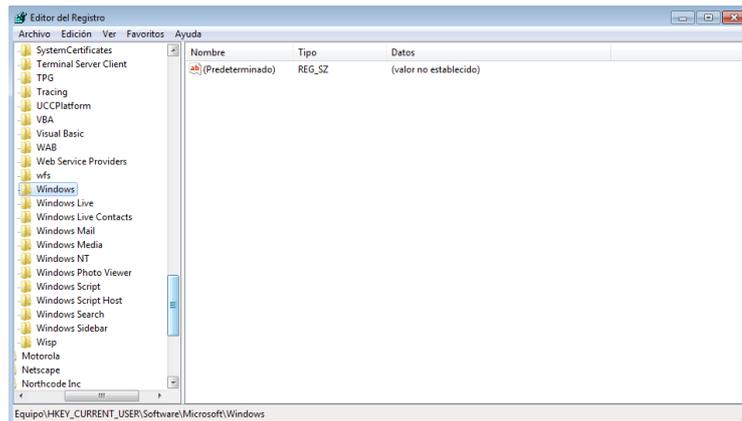


Figura 4.65 Pantalla de Registros de Windows

2. Dentro de los registros se escoge la carpeta *Windows*, dentro de ésta se escoge la carpeta *CurrentVersion* y a su vez dentro de ésta la carpeta *Explorer* y se crea un nuevo registro de tipo *Valor de DWORD (32bits)* como se muestra en la figura 4.66.

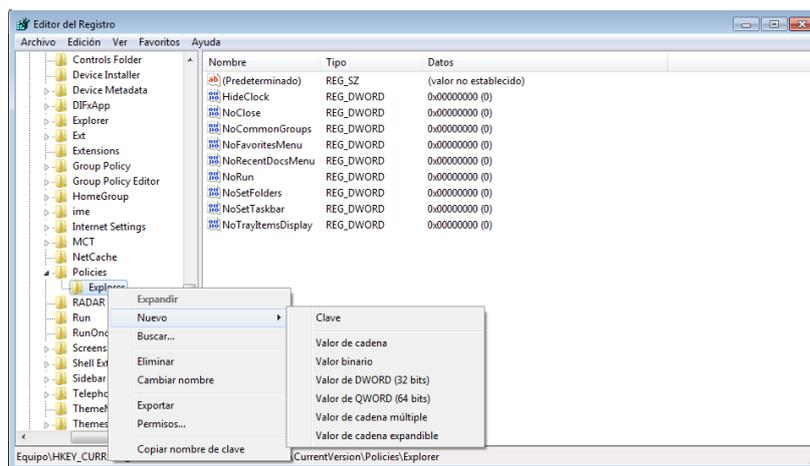
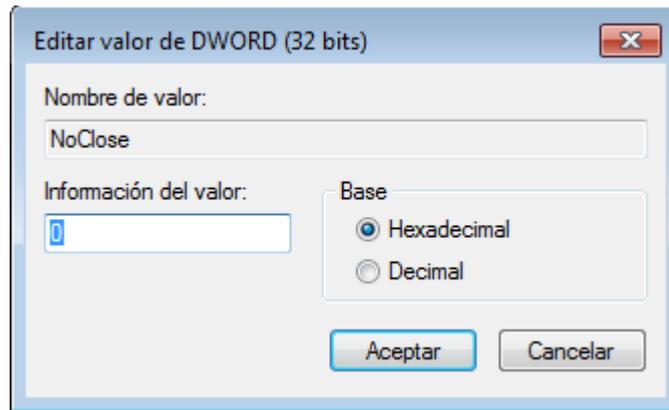


Figura 4.66 Creación de un Registro en Windows

3. Se le asigna un nombre en este caso sería *NoTrayItemDisplay* para ocultar los iconos de la barra de tareas y *NoClose* para ocultar la opción de apagado de la PC, y posteriormente se abre el nuevo registro creado y se le asigna un valor, tomando en cuenta que para activarlo debe estar en *1* y para desactivarlo en *0*, como se muestra a continuación (Fig. 4.67).



**Figura 4.67 Activación de un Registro de Windows**

Una vez que todas estas medidas de seguridad fueron puestas en marcha se procedió a realizar las pruebas de la Plataforma Remota 2010, para lo cual fue necesario dividir las en dos etapas, la primera de funcionamiento local y la segunda de funcionamiento remoto. A continuación se explica el procedimiento para las pruebas en cada una de las etapas:

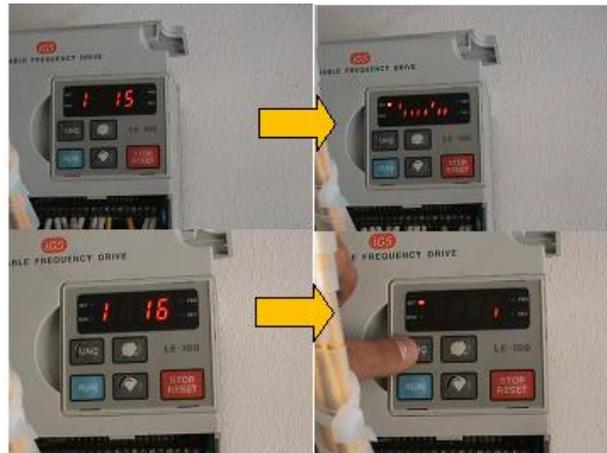
*Funcionamiento Local*

Par iniciar las pruebas de funcionamiento local fue necesario comprobar el enlace entre el Variador de Frecuencia con la PC y el Variador de Frecuencia con el PLC lo cual se pudo realizar a través de dos parámetros dentro del menú de Entradas/Salidas que brinda el LG iG5, los cuales son mostrados en la tabla 4.17.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VISUALIZA DISPLAY</b>	<b>RANGO</b>
I/O-15	Estado de los Bornes de Entrada	I15	00000000- 11111111 (bit set)
I/O-16	Estado de los Bornes de Salida	I16	0-1 (bit set)

**Tabla 4.17 Configuración de los Parámetros IO-15 y IO16**

A continuación se muestran los resultados de las conexiones a través de estos parámetros del LG iG5 (Fig. 4.68).



**Figura 4.68 Estado de Bornes de Entrada y Salida del LG iG5**

Como se observa en la figura anterior, todos los bits de entrada conectados se muestran activados así como también los de la comunicación con lo que se comprueba que las conexiones son correctas, sin embargo en dos ocasiones al encender el variador, este mostró un error con las siglas **HV** el cual significa que hay un error en el circuito de control del variador. Este mensaje puede estar vinculado con: error CPU, error EEPROM y error de cableado, fallo ventilador, deriva a tierra y sonda de temperatura averiada; que para este caso efectivamente había sido un error de cableado ya que dos cables de las conexiones entre el PLC y el Variador se habían desconectado.

Cada una de las siglas que pueden aparecer en el display del Variador de Frecuencia significa un error diferente y es muy importante poder corregirlo ya que de esto dependerá directamente su buen o mal funcionamiento, además se debe tomar en cuenta que puede estar en juego la integridad del usuario que esté haciendo la práctica de forma local, y por supuesto también de la plataforma. Después de haber identificado el error del variador y de corregirlo es necesario resetear los fallos que han ocurrido, para lo cual se puede realizar el siguiente procedimiento.

Existen 3 maneras de resetear el variador. El número de reintentos automáticos se inicializará cuando el usuario resetee el variador.

1. Reset utilizando la tecla [STOP/RESET] del teclado.
2. Reset cerrando los bornes RST-CM del bornero de control.
3. Cortando la alimentación de entrada del variador (OFF) y volviéndolo a alimentar (ON.)

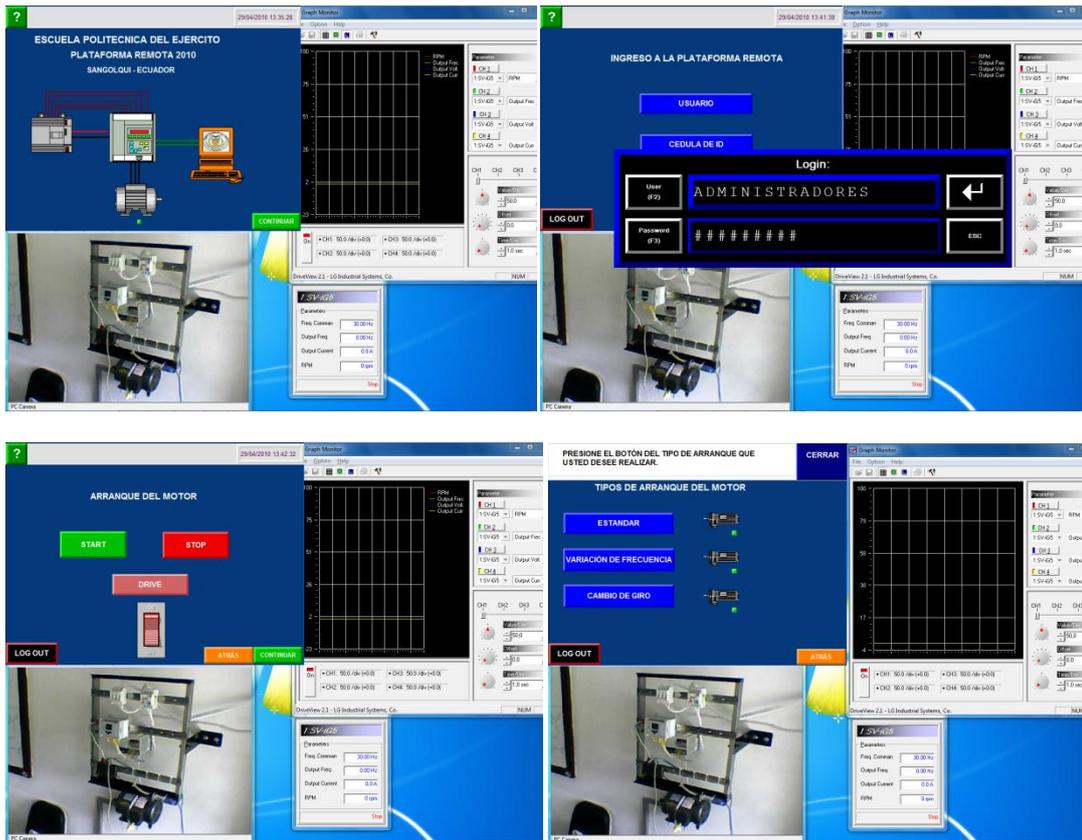
Adicionalmente al error que se produjo con el variador, también se produjo un error de comunicación entre el Software DriveView 2.1 y el conversor USB-Serial, ya que en el momento de arrancar el motor desde cualquiera de sus opciones, el programa desplegaba una ventana con un error de comunicación y posteriormente se cerraba; por lo que al realizar varias pruebas, cambiando la conexión desde el variador hacia el conversor RS485-RS232 y sustituyendo el conversor RS485-RS232; se pudo comprobar que el conversor USB-RS232 no funcionaba adecuadamente debido a que la versión de USB de éste es 2.0, por lo que fue necesario colocar en su lugar un conversor USB-RS232 de versión 1.0 haciendo la comunicación más robusta ya que la velocidad de transmisión de esta versión es menor y se acopla de mejor manera con el LG iG5.

Una vez que se han solucionado todas estas fallas que se han dado durante las pruebas de la plataforma remota 2010 se proceden a realizar las pruebas de forma local tomando en cuenta que una vez que el programa del PLC ha sido descargado en el controlador no se necesita volverlo a hacer, ya que cada tag del programa se encuentra enlazada con un botón específico del HMI que haga referencia a esa tag. De igual manera el HMI es ejecutado una sola vez pero su operación puede ser de forma continua y por distintos usuarios sin necesidad de volverlo a descargar, adicionalmente los colores de los botones utilizados en la elaboración del HMI están de acuerdo a la tabla 4.18.

<b>Color del Botón</b>	<b>Función del Botón</b>
Rojo	Parada de Emergencia/Salir
Anaranjado	Parada Estándar/Retroceder
Verde	Arranque/Continuar/Habilitar
Amarillo	Tipos de Arranque/Foco
Azul	Registro/Opción
Morado	Alarmas

**Tabla 4.18 Función de los Botones del HMI según los Colores**

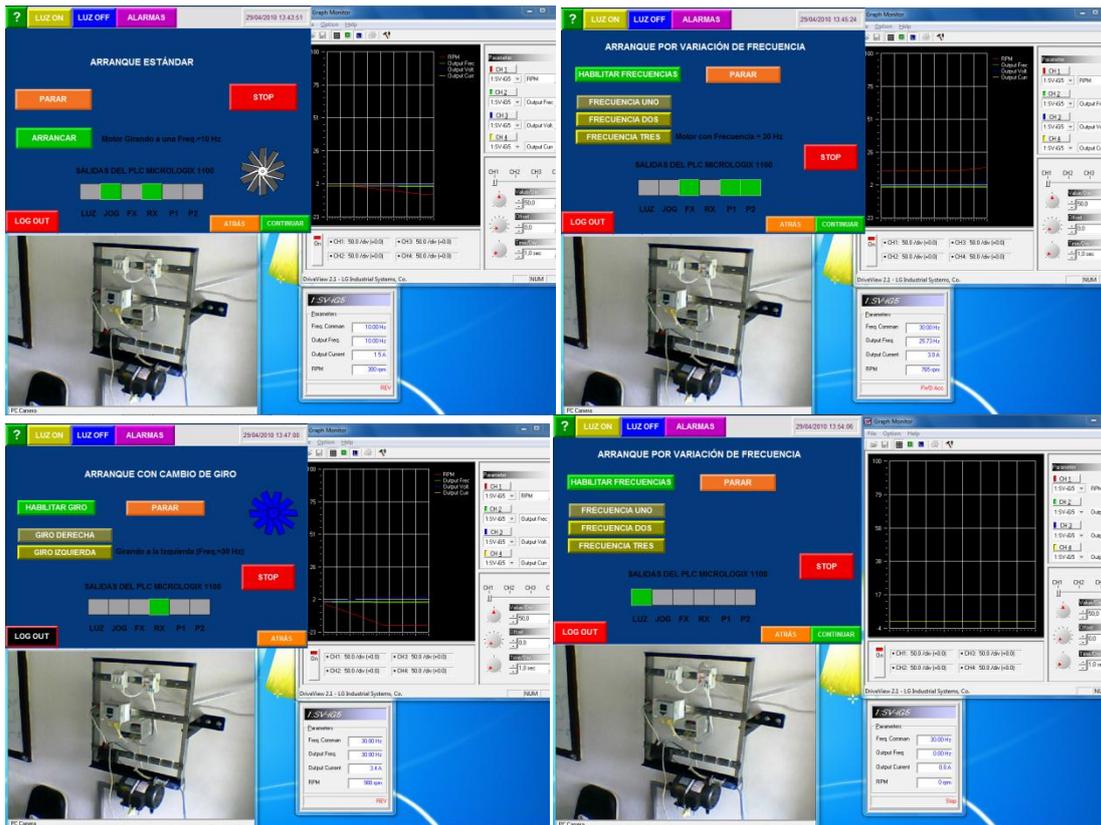
Se ocuparon todos estos colores y características de los botones ya que es una plataforma didáctica en la cual cada una de sus funciones debe ser identificada fácilmente por el usuario. A continuación se muestran las pruebas de funcionamiento del HMI y la cámara Web (Fig.4.69).



**Figura 4.69 Prueba de Funcionamiento de HMI y Cámara Web**

En esta figura se puede visualizar el funcionamiento del HMI, el cual tiene una secuencia muy comprensible para cualquier usuario, sin embargo en caso no comprender el procedimiento posee pequeñas ventanas de ayuda como se puede observar en la anterior figura, adicionalmente se comprobó que la resolución de la cámara web no es de 5 Mega Pixeles como se especificaba en sus características sino solo de 3 MP pero de igual manera brinda una buena resolución de tal manera que se pueda visualizar de forma clara el funcionamiento de la plataforma.

Posteriormente se realizaron las pruebas de funcionamiento del DriveView 2.1 como software de Monitoreo de la Plataforma Remota 2010, como se observa en la figura 4.70.



**Figura 4.70 Prueba de Funcionamiento del DriveView 2.1**

En esta figura se muestra el funcionamiento correcto del software ya que permite visualizar tanto en el monitor gráfico como en el monitor textual los cambios de frecuencia, corriente y RPM, además el software proporciona la alternativa de guardar las gráficas obtenidas en el monitor de tal manera que los estudiantes puedan realizar informes en base a la práctica realizada.

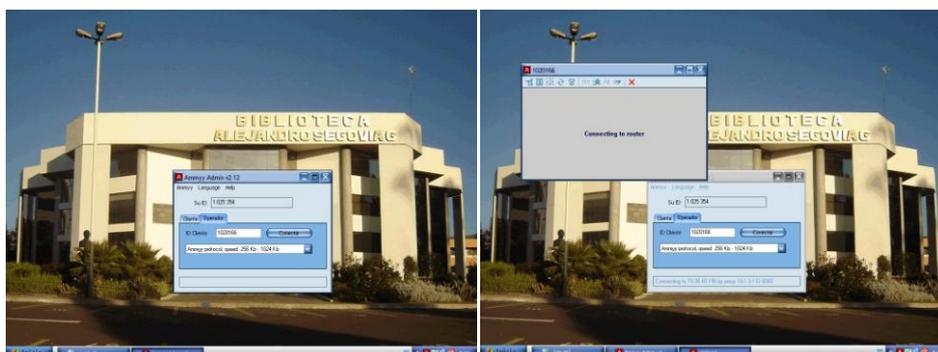
### Funcionamiento Remoto

Para empezar las pruebas del acceso remoto a la Plataforma-PC fue necesario comprobar que se pueda realizar el acceso desde el interior del DEEE, para lo cual se presentaron algunos inconvenientes ya que la dirección IP al inicio era estática pero debido a que no concordaba con su DNS y Gateway asignados de forma dinámica se requirió cambiar el tipo de dirección IP, de una dirección estática a la asignada dinámicamente, esto fue realizado por el Director de la Carrera de Redes ya que requería de un enmascaramiento hacia la dirección IP pública.

Una vez que fue asignada la dirección IP dinámica, el acceso remoto a la Plataforma-PC podía realizarse desde cualquier computadora que se encontrara dentro del DEEE, sin embargo para poder acceder remotamente desde un ordenador externo se requería que el puerto 3380 (Puerto de Acceso Remoto) estuviera abierto para que los estudiantes accedan desde sus hogares a la plataforma 2010, pero de acuerdo a reglamentos internos de la Unidad de Tecnologías de Información y Comunicaciones esto no era factible, debido a que este puerto se convertiría en un hueco de seguridad de tal manera que cualquier persona podría acceder a cualquier computadora de la Escuela Politécnica del Ejército, por lo que se optó por utilizar la página web [www.ammyy.com](http://www.ammyy.com) que permite acceder remotamente a cualquier computadora por medio del puerto 8080 (Puerto de Internet), y ofrece seguridad ya que tanto el cliente como el servidor poseen un código y solamente el cliente que posea el código y esté autorizado por el servidor, podrá realizar el acceso remoto; sin embargo la desventaja que posee esta página es que a pesar de que el acceso remoto es en tiempo real, posee un retardo que se debe a la velocidad de conexión del cliente, es por esto que se recomienda acceder desde una computadora que posea una conexión por lo menos de 300 Kbps para que pueda visualizarse correctamente el funcionamiento de la plataforma remota 2010.

Es necesario tomar en cuenta que todos los usuarios que deseen acceder a la plataforma remota deberán registrarse por medio del ID de su computadora, el cual es proporcionado por Ammyy Admin de tal manera que no necesiten ser autorizados por el servidor cada vez que requieran realizar la práctica.

A continuación se muestra (Fig. 4.71) la prueba del acceso remoto a la plataforma remota desde la Biblioteca Alejandro Segovia de la Escuela Politécnica del Ejército, el cual fue muy lento debido a la conexión.



**Figura 4.71 Conexión Remota a Plataforma-PC**

En esta figura se puede observar la creación del ID en la PC de la Biblioteca y posteriormente su conexión con la Plataforma-PC es decir con el ID **1020166**, la cual se realizó de forma muy rápida y sencilla. Finalmente la pantalla que se obtuvo al realizar el acceso remoto a la Plataforma Remota 2010 fue la siguiente (Fig. 4.72).

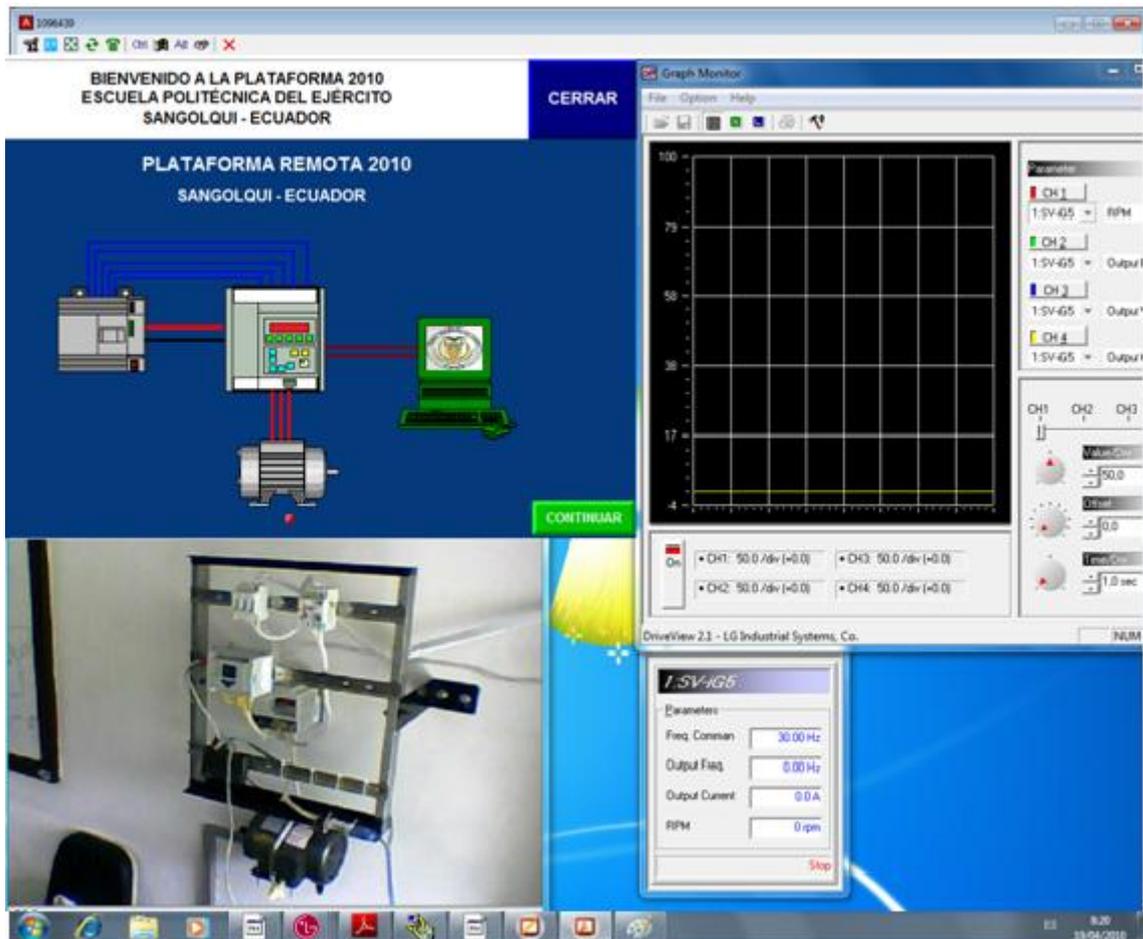


Figura 4.72 Pantalla de Acceso Remoto a Plataforma-PC

## **CAPITULO 5**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO**

#### **5.1 Análisis Económico**

El análisis económico permitirá establecer la factibilidad y rentabilidad del proyecto de fin de carrera denominado “Desarrollo e Implementación de una Plataforma Remota para el Control y Monitoreo del arranque de un motor trifásico vía Web”. En este análisis se detallan los costos totales estimados del proyecto, los cuales se desglosarán en costos indirectos y costos directos para la realización del proyecto, lo cual constituye la contabilidad de costos del mismo.

El sistema de contabilidad de costos se ocupa directamente del control de los inventarios, activos de planta y fondos gastados en actividades funcionales.

La contabilidad de costos se ocupa de la clasificación, acumulación, control y asignación de costos. Los costos pueden acumularse por cuentas, trabajos, procesos, productos u otros segmentos del negocio.

Los costos sirven, en general, para tres propósitos:

- Proporcionar informes relativos a costos para medir la utilidad y evaluar el inventario (estado de resultados y balance general).
- Ofrecer información para el control administrativo de las operaciones y actividades del proyecto (informes de control).
- Proporcionar información a la administración para fundamentar la planeación y la toma de decisiones (análisis y estudios especiales).

El sistema formal de la contabilidad de costos generalmente ofrece información de costos e informes para la realización de los dos primeros objetivos. Sin embargo, para los fines de planeación y toma de decisiones de la administración, esta información generalmente debe reclasificarse, reorganizarse y complementarse con otros informes económicos y comerciales pertinentes tomados de fuentes ajenas al sistema normal de contabilidad de costos.

### 5.1.1 Costos Indirectos

Los costos indirectos comprenden los gastos que no influyen directamente en el costo del diseño o la implementación de la Plataforma Remota 2010. Son aquellos servicios y suministros cuyo uso fue necesario para la realización del proyecto; el capital invertido en éstos se detalla a continuación.

Los servicios básicos utilizados en la elaboración de la plataforma remota no fueron en gran cantidad pero es necesario tomarlos en cuenta, de tal manera que se tenga un presupuesto muy aproximado al que realmente se requeriría en caso de implementar otra plataforma remota. En la siguiente tabla se detalla el capital invertido en servicios básicos (Tabla 5.1)

<b>Servicios</b>	<b>Costo Total</b>
Agua Potable	5
Energía Eléctrica	10
Comunicación	5
Total [USD]	<b>20</b>

**Tabla 5.1 Servicios Básicos**

Los materiales o suministros son los elementos básicos que se transforman en productos terminados a través del uso de la mano de obra y de los costos indirectos de fabricación en el proceso de producción.

Los materiales indirectos son los demás materiales o suministros involucrados en la producción del proyecto que no se clasifican como materiales directos. Los materiales indirectos son considerados como costos indirectos de fabricación.

Los suministros ocupados son elementos que indirectamente fueron necesarios en el diseño e implementación de la plataforma remota 2010

<b>MISCELÁNEOS - VARIOS</b>	
<b>Suministro</b>	<b>Costo Total [USD]</b>
Útiles de Oficina (Cd, Cinta Adhesiva, Tijeras)	5
Transporte	30
Internet	20
Impresiones y Copias	10
<b>Total</b>	<b>65</b>

**Tabla 5.2 Suministros**

### **5.1.2 Costos Directos**

Los costos directos o de contribución son aquellos realizados durante la ejecución del proyecto, y que forman parte del mismo.

Las características del Costo Directo son:

1. Son todos los costos del proyecto, de producción, distribución, administración y financiamiento, se dividen en 2 grupos: en fijos y variables.
2. Esta clasificación primaria en cuanto a la variabilidad de los costos se lleva a sus cuentas respectivas y no limita la obtención de datos estadísticos.
3. Solo se incorpora al costo de la unidad producida los costos variables de producción.
4. El costo directo de la producción es el que se utiliza para valuar los inventarios de materia prima, en proceso, del proyecto terminado.
5. Todos los costos fijos se llevan directamente a los resultados del proyecto en que se originan porque están en función del tiempo.
6. En el costo directo, el costo variable aplicado al producto no está en función del tiempo.

Los costos directos para este Proyecto de fin de Carrera representan los equipos y materiales utilizados en el diseño e implementación de la Plataforma Remota 2010, los

cuales fueron elementos fundamentales para su desarrollo. A continuación se detallan los costos directos de los elementos empleados en el presente proyecto.

#### 5.1.2.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Dentro de lo que compete al diseño de la Plataforma Remota 2010, no existieron costos directos ya que simplemente se requirió del ingenio y habilidad de programación y organización del estudiante que realiza el presente proyecto de fin de carrera, sin embargo en el caso de la implementación de la plataforma se requirieron varios equipos y materiales, los cuales se muestran a continuación.

#### ADQUISICIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO [USD]</b>	<b>VALOR TOTAL [USD]</b>
1	PLC Micrologix 1100 Allen Bradley	1	200,00	500,00
2	Variador de Frecuencia LG iG5	1	500,00	500,00
3	Motor Baldor 3545	1	200,00	200,00
4	Disyuntor	1	30,00	30,00
5	Cable Gemelo 12 AWG	1	1.04	1.04
6	Convertor Trendnet TU- S9	1	23,00	23,00
7	Porta Reflector Individual Negro	1	5.80	5.80
8	Convertor RS232-RS485	1	23,00	23,00
9	Switch	1	20,00	20,00
10	Amarras 15 cm Blancas	1	1.10	1.10
11	Cámara Web Xtratech de 5MP	1	16,00	16,00

12	Cinta Doble Faz	1	0,69	0,69
13	Regaton Adhesivo	4	0.49	0.49
14	Terminales Azules	50	0.056	2,80
15	Capuchones Amarillos	16	0,0788	1,25
16	Cable Conversor VGA RS232-RS485	1	14,00	14,00
17	Porta Fusibles 10x30 de 32A	3	1.98	5.94
18	Fusibles Cerámicos	3	0,30	0,90
19	Cable de Red de 1[m]	2	2,58	5,16
20	Taco Fisher	2	0,26	0,52
21	Pernos	2	0,26	0,52
22	Cinta Aislante	1	0,62	0,62
23	Canaletas de 3x1.24	2	1,86	3,72
	<b>1356,55</b>			

**Tabla 5.3 Materiales**

El costo total invertido en el proyecto de fin de carrera consta de los costos indirectos empleados en suministros y misceláneos, así como de los costos directos que para este caso son todos los equipos y materiales que intervienen en el proyecto; adicionalmente se suma el 5% a los costos directos e indirectos, y de la suma total de todas estas cantidades resulta el costo final del proyecto.

<b>1. COSTOS INDIRECTOS [USD]</b>	<b>85,00</b>
1.1. SUMINISTROS	20,00
1.2. MISCELÁNEOS	65,00
<b>2. COSTOS DIRECTOS [USD]</b>	<b>1056,55</b>
2.1. ADQUISICIÓN MATERIALES Y EQUIPOS	1056,55
<b>3. IMPREVISTOS (5% SUMA DE 1 Y 2)</b>	<b>57,07</b>

<b>4. TOTAL GENERAL [USD]</b>
-------------------------------

<b>1198,63</b>
----------------

**Tabla 5.4 Costos Totales**

#### 5.1.2.2 ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis financiero para el presente proyecto de fin de carrera posee un análisis costo beneficio de tal manera que se puede analizar el ahorro que se obtiene al realizar una plataforma remota en lugar de implementar un laboratorio real, adicionalmente posee un análisis de factibilidad y de criterios técnicos que posee el proyecto.

#### FINANCIAMIENTO

El financiamiento es el mecanismo por medio del cual una persona o una empresa obtienen recursos para un proyecto específico que puede ser adquirir bienes y servicios, pagar proveedores, etc.

Existen diferentes fuentes de financiamiento:

- Ahorros personales
- Fundaciones, Universidades que pueden prestar capital sin intereses o a tasas muy bajas.
- Bancos y uniones de crédito
- Inversionistas de riesgo.
- Empresas de capital de inversión.

Financiamiento a corto plazo:

- Créditos comerciales
- Créditos bancarios
- Pagarés
- Líneas de crédito
- Papeles comerciales
- Financiamiento por medio de cuentas por cobrar
- Financiamiento por medio de inventarios.

Financiamiento a largo plazo:

- Hipotecas
- Acciones
- Bonos

El financiamiento de este proyecto de fin de carrera, en un 75% fue realizado por el Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica del Ejército, mientras que el 30% fue asumido por la persona responsable del desarrollo del proyecto.

<b>FINANCIAMIENTO</b>	
<b>ENTIDAD</b>	<b>INVERSION [USD]</b>
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO	\$ 900,00
RESPONSABLE	\$ 278,63
<b>TOTAL [USD]</b>	<b>\$ 1198,63</b>

**Tabla 5.6 Financiamiento**

## RELACIÓN COSTO-BENEFICIO

El análisis de costo-beneficio es un término que se refiere tanto a una disciplina formal (técnica) a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos; o un planteamiento informal para tomar decisiones de algún tipo, por naturaleza inherente a toda acción humana.

Bajo ambas definiciones, el proceso involucra, ya sea explícita o implícitamente, un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos de una o más acciones con el fin de seleccionar la mejor opción o la más rentable. Muy relacionado, pero ligeramente diferentes, están las técnicas formales que incluyen análisis coste-eficacia y análisis de la eficacia del beneficio.

El coste-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse

bajo esta lógica, aquellos dónde los beneficios superan el coste son exitosos, caso contrario fracasan.

### Análisis Costo-Beneficio Realizado

El análisis de coste-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

La técnica de Análisis de Costo-Beneficio, tiene como objetivo fundamental proporcionar una medida de los costos en que se incurren en la realización de un proyecto informático, y a su vez comparar dichos costos previstos con los beneficios esperados de la realización de dicho proyecto.

El análisis costo beneficio se consideran entre valores de 0 y 10, asignándole:

- 0 baja factibilidad poca influencia en el proyecto.
- 10 alta factibilidad.

Con el análisis de factibilidad se considera el procesamiento de datos y se obtiene el índice de mérito relativo (IMR) del proyecto:

$$IMR = \frac{\sum (Ponderación \ de \ criterio \ de \ factibilidad * calificación)}{\sum (Ponderación \ de \ criterio \ de \ factibilidad * 10)} \quad (5.1)$$
$$IMR = \frac{\sum Total \ 1}{\sum Total \ 2}$$

Parámetros de calificación de factibilidad

Criterios de factibilidad técnica.

- Puntaje máximo: 10
- Ponderación Criterio de Factibilidad: 8

CRITERIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	TOTAL	TOTAL
	1	2	1	2
1. Probabilidad de éxito técnico	9	8	72	80
2. Propiedad Industrial	8	9	72	80
3. Posible Desarrollo Futuro	9	9	81	80
4. Tiempo Desarrollado	9	8	72	80
			Sumatoria	297
			<b>IMR</b>	<b>0,74</b>

**Tabla 5.7 Análisis de Factibilidad**

Según el análisis del cuantitativo del IMR se verifica la posibilidad técnica de la realización del proyecto se obtuvo un IMR= 74%.

Criterios financieros.

- Puntaje máximo: 10
- Ponderación Criterio de Factibilidad: 8

#### ANÁLISIS DE CRITERIOS TÉCNICOS

CRITERIO DE FINANCIEROS	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	TOTAL	TOTAL 2
	1	2	1	
1. Costos I + D	8	8	64	80
2. Inversión de	8	8	64	80

Fabricación				
3. Inversión del Proyecto	9	8	72	80
4. TIR	7	8	56	80
		Sumatoria	256	400
		<b>IMR</b>		<b>0,64</b>

**Tabla 5.8 Análisis de Criterio Técnico**

El presente proyecto es de costo relativamente moderado en la realización de la Plataforma Remota 2010, el proyecto es viable puesto que el mínimo % del IMR es del 20% y se tiene IMR de 64%, factibilidad comprobada.

Una vez realizado el análisis económico del proyecto de fin de carrera se pudo determinar sus principales ventajas:

- Los recursos requeridos para la implementación de una plataforma son menores a los necesarios en un laboratorio real.
- El costo de mantenimiento se reduce al menos en un 80% debido a que la cantidad de equipos utilizados es menor a los utilizados en un laboratorio real.

Por el contrario se pudo observar que la implementación de plataformas remotas presentan algunas desventajas:

- El desgaste de los elementos de la plataforma remota debido a que su trabajo es de forma continua.
- El costo del suministro de energía utilizado es alto ya que la plataforma requiere estar encendida permanentemente.
- El costo de reparación de la red y los perjuicios que se ocasionen en caso de que plataforma remota haya sido infiltrada sin autorización.

## **CAPITULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones en base a las pruebas y resultados obtenidos en el diseño e implementación de la Plataforma Remota 2010.

#### **5.1 CONCLUSIONES**

1. El diseño e implementación de la Plataforma Remota 2010 satisface todas las necesidades que los estudiantes requieren en su aprendizaje, ya que brinda la posibilidad de controlar y monitorear el comportamiento del motor Baldor MM3545 sin necesidad de la presencia de estudiantes y profesores lo que permite ahorrar todos los recursos que involucra realizar una práctica en un laboratorio real.
2. El diseño de la plataforma Remota 2010 está basado en la arquitectura referencial de las plataformas remotas, la misma que proporciona seguridad y eficiencia para el usuario, ya que posee un servidor que se encarga de administrar todas las redes y dispositivos físicos instalados de tal manera que los usuarios tengan acceso a la mayor cantidad prestaciones que la plataforma pueda brindar.
3. Se pudo concluir que a pesar de que el PLC Micrologix 1100 trabaja con el protocolo Ethernet IP y el Variador de Frecuencia LG iG5 con MODBUS-RTU,

estos fueron acoplados adecuadamente de tal manera que el control y monitoreo del motor sea completo.

4. El manejo del software de programación del PLC, así como el de su comunicación con la PC, es muy sencillo de tal manera que todas las ampliaciones adicionales que se requieran realizar posteriormente no presentarán mayor dificultad en cuanto a configuración ya que su interface es muy amigable y permite añadir varios dispositivos del mismo fabricante con lo que se podrían realizar un sinnúmero de mejoras a la Plataforma Remota 2010.
5. El protocolo de comunicación Ethernet/IP utilizado para la conexión entre el PLC y la PC es muy estable, de fácil conexión y no requiere ningún tipo de conversor lo que lo hace mucho más confiable y eficiente.
6. El lenguaje de programación del PLC Micrologix 1100 es de tipo Ladder, es decir en escalera, el cual es muy simple ya que está basado en contactos y es de fácil entendimiento debido a que cada una de las variables utilizadas en el programa de la plataforma se encuentran debidamente identificadas de acuerdo a su función, de tal manera que cualquier modificación que se desee realizar posteriormente se efectúe de forma rápida y sencilla.
7. Para poder utilizar el protocolo de comunicación MODBUS-RTU fue necesario utilizar dos conversores, el primero de RS-485 a RS-232 y el segundo de RS-232 a USB lo que ocasionaba que la comunicación sea interrumpida en lapsos de tiempo, debido a que se acoplan diferentes velocidades de transmisión, y por esta razón, fue necesario bajar la velocidad del software del variador, proporcionando mayor robustez a la comunicación.
8. Como se pudo comprobar por medio del análisis financiero, el diseño e implementación de una plataforma remota para cualquiera que sea su aplicación,

requiere menos recursos económicos comparados con todas las estaciones que se deberían implementar para proveer de los materiales y equipos necesarios para que todos los estudiantes puedan acceder a la práctica.

9. Los errores presentados durante las pruebas realizadas a la Plataforma Remota 2010 fueron ocasionados en la mayor parte por malas conexiones entre el PLC Micrologix 1100 y el Variador de Frecuencia LG iG5, sin embargo todos estos fueron corregidos a tiempo de tal manera que ninguno de los elementos de la plataforma se encuentre afectado.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Realizar la revisión y el mantenimiento correspondiente a los dispositivos y elementos de la Plataforma Remota 2010 de tal manera que se garantice el adecuado funcionamiento de la misma.
2. Se recomienda revisar periódicamente la conexión entre el variador de frecuencia LG iG5 y la PC de tal manera que no existan errores en el monitoreo de las variables de arranque del motor Baldor MM3545.
3. Es necesario registrar los estudiantes autorizados a realizar la práctica de tal manera que cuando deseen acceder a la Plataforma Remota 2010 no se presente ninguna restricción por parte del servidor, es decir de la Plataforma-PC.
4. Se recomienda que cada uno de los usuarios de la plataforma remota posea por lo menos una conexión superior a los 300Kbps, debido a que el acceso remoto se realiza a través del puerto 8080 que es de internet, por lo tanto, la página que

permite visualizar y manipular la plataforma depende directamente de la velocidad de conexión, ayudando a obtener una visualización del comportamiento del motor casi en tiempo real.

5. Es necesario que previo a la realización de la práctica con la plataforma, cada uno de los estudiantes tengan conocimiento de su funcionamiento y su correcto manejo, para lo cual se les proporcionará un manual de usuario.
  
6. En el caso de que se requiera sustituir el conversor RS-232 a USB es necesario tomar en cuenta que este debe trabajar con la versión 1.0 de USB ya que su transmisión de datos es más lenta y por lo tanto más robusta.