



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN ELETRICIDAD Y  
COMPUTACION**

**“DISEÑO, IMPLEMENTACION Y MONITOREO DE  
UN SISTEMA DIDACTICO BASADO EN EL  
CONTROL DE NIVEL DE UN TANQUE VIA RF,  
UTILIZANDO EL SCADA INTOUCH Y RSLOGIX500  
CON EL PLC MICROLOGIX 1200 DE ALLEN  
BRADLEY”**

**INFORME DE PROYECTO DE GRADUACION**

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO  
EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION ELECTRONICA Y  
AUTOMATIZACION INDUSTRIAL**

**JUAN CARLOS ORTEGA MARQUEZ**

**BYRON ANTONIO RIVERA SALAZAR**

**2009-2010**

# **AGRADECIMIENTO**

**PRINCIPALMENTE A DIOS, YA QUE NOS DIO VIDA Y SALUD.**

**A NUESTROS PADRES POR APOYARNOS EN LOS MOMENTOS MÁS DIFÍCILES DE NUESTRA ETAPA COMO ESTUDIANTES.**

**A NUESTROS HERMANOS POR SER NUESTRO EJEMPLO A SEGUIR CRECIENDO PROFESIONALMENTE.**

**A NUESTROS PROFESORES EN ESPECIAL AL ING. GUSTAVO BERMUDEZ Y AL ING. ALBERTO MANZUR POR SER QUIENES NOS APOYARON CON SU EXPERIENCIA EN EL ÁREA INDUSTRIAL.**

**BYRON ANTONIO RIVERA SALAZAR  
JUAN CARLOS ORTEGA MARQUEZ**

# **DEDICATORIA**

**A mis Padres  
Mesías Ortega  
Anita Márquez**

**A mi Tío  
Carlos Ortega**

**A mi hermana  
Mónica Ortega**

**A mis Amigos**

**Y en Especial a mi Familia**

**Mi Esposa Ángela Choez  
Y a Mi Hija Maysee Ortega**

**JUAN CARLOS ORTEGA MARQUEZI**

# **DEDICATORIA**

**Pensar que a inicios nunca me imagine llegar a culminar la etapa universitaria, por querer estudiar otra profesión, el cual me di cuenta que tenía solo un camino.**

**Esta tesis va dedicada a mis padres, Teresa y Ángel por su temple de soportarme, aconsejarme y apoyarme sin restricciones en toda esta larga etapa.**

**A mi hermana Geny por darme un techo a inicios de esta carrera y el empujón que recibí, a mis hermanos Richard y Holger quienes constantemente me alentaron y un ejemplo para ellos.**

**Finalmente a mi padre, Dios que a puesto a su hijo en este espacio de tiempo para realizar las tareas que me han encomendado y al niño divino por ayudarme cuando más lo necesite.**

**BYRON ANTONIO RIVERA SALAZAR**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACION



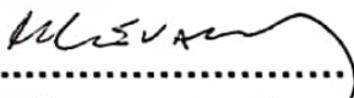
.....  
**Ing. Jorge Aragundi**  
Sub -Decano



.....  
**Ing. Alberto Manzur**  
Director de tesis



.....  
**Ing. Alberto Larco**  
Vocal Principal



.....  
**Ing. Holger Cevallos**  
Vocal Principal

## DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este proyecto, excepto en aquellas partes donde se anota explícitamente lo contrario, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



-----  
**Sr. Juan Carlos Ortega**



-----  
**Sr. Byron Rivera**

# RESUMEN

**Capítulo 1:** Se va a realizar un estudio de todos los componentes como son: variador de frecuencia, PLC, modulo analógico, sensor ultrasónico, módulos de transmisión RF, sus especificaciones técnicas, conexiones y aplicaciones que conforman la implementación del sistema didáctico.

**Capítulo 2:** Se va diseñar la estructura del tanque y reservorio, panel de control, circuito de control, fuerza, sistema de bombeo, dimensionamiento y acoplamiento de bomba, selección de tubería, válvulas, codos, uniones universales.

**Capítulo 3:** Se va a realizar la comunicación del PLC allen –bradley y el sistema scada intouch utilizando Rslinx , programación de PLC y configuración de expansor analógico u tilizando Rslogix500, descripción de bloques de programación, direccionamiento de entradas y salidas discretas, parametrizacion de variador de frecuencia.

**Capítulo 4:** Se va a realizar el diseño e implementación de los módulos de transmisión inalámbrica vía RF utilizando micro controladores 16F877, programación y grabado, antenas inalámbricas HM-TR /232, configuración de frecuencia utilizando el software HUAEW1 transceiver.

**Capítulo 5:** Se va a realizar el montaje de todos los componentes de control, conexión de pulsadores, luz piloto, selector, PLC, expansor analógico ,variador de frecuencia, contacto ,guarda motor, disyuntor, transformador de control, sensor ultrasónico y módulos de transmisión vía RF.

# INDICE GENERAL

## CAPITULO 1.- INFORMACION GENERAL Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DIDACTICO

1.1 Descripción del Proyecto .....	3
1.2 Componentes y Especificaciones Técnicas .....	5
1.2.1 Variador de Frecuencia POWER FLEX 4.....	5
1.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC) Micrologix 1200 .....	8
1.2.3 Módulos de transmisión RF .....	12
1.2.4 Fuentes Reguladoras +12Vdc,+5Vdc .....	14
1.2.5 Sensor Ultrasonico.....	15
1.2.6 Panel de Control .....	16
1.2.7 Motor y Bomba.....	17
1.2.8 Estructura Metálica.....	18
1.2.9 Tanque y Reservorio.....	19
1.2.10 Válvula Unidireccional .....	20
1.2.11 Válvula Mariposa.....	20

## CAPITULO 2.-DISEÑO DEL SISTEMA DIDACTICO

2.1 Componentes y Especificaciones técnicas.....	21
2.1.1 Estructura del Tanque y Reservorio .....	21
2.1.2 Estructura del Panel de Control.....	22
2.2 Diseño del Sistema Didáctico .....	24
2.2.1 Diseño del Circuito de Fuerza .....	24
2.2.2 Diseño del Circuito de Control .....	24
2.3 Diseño del Sistema de Bombeo .....	30
2.3.1 Tipo de Motor y Dimensionamiento .....	31
2.3.2 Selección de Bomba .....	33
2.3.3 Selección de Tuberías y Accesorios.....	34
2.4 Diseño de Pruebas.....	35

## CAPITULO 3.- SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO

3.1 Selección del PLC y Unidades de Periferia .....	37
3.1.1 Características del Micrologix 1200.....	37
3.1.2 Protocolo de Comunicación .....	38
3.1.3 Expansor Analógico IF2OF2.....	40
3.1.4 Descripción de Entradas / Salidas .....	40
3.1.5 Lenguaje de Programación .....	41

<b>3.2 Software de Comunicación con PLC .....</b>	<b>41</b>
3.2.1 Configuración del Micrologix 1200 utilizando el RsLogix 500... ..	41
3.2.2 Configuración RsLinx .....	41
3.2.3 Creación de Programa.....	42
<b>3.3 Introducción al Control PID .....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Representación del Bloque de Función PID .....	51
3.3.2 Parametrización del Bloque PID .....	54
<b>3.4 Descripción del Programa de Visualización INTOUCH .....</b>	<b>55</b>
3.4.1 Características.....	55
3.4.2 Administración de Variables.....	55
3.4.3 Diseño de Pantallas .....	56
3.4.4 Comunicación con Allen-Bradley.....	58
<b>3.5 Menú del Variador de Frecuencia Power Flex 4 .....</b>	<b>59</b>
3.5.1 Parametrización del Variador.....	59
3.5.2 Código de Falla.....	60
<b>3.6 Sensor Ultrasónico .....</b>	<b>61</b>

## **CAPITULO 4.- MICROCONTROLADOR 16F877 Y MODULOS DE TRANSMISION RF MODEM-RS232**

<b>4.1 Micro controlador .....</b>	<b>63</b>
4.1.1 Arquitectura.....	63
4.1.2 Descripción General.....	64
4.1.3 Características.....	68
<b>4.2 Tipos de Software .....</b>	<b>74</b>
4.2.1 Programadores para PIC .....	74
4.2.2 Instalación y Configuración PIC IC-PRO Vers 1.05.....	74
4.2.2.1 Instalación del Software Programador .....	76
4.2.2.2 Grabando el PIC IC-PRO.....	76
<b>4.3 Lenguaje de Programación para PIC.....</b>	<b>80</b>
4.3.1 MicroCode Studio .....	80
4.3.2 Características Principales MicroCode Studio .....	81
4.3.3 Pantallas de MicroCode Studio.....	81
4.3.4 Descripción de los Componentes MicroCode Studio.....	82
<b>4.4 Modulo de Transmisión RF MODEM-RS232.....</b>	<b>82</b>
4.4.1 Instalación y Configuración del Software HUAEW1 .....	83
transceiver Demo software v1.02	
4.4.2 Configuración de Canales por Set de Transmisión .....	84
<b>4.5 Programación del Circuito PIC 16F877.....</b>	<b>86</b>
4.5.1 Programación Emisor.....	86
4.5.2 Programación Receptor.....	87
4.5.3 Conexiones de Módulos RF con PIC 16F877.....	89

## **CAPITULO 5.-ENSAMBLAJE, PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES**

<b>5.1 Instalación del Sistema de Transmisión RF con el sensor .....     Ultrasónico</b>	<b>90</b>
<b>5.2 Montaje y Conexiones de Componentes de Control .....</b>	<b>92</b>
5.2.1 PLC Micrologix 1200 Allen Bradley .....	92
5.2.2 Expansor Analógico IF2OF2.....	94
5.2.3 Variador Power Flex 4.....	95
5.2.4 Sensor Ultrasónico UM30 13113 .....	96
<b>5.3 Acoplamiento de Motor y Bomba .....</b>	<b>97</b>
5.3.1 Piezas de Acoplamiento .....	97
<b>5.4 Conexión de Tuberías.....</b>	<b>99</b>
5.4.1 Codos.....	99
5.4.2 Válvula Mariposa.....	99
5.4.3 Válvula Unidireccional.....	100
5.4.4 Sistema Contra Turbulencia .....	100
<b>5.5 Conexión de Protecciones.....</b>	<b>101</b>
5.5.1 Guardamotor.....	101
5.5.2 Disyuntor.....	101
<b>5.6 Mediciones Experimentales .....</b>	<b>102</b>
5.6.1 Alcance a Transmitir .....	102
5.6.2 Análisis de Resultados.....	104
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>129</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Cable de comunicación 1761-CBL-PM02.....	4
Figura 1.2 Bloque de terminales de control .....	5
Figura 1.2 a Bloque de terminales de potencia .....	7
Figura 1.2 b Conexión a tierra .....	7
Figura 1.2 c Partes de hardware .....	8
Figura 1.2 d Bloque de terminales de entradas y salidas.....	9
Figura 1.2 e Diagrama de cableado de entradas .....	10
Figura 1.2 f Diagrama de cableado de salidas .....	11
Figura 1.2.2 a Terminales de expansor analógico IF2OF2 .....	11
Figura 1.2.2 b Micro switch de expansor analógico IF2OF.....	12
Figura 1.2.3 Módulos de transmisión RF HM-TR /RS-232.....	12
Figura 1.2.3 b Configuración de pines .....	13
Figura 1.2.4 Fuente reguladoras 12 Vdc y 5 Vdc .....	14
Figura 1.2.4 b Fuente reguladora 5 Vdc .....	14
Figura 1.2.5 Escaneo de sensor ultrasónico um30 13113 .....	15
Figura 1.2.5 a Configuración de pines um30 13113.....	16
Figura 1.2.6 Panel de control .....	16
Figura 1.2.7 Motor y Bomba .....	17
Figura 1.2.8 Estructura metálica .....	18
Figura 1.2.9 Tanque estructura de cristal.....	19
Figura 1.2.9 b Reservorio estructura de cristal.....	19
Figura 1.2.10 Válvula unidireccional .....	20
Figura 1.2.11 Válvula mariposa .....	20
Figura 2.1.1 Estructura de tanque y reservorio .....	21
Figura 2.1.2 Estructura de panel de control .....	22
Figura 2.1.2b Panel de control .....	23
Figura 2.3 Diseño del sistema de bombeo .....	30
Figura 2.3.3 a Selección de tuberías .....	34
Figura 2.3.3 b Selección de accesorios.....	34
Figura 2.3.4 Circuito emisor .....	35
Figura 2.3.4 b Circuito receptor .....	35
Figura 2.3.4 c Implementación en protoboard del circuito emisor .....	36
Figura 2.3.4 d Monitoreo del circuito emisor.....	36
Figura 3.2.2 a Configuración de Rslinx .....	42
Figura 3.2.2 b Protocolo de comunicación.....	42
Figura 3.2.3 Direccionamiento de Entradas/Salidas Discretas .....	46
Figura 3.3.1 Bloque PID en RsLogix500.....	53
Figura 3.3.2 Ventana de configuración de parámetros del bloque PI .....	55
Figura 3.4.2 Administración de variables.....	56
Figura 3.4.2 b Selección de variable .....	56
Figura 3.4.4 Comunicación de Intouch con Rslinx .....	59

Figura 3.6 Pasos para la calibración del Sensor .....	62
Figura 4.1 Diagrama de un sistema micro controlador.....	63
Figura 4.1 b Representación en bloques del microcontrolador.....	63
Figura 4.1.1 Arquitectura Von Neumann.....	64
Figura 4.1.1 b Arquitectura Harvard.....	64
Figura 4.1.2 b Pic17F877A.....	67
Figura 4.1.3 Pines del PIC16F877A.....	68
Figura 4.1.3 b Mapa de la memoria de programa y STACK del PIC.....	71
Figura 4.1.3 c Organización de la memoria de datos.....	73
Figura 4.2.2 Ventana de descarga del Ic-prog .....	75
Figura 4.2.2 b Ventana de programas a descargar.....	75
Figura 4.2.2.2 Ventana del Ic-prog.....	76
Figura 4.2.2.2 b Selección del archivo.hex.....	77
Figura 4.2.2.2 c Descripción de elementos de Ic-prog.....	78
Figura 4.2.2.2 d Iconos de Ic-prog usados para grabar en el PIC.....	78
Figura 4.2.2.2 e Mensaje de ERROR al grabar en el PIC.....	79
Figura 4.3.3 Partes de Microcode Studio.....	81
Figura 4.4 Módulos de transmisión RF.....	83
Figura 4.4.1 Pantalla del Software Huawei.....	84
Figura 4.4.2 Conexión TTL con PC del modulo RF.....	84
Figura 4.4.2 b Conexión RS232 con PC del modulo RF .....	85
Figura 4.4.2 c Parámetros y Monitoreo del Emisor.....	85
Figura 4.5.3 Conexión del PIC 16f877A con Tx y R .....	89
Figura 5.1 Diagrama de conexión del DAC 0808.....	91
Figura 5.1 b Circuito impreso de Emisor RF.....	91
Figura 5.1 c Circuito impreso Receptor RF.....	92
Figura 5.2.1 Dimensiones de PLC Micrologix 1200 Allen Bradley.....	92
Figura 5.2.1 b Conexión de PLC Micrologix 1200 Allen Bradley .....	93
Figura 5.2.2 Dimensiones Expansor Analógico IF2OF2.....	94
Figura 5.2.2 b Conexión de Expansor Analógico IF2OF2.....	94
Figura 5.2.3 Dimensiones de Variador Power Flex 4.....	95
Figura 5.2.3 b Conexión del relay de control.....	95
Figura 5.2.3 c Conexión de Variador Power Flex 4.....	96
Figura 5.2.4 Imagen de ubicación del sensor SICK UM3013113.....	96
Figura 5.2.4 b Característica de salida decreciente.....	97
Figura 5.3 Acoplamiento de ejes Motor y Bomba con matrimonio.....	98
Figura 5.3 b Imagen de la succión y expulsión de la bomba.....	98
Figura 5.4.1 Instalación de codos del sistema de succión.....	99
Figura 5.4.1b Instalación de codos del sistema elevación .....	99
Figura 5.4.2 Instalación de Válvula Mariposa , unidireccional.....	100
Figura 5.4.4 Sistema Contra Turbulencia .....	101
Figura 5.5.1 Conexión de Guardamotor.....	101
Figura 5.5.2 Conexión de Disyuntor.....	102

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Conexión de puerto DIN-9 a RS-232.....	4
Tabla 1.2 Descripción de bornes de control.....	6
Tabla 1.2b Grupo de terminales entradas.....	9
Tabla 1.2c Grupo de terminales salidas.....	10
Tabla 1.2.3 Configuración de pines.....	13
Tabla 3.2.3 Direccionamiento de Entradas/Salidas Analógicas.....	47
Tabla 3.3.2 ganancia estándar.....	54
Tabla. 3.6 Características del Sensor UM 30 -13113.....	62
Tabla 4.1.3 Selección de Bancos.....	72
Tabla. 5.6.1 Tabla de mediciones RF a bajo voltaje.....	102
Tabla. 5.6.1 b Tabla de mediciones RF a alto voltaje.....	103
Tabla. 5.6.1 c Tabla de resultados generales del sistema.....	103

# INTRODUCCION

Hoy en la actualidad con el avance de la tecnología la Ingeniería se ha visto en la necesidad de ayudarse de la existencia de nuevos dispositivos de control como son PLC, Variadores de Frecuencia, Transmisores, Sensores, Actuadores neumáticos, electro neumáticos etc. utilizados para la automatización de procesos industriales de tal forma que su secuencia productiva sea más eficiente.

La mayoría de las industrias al implementar nuevos proyectos toman en cuenta como principal factor la economía; para lo cual se estudia la forma de economizar mas, esto nos a llevado a la investigación completa para un sistema didáctico en el control de nivel de un liquido cualquiera que sea.

El control de nivel de un tanque puede ser discreto o proporcional; siendo el proporcional más exacto y a la vez el más caro al momento de ser implementado, ya que está diseñado de tal forma que la cantidad de dispositivos a utilizar son más, ocasionando más costos.

El sistema didáctico en el control de nivel que nosotros hemos diseñado está basado en un tanque de cristal, el cual va a tener un orificio en la tapa superior donde se va a colocar el sensor ultrasónico el cual va a transmitir la señal analógica de corriente (4-20mA) a un emisor; ya que esta transmisión no va a contar con cables sino mediante transmisión RF.

La señal analógica de corriente que sale del tanque de cristal enviado por el emisor llega al receptor vía RF, el cual está ubicado en el panel de control; donde va a ingresar a un modulo de expansión analógico configurado para señal de corriente. Este expansor esta comunicado con el PLC, generando una señal de salida analógica de voltaje (0-10 Vdc) mediante el expansor la cual va a transmitir a un variador de frecuencia, cambiando así la velocidad del motor que esta acoplado a la bomba.

De esta manera podremos controlar la velocidad de la bomba y por lo tanto el caudal evitando que sobrepase el nivel seleccionado por el operador (setpoint), finalizando el lazo de control.

La perturbación no puede ser olvidada en un lazo de control, que en este caso sería el consumo; y está ubicada en la parte inferior del tanque de cristal, la cual está conectada a un reservorio de cristal a través de una válvula manual.

Este reservorio de cristal nos sirve de almacenador de líquido y a la vez de abastecedor para la bomba, generando una recirculación de proceso.

Este proceso lo vamos a controlar de dos puntos como son el modo manual a través del panel de control y el automático a través del PLC conectado a un SCADA INTOUCH a través del cual se puede monitorear el proceso.

En nuestro panel de control contaremos con pulsadores, selector, variador de frecuencia, PLC, guardamotor, módulo de recepción de señal vía RF, transformador de control, fusibles, borneras.

En el sistema manual contaremos con un pulsador marcha para encender la bomba; en el cual necesitaremos arrancar el variador de frecuencia. Se utilizará un rele de 8 pines para el enclavamiento.

También se utilizará un pulsador paro para detener la bomba en caso de que llegue a su nivel máximo. En este sistema el PLC queda aislado de la parte de control, quedando de esta manera listo para mantenimiento si el caso lo requiriera.

En el sistema automático nuestro PLC va a estar encargado de controlar el nivel deseado; por medio de un bloque de programación como es el bloque PID. Este bloque va a tomar la señal de corriente proveniente del sensor ultrasónico: ya hecho el escalamiento respectivo, para luego ser analizada por el bloque PID; generando una señal que contrarresta su cambio.

Nuestro sistema didáctico va a ser parametrizado de tal forma que cuando la columna de líquido llegue a su setpoint la salida de corriente analógica (4-20mA) del expansor analógico proveniente del PLC va a cambiar su frecuencia; de tal forma que va a disminuir su caudal controlando de esta manera el nivel deseado.

# CAPITULO 1

## 1.-INFORMACION GENERAL Y ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DIDACTICO

### 1.1 Descripción del Proyecto

Nuestro proyecto consiste en diseñar, implementar y monitorear un sistema de control de nivel; en nuestro caso vamos a controlar el nivel de agua. Para lo cual vamos a comenzar con el diseño de una primera estructura metálica en el cual va estar ubicado el tanque de cristal de 1 metro de altura en la parte superior , y el reservorio de 40cm de altura en la parte inferior .La bomba centrifuga va a estar sobre el reservorio, y el sensor ultrasónico, transmisor de RF y fuente 12Vdc sobre el tanque de cristal.

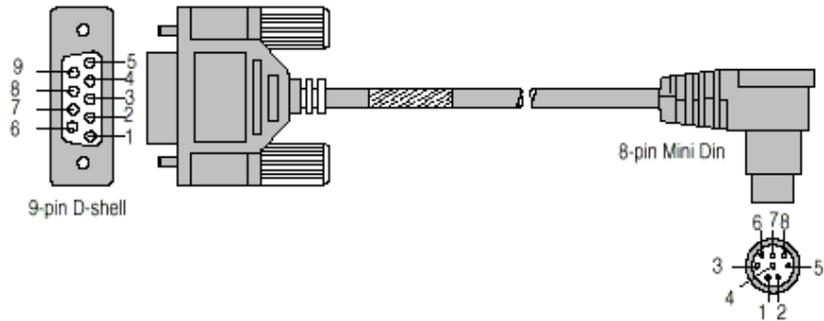
En la segunda estructura vamos a colocar un panel de control el cual va a tener un PLC Micrologix 1200 de Allen-Bradley, Expansor Analógico IF2OF2, Variador Power Flex 4 de Allen-Bradley, Guarda motor, modulo de RF( receptor) ,transformador de control, fuente 12 y 5 Vdc, pulsadores, luz piloto, selector 3 posiciones , seccionadores, borneras.

El control de nivel de nuestro sistema didáctico lo vamos a controlar utilizando un PID programado en el PLC de tal formar que al ingresar la señal del sensor ultrasónico (4 a 20mA equivalente de 0 a 80 cm ) proveniente del tanque de cristal, esta señal será comparada con el setpoint ya establecido por el usuario De esta manera generara una señal de salida (0 a 10Vdc), que estará conectada en la entrada analógica del variador ya que de esta manera controlaremos el caudal variando la frecuencia.

Todo este proceso lo vamos a monitorear mediante un sistema scada ,en nuestro caso utilizaremos intouch ,en el cual controlaremos el nivel del liquido, variando su setpoint.

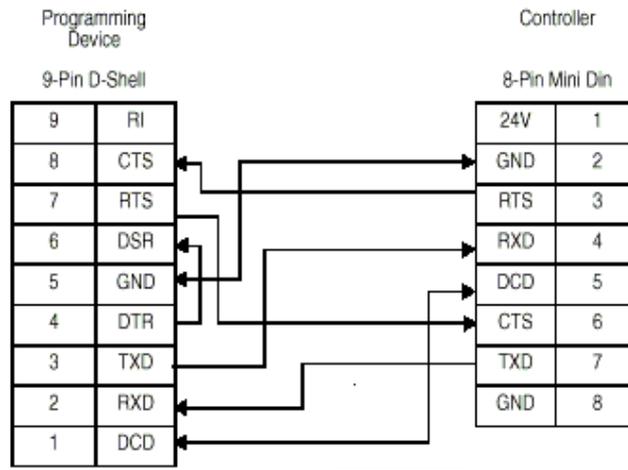
La comunicación entre el PLC y el CPU lo haremos mediante un cable de comunicación 1761-CBL-PM02 tal como se ve en la figura 1.1.

➤ **CABLE DE COMUNICACIÓN 1761 -CBL-PM02**



**Figura 1.1**

➤ **TABLA DE CONEXIÓN DE PUERTO DIN-9 A RS-232**



**Tabla 1.1**

Es necesario saber que el protocolo por el cual vamos a manejar la comunicación es **DF1 Full-Duplex**

El **protocolo DF1 Full-Duplex** (llamado también protocolo DF1 punto a punto), es útil cuando se requiere comunicación RS-232 punto a punto.

Este tipo de protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones. El protocolo DF1 controla el flujo de mensajes, detecta y señala errores y efectúa reintentos si se detectan errores

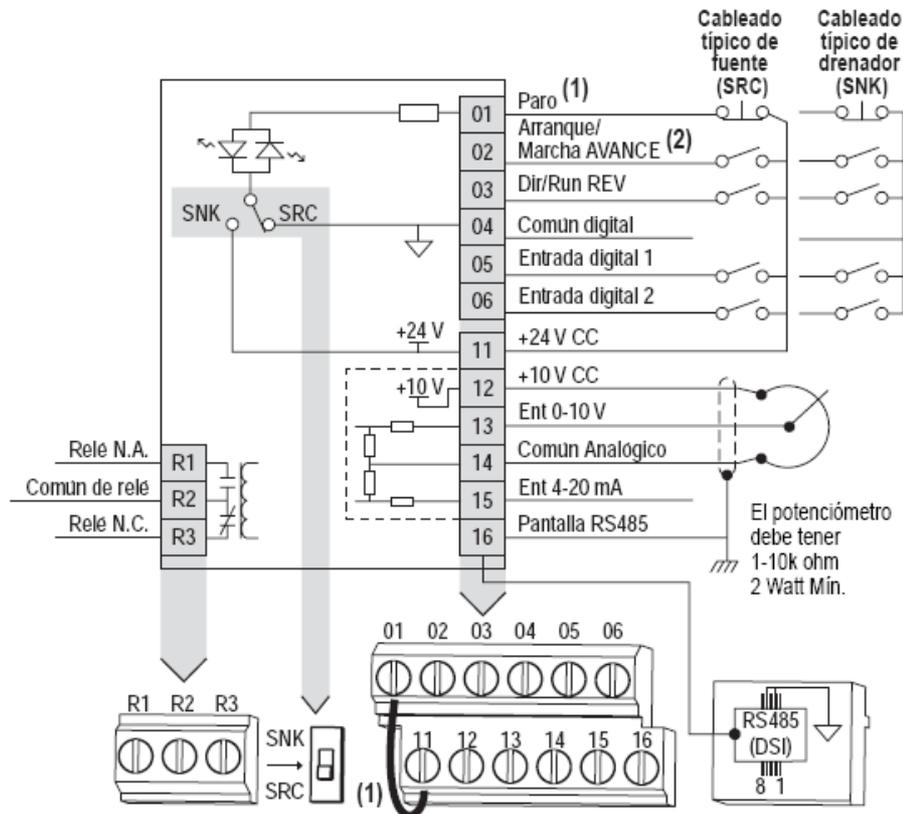
## 1.2 Componentes y Especificaciones Técnicas

### 1.2.1 Variador de Frecuencia POWER FLEX 4

El variador de frecuencia power flex4 siendo un variador con capacidad para motores hasta de 5 Hp de potencia, puede ser conectado con alimentación monofásica o trifásica como se puede ver en la tabla 1.2a.

#### ➤ BLOQUE DE TERMINALES DE CONTROL

Su boque de terminales de control está diseñado internamente como se muestra en la figura 1.2



**Figura 1.2**

Es importante saber que el puente del borne 01 al borne 11 viene dado de fábrica, es necesario quitar este puente para habilitar un paro externo utilizando un relay en el sistema de control.”

Cuando se programa la configuración a dos hilos utilizamos los bornes 01 para **paro** y el borne 02 para **marcha**. Si utilizamos la configuración a tres hilos, utilizamos los bornes 01 para Paro ,02 para Marcha y el borne 03 para Inversión de Giro.

Se puede apreciar la descripción de cada **borne de control** en la siguiente tabla 1.2

➤ **DESCRIPCION DE BORNAS DE CONTROL**

No.	Señal	Valor Predeterminado	Descripción	Parám.
R1	Relé N.A.	Fallo	Contacto normalmente abierto para el relé de salida.	A055
R2	Común de Relé	–	Común para relé de salida.	
R3	Relé N.C.	Fallo	Contacto normalmente cerrado para el relé de salida.	A055
Microinterruptor de Drenador/Fuente		Fuente (SRC)	Las entradas se pueden cablear como Drenador (SNK) o Fuente (SRC) mediante ajustes de los microinterruptores.	
01	Paro <sup>(1)</sup>	Inercia	Es necesario que esté presente un puente de conexión instalado en fábrica o una entrada normalmente cerrada para que arranque el variador.	P036 <sup>(1)</sup>
02	Arranque/Marcha AVANCE	No está Activo	El comando proviene del teclado integral por defecto. Para deshabilitar la operación en reversa, consulte A095 [Inver Deshab.].	P036, P037
03	Dir/Run REV	No está Activo		P036, P037, A095
04	Común Digital	–	Para entradas digitales. Electrónicamente aislado con entradas digitales de E/S analógicas.	
05	Entrada Digital 1	Frec presel	Programa con A051 [Sel. ent digit 1].	A051
06	Entrada Digital 2	Frec presel	Programa con A052 [Sel. ent digit 2].	A052
11	+24 V CC	–	Potencia provista por el variador para las entradas digitales. La corriente máxima de salida es de 100 mA.	
12	+10 V CC	–	Alimentación eléctrica provista por el variador para el potenciómetro externo de 0-10 V. La corriente máxima de salida es de 15 mA.	P038
13	Ent 0-10V <sup>(3)</sup>	No está Activo	Para alimentación externa de entrada de 0-10 V (impedancia de entrada = 100k ohm) o limpiador de potenciómetro.	P038
14	Común Analógico	–	Para Ent 0-10V o Ent 4-20mA. Electrónicamente aislado con entradas analógicas de E/S digitales.	
15	Ent 4-20mA <sup>(3)</sup>	No está Activo	Para alimentación externa de entrada de 4-20mA (impedancia de entrada = 250 ohm).	P038
16	Pantalla RS485 (DSI)	–	Al usar el puerto de comunicaciones RS485 (DSI) deberá conectarse el terminal a la tierra de seguridad.	

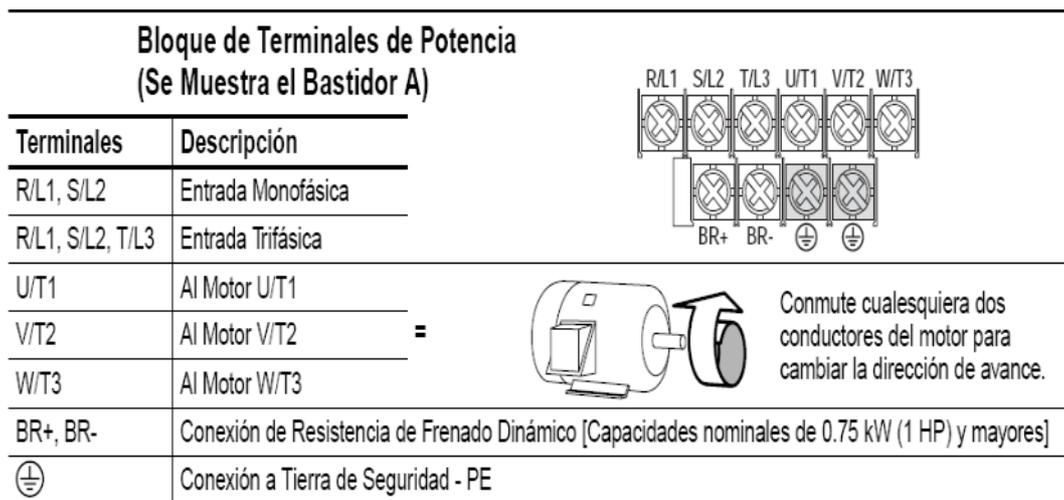
**Tabla 1.2**

➤ **BLOQUE DE TERMINALES DE POTENCIA**

El variador power flex 4 puede ser conectado con alimentación monofásica o trifásica.

Al ser conectado monofásicamente su potencia no va llegar al máximo de su capacidad, llegando a un 60% de su potencia; pero si se conecta trifásicamente va a llegar a un 100% de su potencia.

En la siguiente figura 1.2a se puede ver la conexión de Fuerza.



**Figura 1.2a**

➤ **CONEXIÓN A TIERRA**

Es necesario tener todos los equipos aterrizados a tierra para evitar que se queden electrizados como vemos en la siguiente

figura1.2b

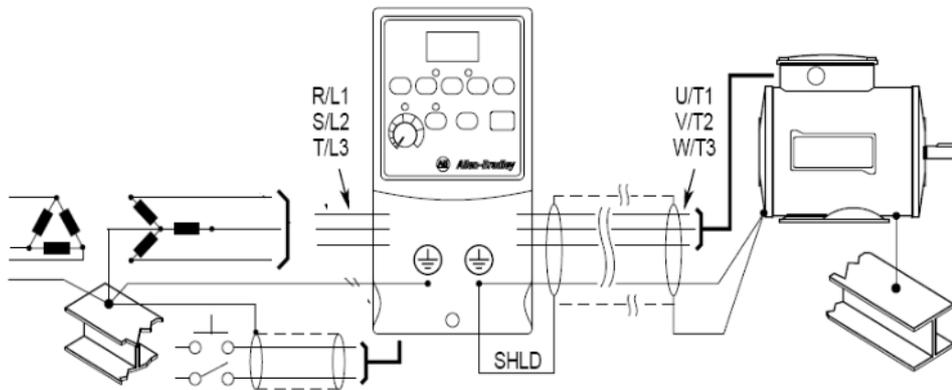


Figura 1.2b

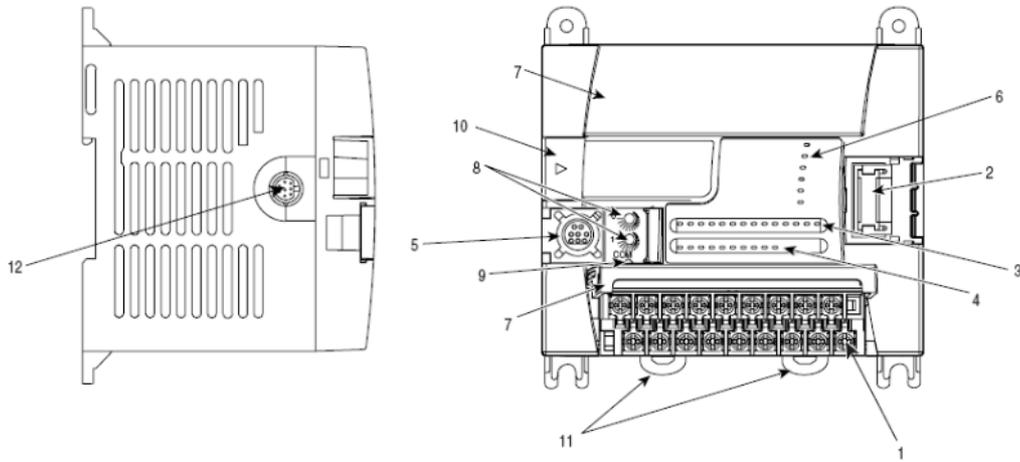
### 1.2.2 Controlador Lógico Programable (PLC) Micrologix 1200

El controlador lógico programable micrologix 1200 L24 AWA no contiene fuente de alimentación, circuitos de entradas, salidas y un procesador. El controlador contiene 24 I/O de alimentación 110Vac.

#### ➤ Partes de Hardware

- 1.- Bloque de terminales (SALIDAS DISCRETAS)
- 2.-Interfaz de Conector bus para expansores E/S
- 3.-Leds de entradas.
- 4.-Leds de salidas
- 5.-Puerto de comunicación DIN 9
- 6.-Led de estado
- 7.-Puertas de terminales y etiquetas
- 8.-Potenciómetros canales 0 - 1
- 9.-Boton pulsador de comunicación
- 10.-Puerto de modulo de memoria
- 11.- Sujetadores de riel DIN
- 12.-Puerto de programación HMI

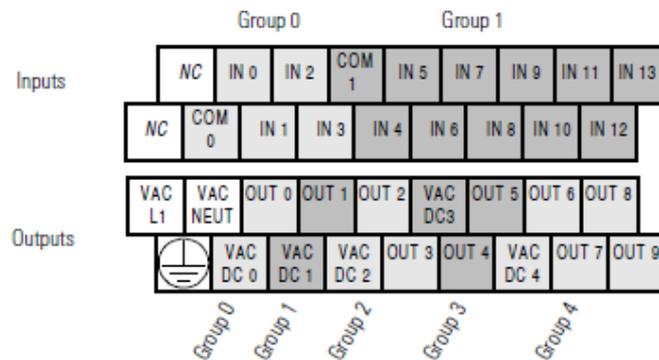
Estas partes se puede ver en la siguiente figura 1.2c



**Figura 1.2c**

El bloque de terminales de entradas y salidas del Micrologix 1200 modelo L24 AWA esta conformada como se muestra en la figura 1.2d.

Modelo 1762-L24 AWA Y 1762-L24 AWAR



**Figura 1.2d**

En este modelo podemos darnos cuenta que esta conformada por 13 entradas y 10 salidas.

El voltaje para señal de entrada es de 110Vac y el voltaje para la señal de salida puede ser para bobina de 110Vac en alterna o para bobina de 24Vdc en continua.

➤ **Grupo de terminales**

Los terminales de entradas como salidas tienen sus agrupaciones como se muestra en la siguiente Tabla 1.2b y Tabla 1.2c

**Grupo de Entradas**

CONTROLADOR	ENTRADAS		
	Grupo Entradas	Terminal Comun	Terminal Entradas
1762-L24AWA 1762-L24AWAR	Group 0	AC COM 0	I/0 through I/3
	Group 1	AC COM 1	I/4 through I/13

**Tabla 1.2b**

**Grupo de Salidas**

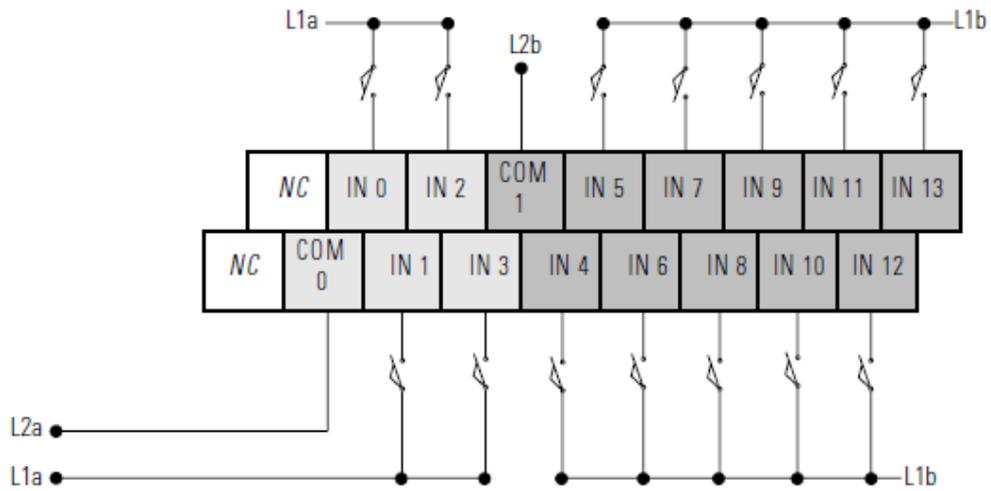
CONTROLADOR	SALIDAS		
	Grupo Salida	Terminal Voltaje	Terminal Salida
1762-L24AWA 1762-L24AWAR	Group 0	VAC/VDC 0	O/0
	Group 1	VAC/VDC 1	O/1
	Group 2	VAC/VDC 2	O/2 through O/3
	Group 3	VAC/VDC 3	O4 through O/5
	Group 4	VAC/VDC 4	O/6 through O/9

**Tabla 1.2c**

➤ **Diagrama de Cableado**

**Conexión de Entrada**

El modelo L24AWA esta cableado con L1a - L1b que es alimentación de 110Vac y L2a-L2b que es neutro como podemos ver en la figura 1.2e

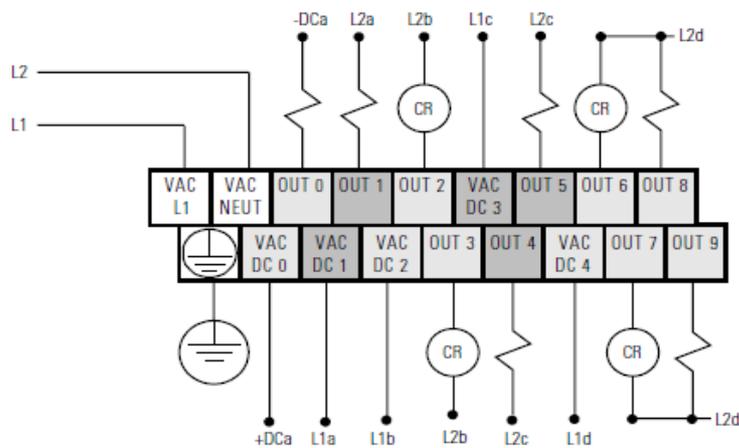


(1) "NC" terminals are not intended for use as connection points.

Figura 1.2e

### Conexión de Salidas

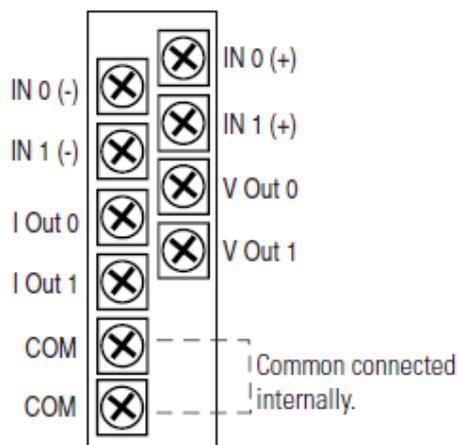
La salida O/0 tiene alimentación de 24Vdc, mientras que de la salida O/1 hasta O/9 tiene alimentación de 110Vac como podemos ver en la figura 1.2f



**Figura 1.2f**

➤ **Terminales de Expansor Analógico IF2OF2**

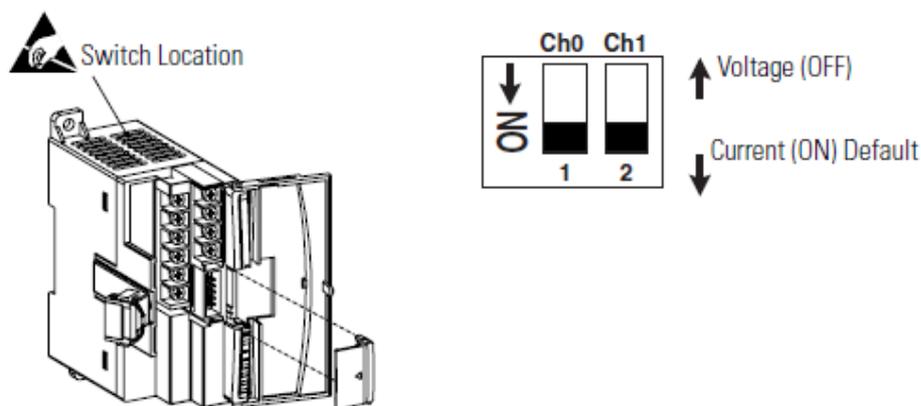
El expansor analógico IF2OF2 tiene como principal característica entradas y salidas analógicas a la vez. Este expansor analógico tiene dos bloques de entradas así como sus dos bloques de salida; un bloque de entrada y salida pertenece al canal 0 y el otro bloque de entrada y salida pertenece al canal 1 como se muestra en la figura 1.2.2 a



**Figura 1.2.2a**

El canal 0 puede ser configurado para que tanto su entrada como su salida sea señal de corriente o voltaje. Igualmente el canal 1 también puede ser configurado.

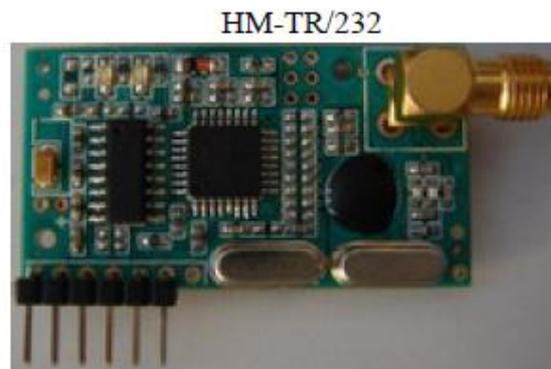
El expansor analógico tiene internamente dos micro switch para la selección de corriente o voltaje según sea la aplicación tal como se indica en la figura 1.2.2 b



**Figura 1.2.2b**

### **1.2.3 Módulos de transmisión RF**

Este módulo de transmisión inalámbrica HM-TR transmisor de datos wireless. Esta diseñado para aplicaciones que necesiten transmisión de datos a altas velocidades, de larga distancia, frecuencias programables, configurable el formato UART, como podemos ver en la siguiente Fig. 1.2.3



**Fig. 1.2.3**

➤ **Principales Características.**

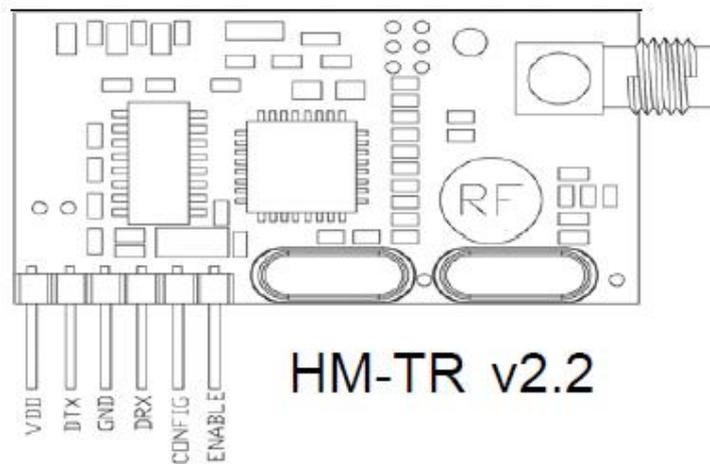
- 1.-FSK modulación, alta interface de inmunidad
- 2.- 2 vías de comunicación half –duplex
- 3.-Bandas 315/433/868/915 Mhz
- 4.-Frecuencias Programadas
- 5.-Envío de controlador RF a protocolo de traslación UART
- 6.-Configuración de formato UART con velocidad de datos de 300 -19200 bps.
- 7.-Usando el pin ENABLE para control duty-cycle, satisfaciendo diferentes requerimientos en aplicaciones.
- 8.-Larga transmisión con un rango de 300m en área abierta.
- 9.-Interface estándar de UART con TTL 0 RS-232 nivel lógico.
- 10.-Tamaño compacto estándar 0.1”, conector SIP y antena SMA.

➤ **Configuración de pines**

Pin	name	note
1	VDD	Fuente de Alimentacion
2	DTX	Datos de Salida de modulo
3	GND	Tierra
4	DRX	Datos de entrada de modulo
5	CONFIG	Si este pin es de alto alimentacion,el modulo deberia estar configurado en comunicaciones bajas
6	ENABLE	Si este pin es de bajo en modo normal,el modulo deberia estar en reposo inmediatamente.

**Tabla 1.2.3**

Se puede ver detalladamente en la siguiente figura 1.2.3 b



**Fig. 1.2.3 b**

#### 1.2.4 Fuentes Reguladoras +12Vdc, +5Vdc

Para este diseño se está utilizando fuentes de 12 Vdc para alimentación de sensor ultrasónico, como se muestra en la figura 1.2.4



### Figura 1.2.4

La fuente de 12 Vdc va ubicada en la parte del reservorio de esta manera el panel de control queda aislado completamente.

Es necesario disponer de dos fuentes de 5 Vdc para alimentación a los módulos de transmisión RF, los módulos están conformados por micro controladores estos son alimentados con 5Vdc.

El modulo de transmisión receptora va ubicada en el panel de control por lo que se necesita 5 Vdc de alimentación. Mientras que la otra fuente va ubicada en el reservorio como se indica en la siguiente figura 1.2.4.b



Figura 1.2.4.b

### 1.2.5 Sensor Ultrasónico



El Sensor ultrasónico marca sick modelo um30 13113, tiene un alcance de escaneo de 200 a 1300 mm con una frecuencia de 200Khz de transmisión y una resolución de 0.36mm con un tiempo de respuesta 110 ms

Su voltaje de alimentación  $V_s$  puede estar en el rango de 12 a 30 Vdc, es necesario saber que:

La señal analógica de salida de corriente (4 a 20 mA ) depende del voltaje de alimentación y una resistencia  $R_I$  de carga

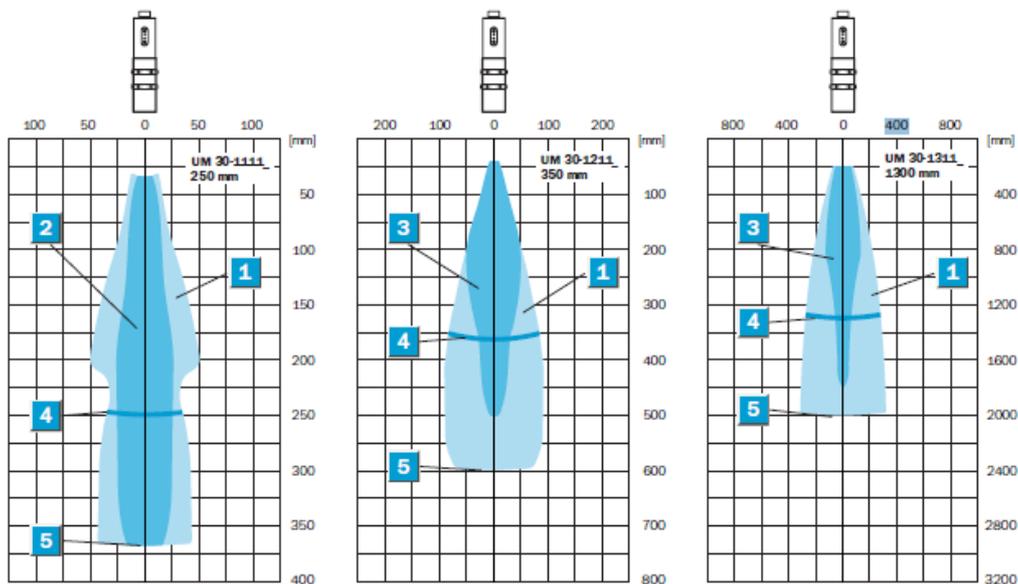
Si el  $V_s$  20 V entonces  $R_I$  500

Si el  $V_s$  12V entonces  $R_I$  100

La señal analógica de salida de voltaje (0 a 10 V) se da si:

Si el  $V_s$  15V entonces  $R_I$  100K ..

Es necesario saber que el rango de escaneo del sensor ultrasónico depende del área del tanque como vemos en la siguiente figura 1.2.5



**Figura 1.2.5**

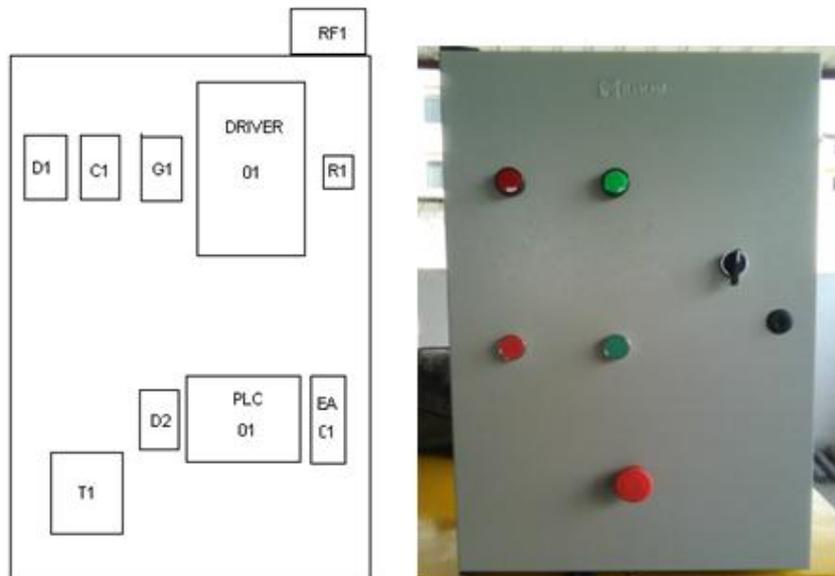
La conexión de alimentación de 10 a 30 Vdc en el sensor ultrasónico se lo hace entre los pines 1 y 3, mientras que la salida analógica se lo hace a través del pin 2 y retorna en el pin 3 como se muestra en la siguiente figura 1.2.5.a



**Figura 1.2.5a**

### 1.2.6 Panel de Control

En el panel de control están ubicados todos los dispositivos de control como también los de protección. Por ejemplo el PLC Micrologix 1200, expansor analógico, variador power flex, contactor, guardamotor, disyuntor, relay, modulo RF receptor. Como se puede ver en la figura 1.2.6



**Figura 1.2.6**

En donde D1 es el disyuntor principal, C1 es el contactor, G1 es el guardamotor, DRIVER 01 es el variador de frecuencia, R1 es el relay, T1 es el transformador, D2 es el disyuntor secundario, PLC 01 es el plc, EA 01 es el expansor analógico. Y RF1 modulo receptor.

Desde el panel de control, podemos enviar a apagar como a encender la bomba, ya que dispone de dos botoneras pulsadores marcha/paro. Además tenemos un selector manual/automático.

### 1.2.7 Motor y Bomba

Motor trifásico SIEMENS de 220/440 Vac de 1800 rpm con ½ HP y bomba centrífuga, eliminando el motor monofásico, debido a que es necesario en este proyecto bajar o subir el caudal cambiando la frecuencia, como se indica la figura 1.2.7



**Figura 1.2.7**

La bomba centrífuga está constituida por un impulsor de noryl con fibra de vidrio, que tienen en común un diseño esencial y una selección técnica bien definida de construcción, que caracterizan sus prestaciones.

El rodete, instalado en voladizo sobre el eje motor, se allá directamente delante de la boca de aspiración del cuerpo de la bomba. La forma del rodete impulsa, con las menores pérdidas hidráulicas, el fluido radialmente desde el centro hacia la periferia, así que los alabes, situados en el canal del rodete ceden al fluido energía tanto en forma de presión, como de aumento de velocidad. A la salida del rodete el fluido es conducido a la salida de descargue del cuerpo de la bomba, que junto con el difusor cónico transforma parte de la energía cinética en energía de presión

### 1.2.8 Estructura Metálica

Se tiene dos estructuras metálicas; la primera estructura fue diseñada para montar el panel de control y la segunda estructura lleva el tanque y reservorio. Como se muestra en la figura 1.2.8



**Figura 1.2.8**

### 1.2.9 Tanque y Reservorio

El tanque es de vidrio con dimensiones de 30x30x100 cm ,con un espesor de 6 líneas; las paredes con una base de 10 líneas para soportar 20 gls de presión como se indica en la figura 1.2.9



**Figura 1.2.9**

El reservorio también es de vidrio con dimensiones 30x36x80 cm con un espesor de 6 líneas todas las paredes para soportar la misma presión que el tanque como se indica en la figura 1.2.9 b



**Figura 1.2.9 b**

### 1.2.10 Válvula Unidireccional

Estas válvulas son de accionamiento autónomo siendo la misma corriente de fluido la que provoca su apertura y cierre. La masa de fluido al incidir sobre el obturador ejerce una fuerza sobre el mismo que provoca su desplazamiento, generando su obstrucción

Permitiendo en una sola dirección de fluido, de esta manera se evita que el fluido que se encuentra en la columna de cañería retorne, evitando que regrese al reservorio de almacenaje como se indica en la figura 1.2.10



**Figura 1.2.10**

### 1.2.11 Válvula Mariposa

Es una válvula de compuerta lo cual nos permite variar proporcionalmente el caudal de salida del tanque al reservorio. Como se indica en la figura 1.2.11



**Figura 1.2.11**

# CAPITULO 2

## 2.-DISEÑO DEL SISTEMA DIDACTICO

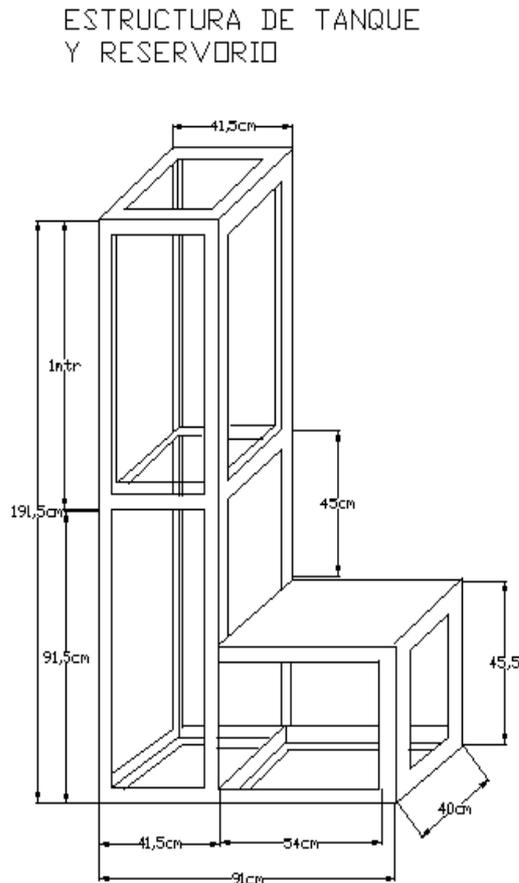
### 2.1 Componentes y Especificaciones técnicas

Para la construcción de la estructura del tanque y reservorio se utilizó ángulo en hierro negro de  $1\frac{1}{2}$  " x  $\frac{1}{8}$  " x 6 metros.

Esta estructura está diseñada de tal manera que la bomba esté a unos cuantos centímetros de altura del reservorio, generando succión y luego descargando a una altura de 125,5 cm al tanque.

#### 2.1.1 Estructura del Tanque y Reservorio

El diseño se lo puede ver en el siguiente dibujo con sus respectivas medidas .Figura 2.1.1.



**Figura 2.1.1**

### 2.1.2 Estructura del Panel de Control

Para este diseño se utilizó tubo cuadrado de  $\frac{3}{4}$  x  $\frac{3}{16}$  x 6 metros y tubo rectangular de  $1\frac{5}{8}$  x  $\frac{3}{4}$  x  $\frac{3}{16}$  como se puede apreciar en la figura 2.1.2a estructura del panel de control y la figura 2.1.2b el panel de control

### ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL

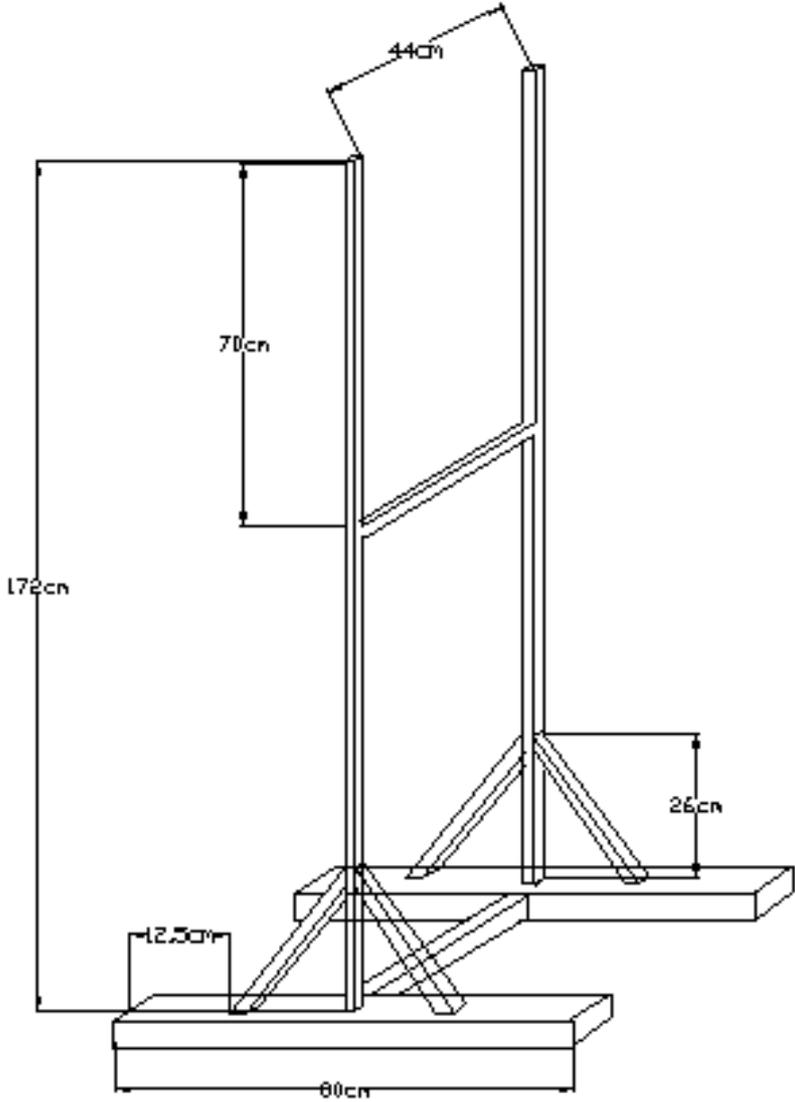


Figura 2.1.2a

# PANEL DE CONTROL

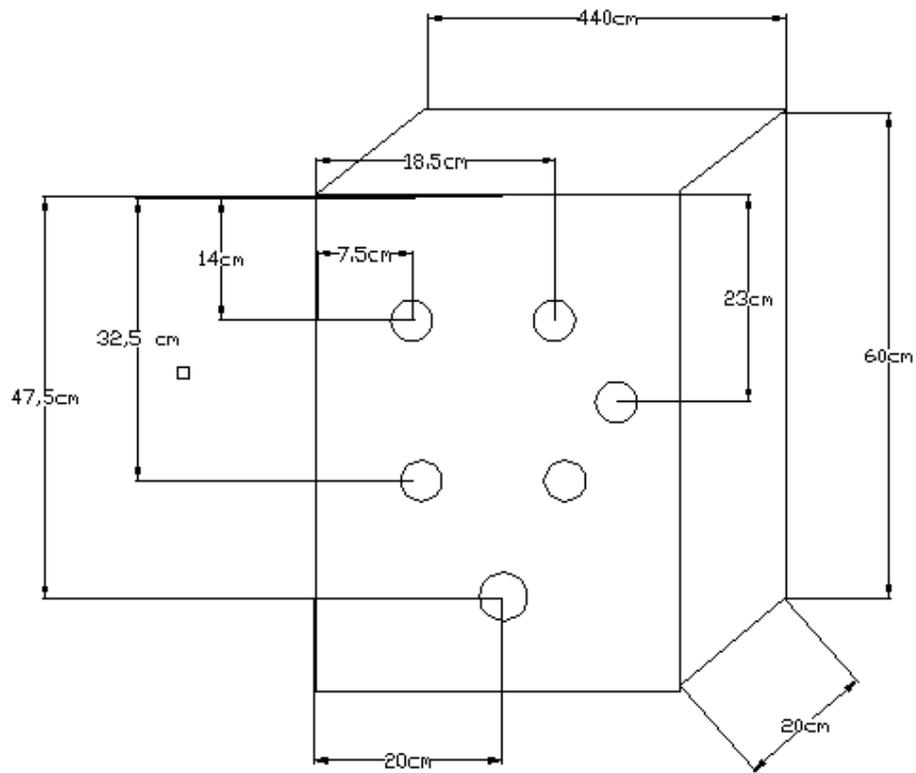
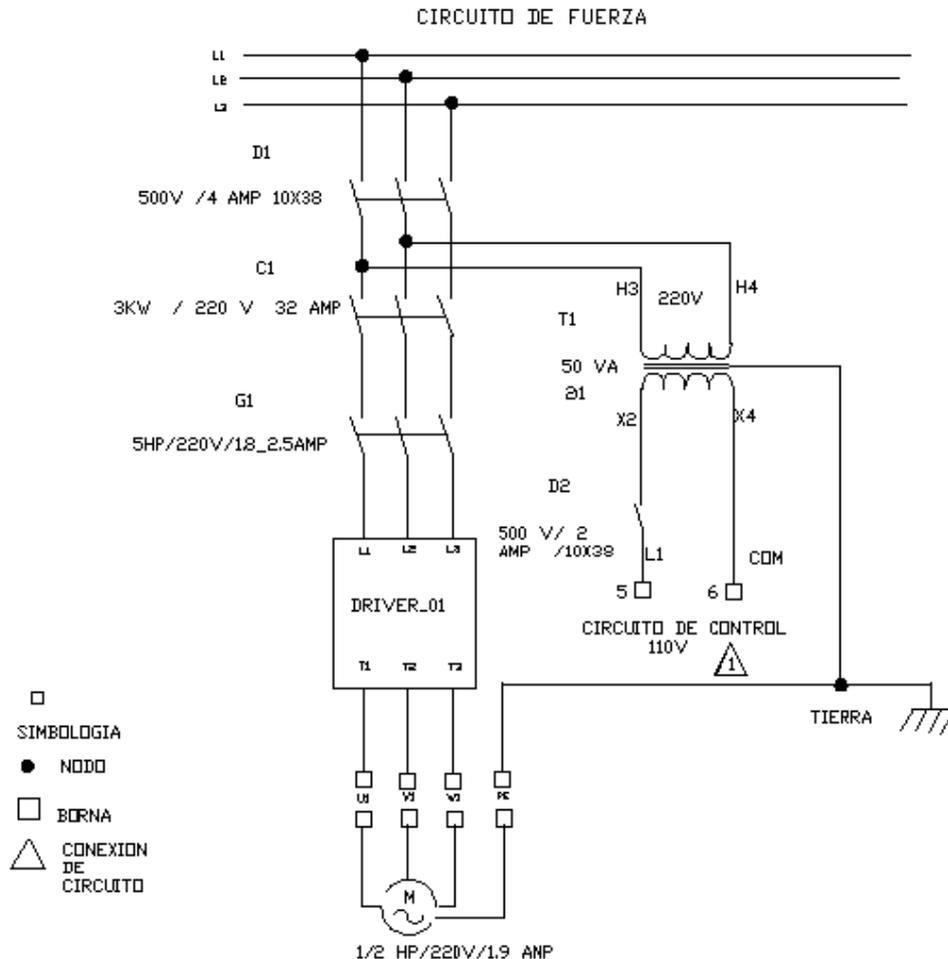


Figura 2.1.2b

## 2.2 Diseño del Sistema Didáctico

### 2.2.1 Diseño del Circuito de Fuerza



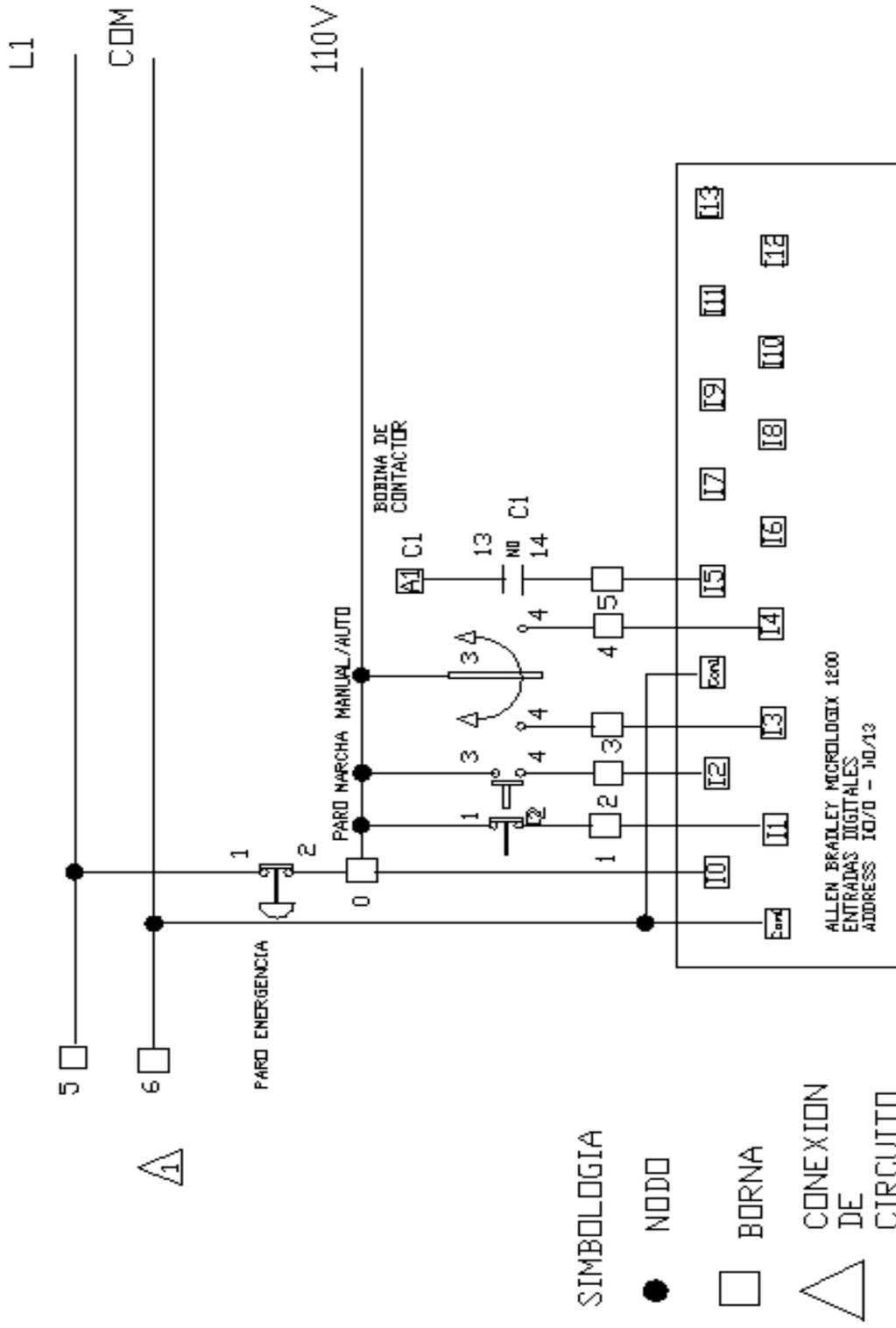
#### ➤ Protecciones

Las principales protecciones que se utilizaron son disyuntores de 500V / 4 AMP 10X38 por fase, debido a que la corriente nominal del motor de ½ HP de la bomba es de 1.8 amp, multiplicado x 1.5 que es el factor para dimensionar una protección esto es igual a 2.7 Amp, comercialmente no hay de 3 Amp, por lo que se colocó de 4 Amperios.

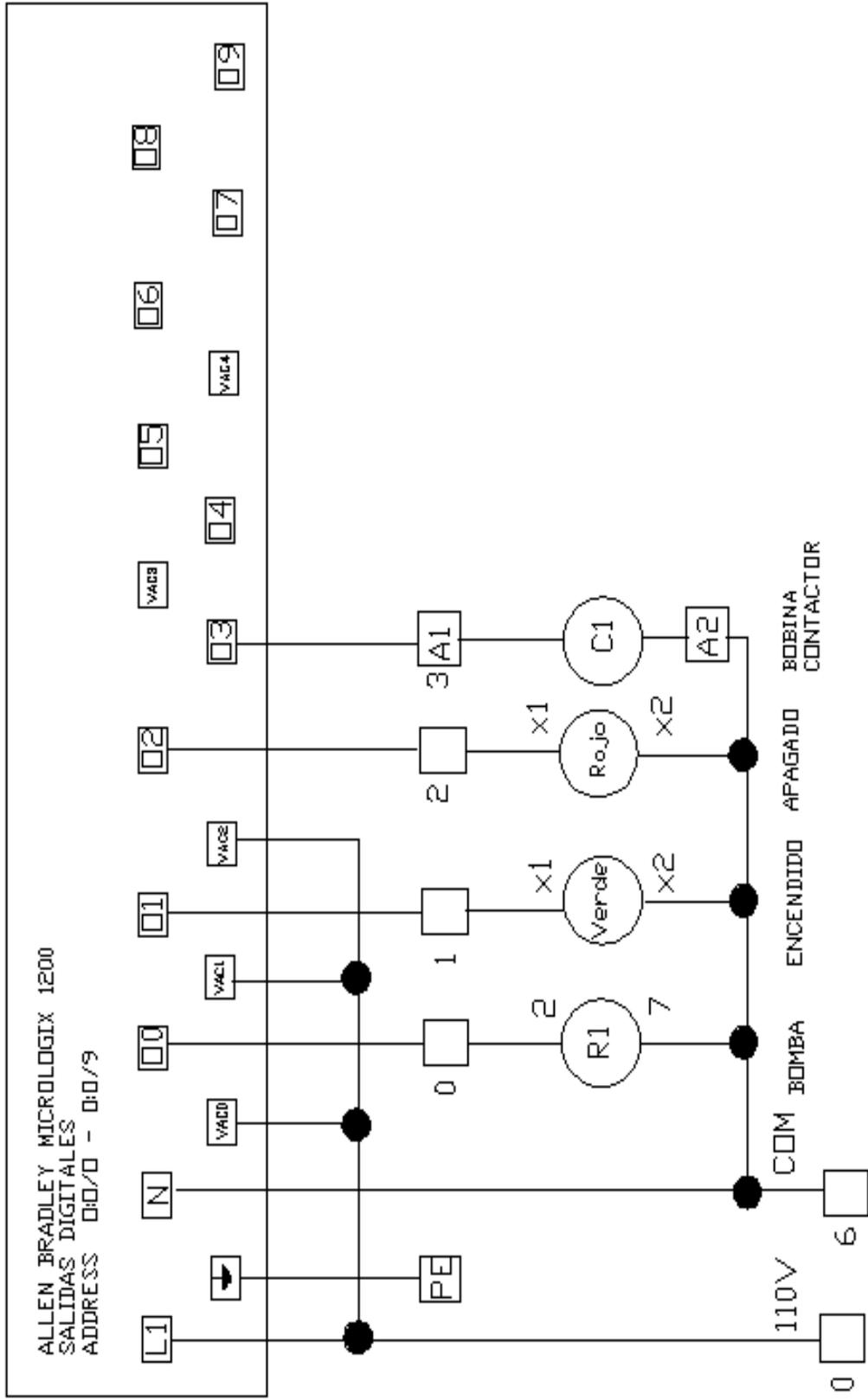
Se instaló un guardamotor de con un rango de corriente de 1.8 a 2.5 Amp, quedando calibrado con un porcentaje de 125 % de su corriente a plena carga.

### **2.2.2 Diseño del Circuito de Control**

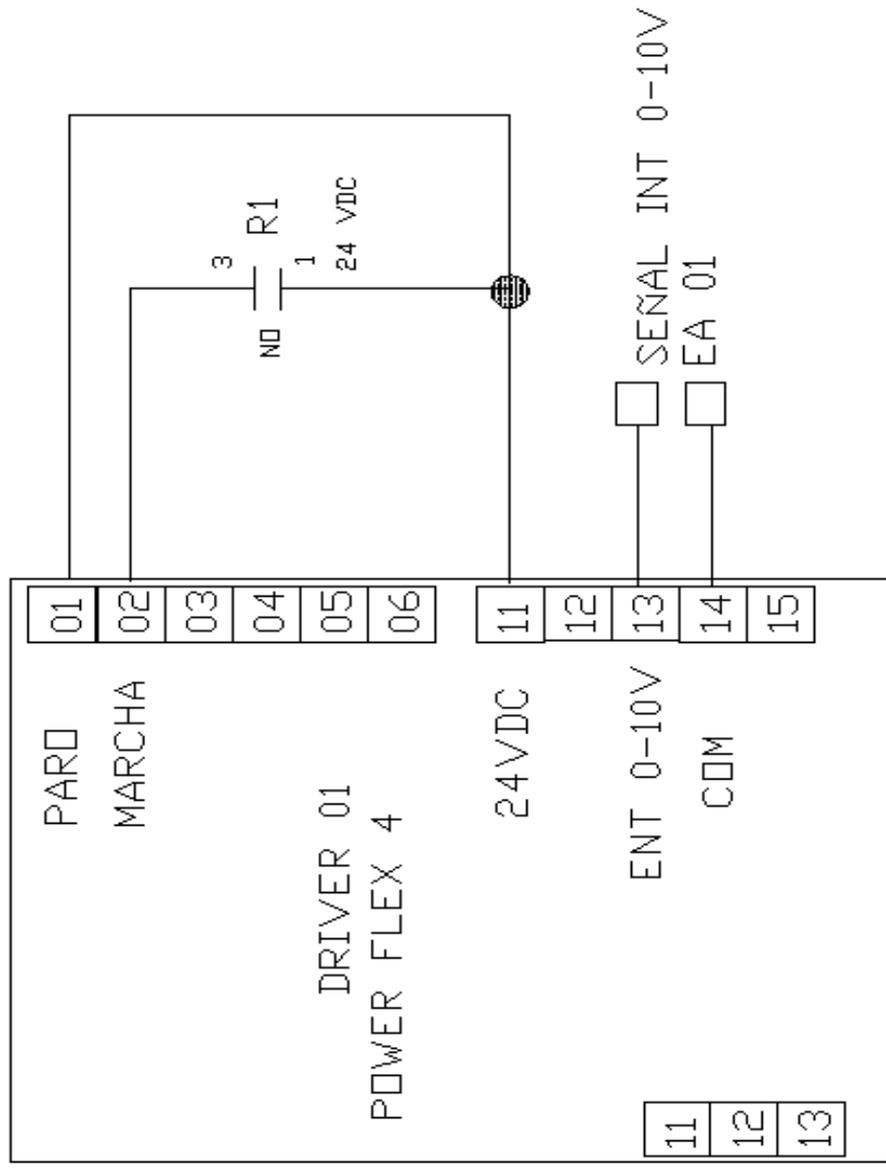
# CIRCUITO DE ENTRADAS DIGITALES



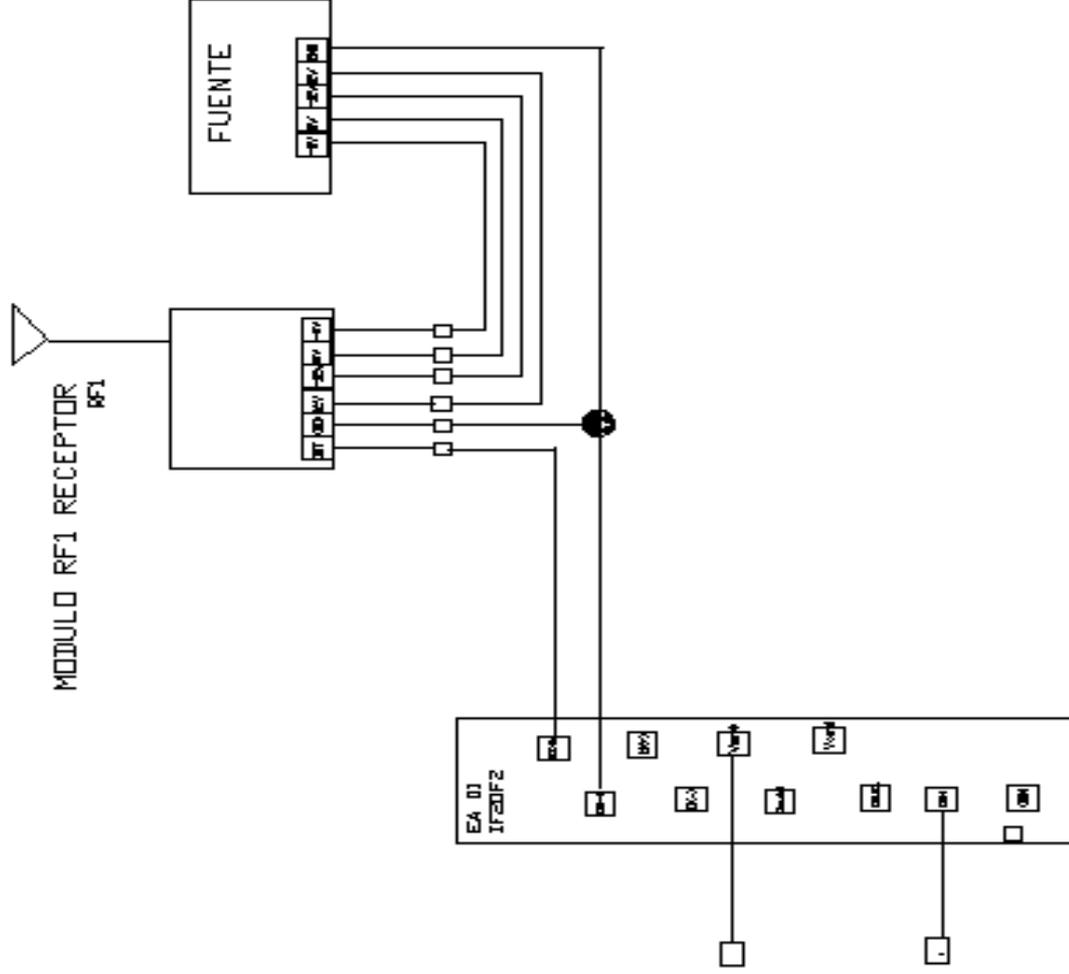
## CIRCUITO DE SALIDAS DIGITALES



# CIRCUITO DE CONTROL EN POWER FLEX 4

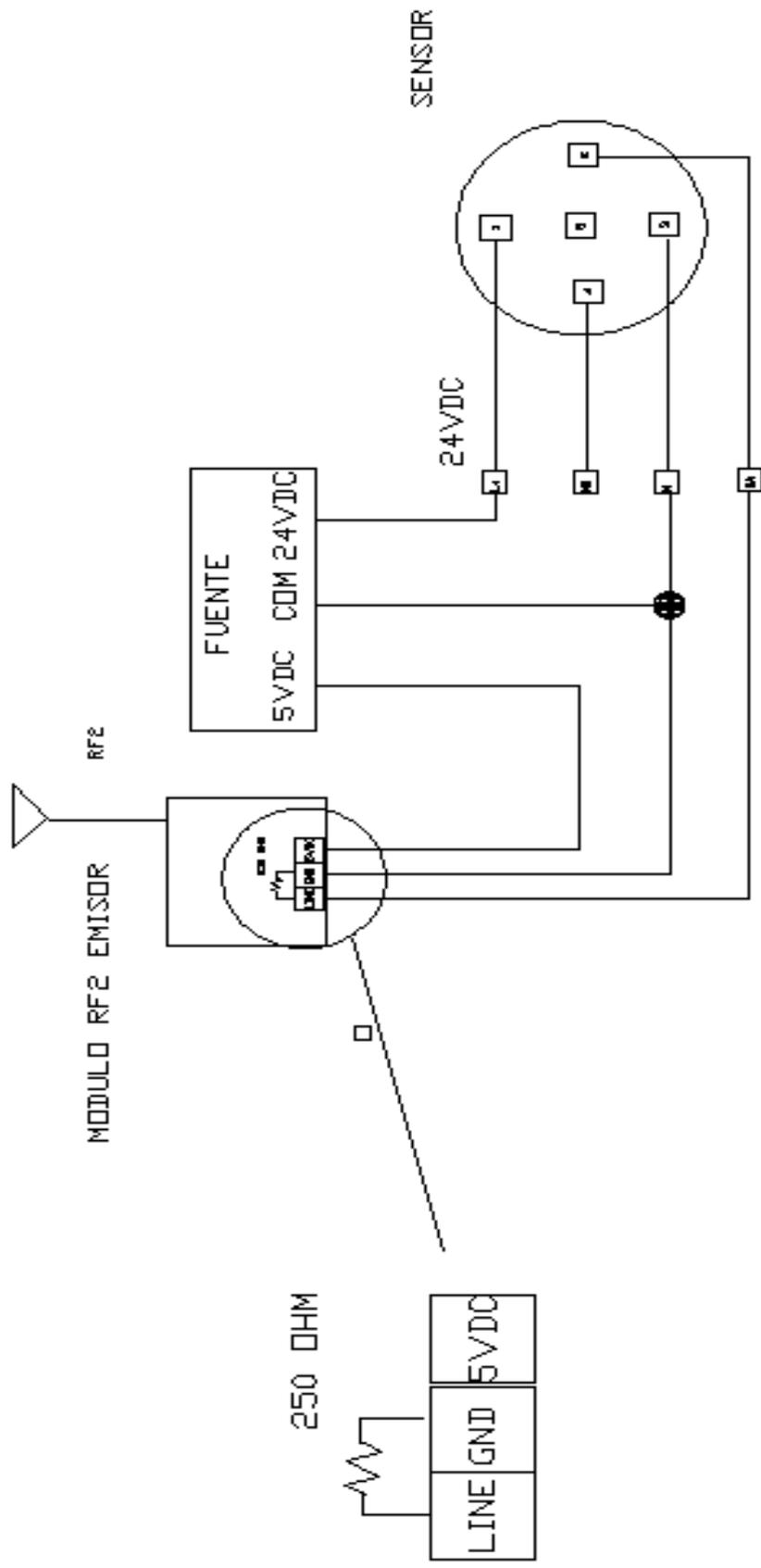


# CIRCUITO DE CONTROL EN ESPANSOR IF20F2 Y MODULO RF2 RECEIVER



SEÑAL OUT 0-10V  
EA 01

# CIRCUITO DE CONTROL EN SENSOR Y MODULO RF1 EMISOR



## ➤ Protecciones

Para la protección del circuito de control se aplico un fusible de 2 Amp 10 X 38 , en la salida X2 del transformador T1 .

## 2.3 Diseño del Sistema de Bombeo

El diseño de un sistema de bombeo es realizado partiendo del caudal que se pretende utilizar, el nivel estático y el nivel dinámico para el caudal deseado. Otro factor necesario es la ejecución de un pequeño proyecto de instalación donde deben ser determinados los datos referentes a la distancia del pozo de extracción al tanque de agua, el desnivel (altura manométrica) los diámetros de aspiración y elevación, la longitud de los tramos de cañerías y la definición de las conexiones necesarias (llaves, curvas, válvulas, etc). Como se puede apreciar en la figura 2.3

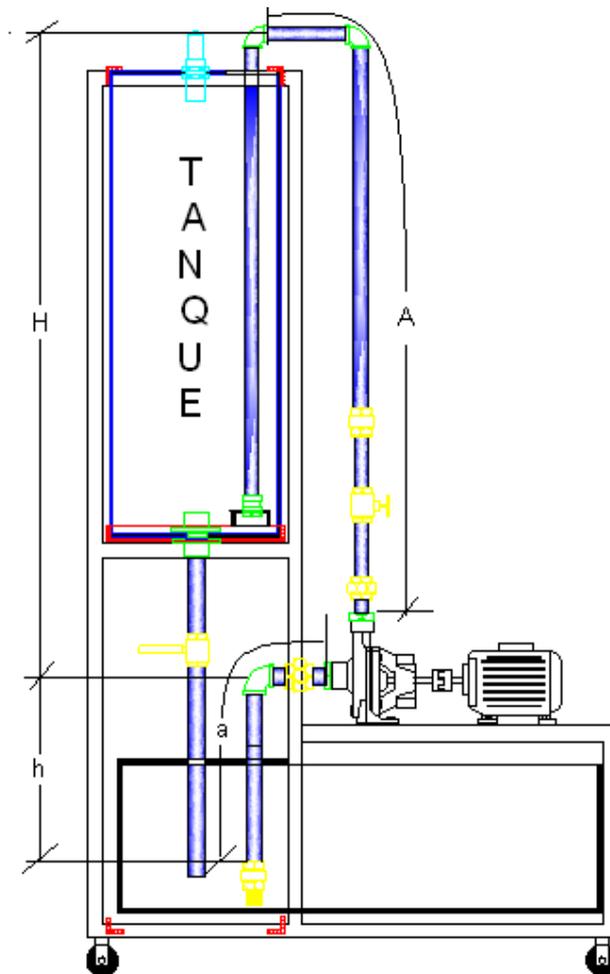


Figura 2.3

Esas informaciones permiten el cálculo de la altura manométrica total que, conjuntamente con el valor de caudal deseado del proyecto, determinará el modelo de bomba a ser utilizada, mediante la consulta al catálogo del fabricante, que informa también la curva de rendimiento de la bomba y la potencia del motor exigida para el caso específico.

### 2.3.1 Tipo de Motor y Dimensionamiento

Al acoplar un motor a una bomba se debe considerar cierta potencia adicional. Hay que incluir las pérdidas debidas a la inevitable desviación de las condiciones actuales de los datos de diseño de la instalación de la bomba y del fluido bombeado, y las pérdidas adicionales de potencia en los cierres del eje, desgaste de material, etc.

Para nosotros poder encontrar la potencia nominal del motor ( $P_m$ ), necesitamos saber la potencia absorbida por el eje de acoplamiento ( $P$ ) y multiplicar por un margen de sobredimensionamiento como se muestra en la formula 2.3.1a

Entonces

$$P_m = \% \text{ margen} \times P \quad \text{formula 2.3.1a}$$

En donde la potencia absorbida por el eje de acoplamiento es igual a la potencia dada por la bomba dividida por la eficiencia como se muestra en la formula 2.3.1b

$$P = P_u / \quad \text{formula 2.3.1b}$$

Dado que la potencia de la bomba es siguiente formula 2.3.1c

$$P_u = .Q.AMT / 367 \quad (\text{kW}) \quad \text{formula 2.3.1c}$$

Procedemos a calcular  $P_u$  en donde;

= densidad del líquido en este caso es agua con  $1,0 \text{ kg/dm}^3$

**Q**=caudal dado en ( $\text{m}^3/\text{h.}$ )

**AMT**=altura manométrica total (m).

Nuestro tanque de almacenamiento tiene un volumen de 0.09 metros cúbicos, el cual queremos que se llene en un minuto, encontramos el caudal con la siguiente formula formula 2.3.1d

$$Q = V / t \text{ seg} \quad \text{formula 2.3.1d}$$
$$Q = (0.09 \text{ m}^3 / 1 \text{ min}) = 23.77 \text{ Gpm} = 1.5 \text{ Lt/seg} = 5.4 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Necesitamos ahora calcular la altura manométrica que es igual a la altura manométrica de aspiración mas la altura manométrica de elevación dado por la siguiente formula 2.3.1e

$$AMT=AMA +AME \quad \text{formula 2.3.1e}$$

Donde la altura manométrica de aspiración es igual a la perdida por rozamiento en cañería de aspiración mas suma perdidas de presión en cada conexión de aspiración mas altura de aspiración como esta en la formula 2.3.1.f.

$$AMA=PRCA + SPPCA + h \quad \text{formula 2.3.1 f}$$

La altura manométrica de elevación es igual a la perdida por rozamiento en cañería de elevación mas la suma perdida de presión en cada conexión de elevación mas la altura de elevación como está la formula 2.3.1h

$$AME=PRCE + SPPCE + H \quad \text{formula 2.3.1h}$$

Entonces vamos a calcular AMA;

Largo de la cañería de aspiración (a) = 0.65 m

La perdida por fricción en tubería 1" de PVC rígida es de (0.35) ver tabla TB -1.

Entonces:

$$PRCA =(0.35) \times (0.65\text{m})$$

$$PRCA=0.23 \text{ m}$$

La suma de pérdida de presión en válvula check, codo 90 grados unión universal ver Tabla A,

Entonces

$$SPPCA=(2.85 +0.76 +0.03)$$

$$SPPCA=3.64\text{m}$$

Por lo que aplicando la formula 2.3.1 f tenemos;

$$AMA=(0.23 +3.64 +0.48)\text{m}= \mathbf{4.35\text{m}}$$

Ahora calculemos AME:

La perdida por fricción en tubería de ¾" de PVC rígida es de 0 m, ver Tabla TB -1

La suma de pérdida de presión en unión universal, válvula de compuerta, check unidireccional ,codo de 90 grados,

Entonces;

$$SPPCE=(0.02+0.21+2.32+2(0.63))$$

$$SPPCE=3.81 \text{ m}$$

Por lo tanto aplicando la formula 2.3.1h tenemos;

$$\text{AME} = 0\text{m} + 3.810\text{m} + 1.255 = \mathbf{1.293\text{ m}}$$

Calculando el AMT con la formula 2.3.1e, tenemos

$$\text{AMT} = 4.35 + 1.29 = \mathbf{5.64\text{ m}}$$

Ahora se puede aplicar la formula 2.3.1c para encontrar la potencia dado por la bomba

$$P_u = .Q.AMT / 367 = (1 \times 5.4 \times 5.64) / 367 = 0.083\text{ kW}$$

Aplicando la formula 2.3.1b encontraremos la potencia dado por eje de acoplamiento

$$P = P_u / 0.7 = 0.083\text{ kW} / 0.7 = 0.118\text{ kW}$$

Aplicando la formula 2.3.1a encontraremos la potencia de motor

$$P_m = \% \text{ margen} \times P,$$

Debemos verificar que margen tiene, ver Tabla 2.3.1

$$P_m = 1.5 P = 1.5 \times 0.118 = 0.177\text{ kW} = 0.27\text{ Hp},$$

### **2.3.2 Selección de Bomba**

La selección de una bomba se basa en unas condiciones de funcionamiento determinadas, especificadas por el diseñador del proceso o el operador.

Se necesita como mínimo la siguiente información:

#### **➤ Fluido bombeado**

El fluido debe quedar completamente definido. La composición de una mezcla debe estar perfectamente especificada. Cuando sea de aplicación, deben ser conocidos detalles tales como el contenido de sustancias sólidas, componentes corrosivos o abrasivos, gases indisolubles y sustancias peligrosas, como por ejemplo, inflamables, venenosas, irritantes, etc..

#### **➤ Temperatura de funcionamiento**

La temperatura de funcionamiento es necesaria para el trabajo seleccionado. Incluso, a veces, la temperatura máxima y mínima.

#### **➤ Propiedades físicas del fluido bombeado**

Para líquidos y mezclas que no son comunes, es necesario conocer las propiedades que dependen de la temperatura: densidad, viscosidad y tensión de vapor.

➤ **Condiciones de funcionamiento**

Las condiciones de funcionamiento incluyen el caudal, presiones de aspiración e impulsión o altura total, (*AMT*) Si estos valores están sujetos a variaciones debido a las condiciones de la instalación entonces los valores máximos y mínimos deben ser especificados.

### 2.3.3 Selección de Tuberías y Accesorios

Para esta aplicación no fue necesario aplicar tubería galvanizada, ya que la presión no está tan grande, se aplicó tubería PVC rígida de 1" para la parte de succión y de ¾" para la parte de elevación, como se indica en la figura 2.3.3a



**Figura 2.3.3a**

Los accesorios básicamente fueron bushing, uniones universales, válvula de compuerta, válvula de cierre rápido, válvula check, válvula unidireccional, codos de 90 grados como se puede ver en la figura 2.3.3b



**Figura 2.3.3b**

## 2.4 Diseño de Pruebas

Utilizando proteus se diseñó el circuito emisor y el circuito receptor como se indica en la Figura 2.3.4 y 2,3,4 b

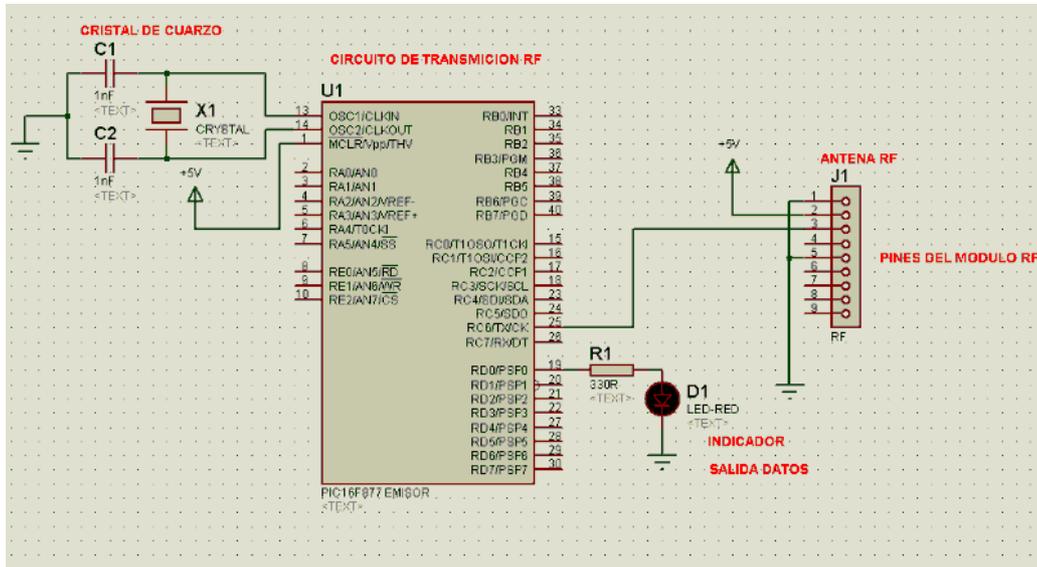


Fig.2.3.4 Circuito emisor

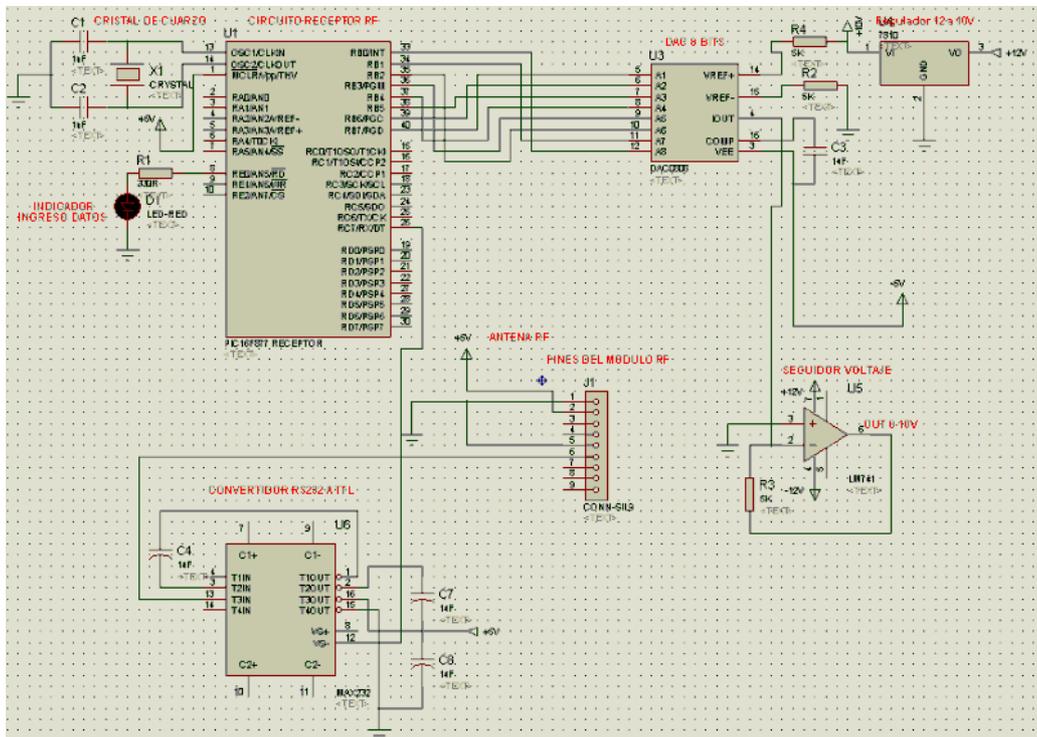
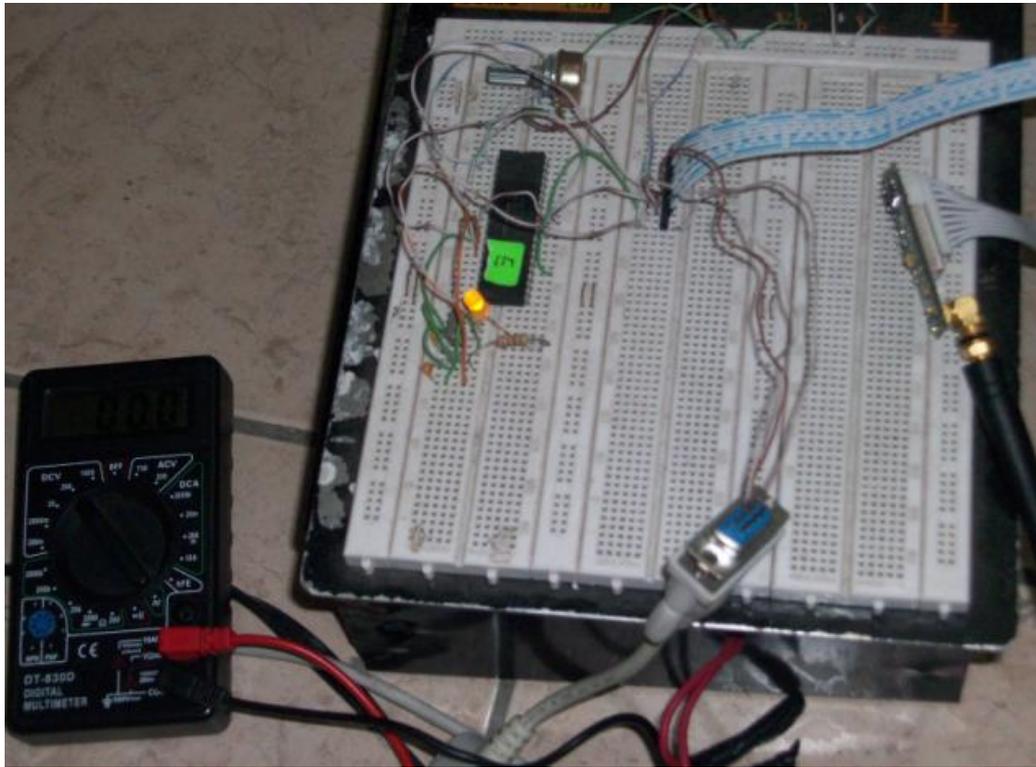


Fig.2.3.4 b Circuito receptor

Se implemento en proto board el circuito emisor con el fin de realizar mediciones en la entrada del PIC 16F877 y el monitoreo en el CPU tal como se indica en la Fig 2.3.4 c y Fig 2.3.4 d



**Fig 2.3.4 c Implementación en protoboard del circuito emisor**



**Fig 2.3.4 d Monitoreo del circuito emisor**

# CAPITULO 3

## 3.-SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO

### 3.1 Selección del PLC y Unidades de Periferia

Se utilizo un PLC MicroLogix 1200 de Allen Bradley con 1 módulo analógico 1769-IF2OF2 Módulo de entrada analógica de corriente/voltaje de 2 canales y salida analógica de corriente /voltaje de 2 canales.

#### 3.1.1 Características del Micrologix 1200



- El controlador MicroLogix 1200 cuenta con 6 K de memoria. La memoria puede usarse para archivos de programa y archivos de datos. El máximo uso de memoria de datos es 2 K palabras, tal como se muestra a continuación.
- Matemática de enteros con signo de 32 bits
- E/S incorporadas, las cuales proporcionan entradas y salidas de alta velocidad optimizadas
- Tres opciones base, incluyendo la configuraciones eléctricas con:
  - entradas de CA o CC
  - alimentación de CA o CC
  - salidas de relé o de estado sólido
- Dos potenciómetros de ajuste analógico incorporados en el controlador. Un giro de 3/4 de vuelta ajusta un entero entre 0 y 250
- Capacidades PID incorporadas

- Dos salidas de alta velocidad que se pueden configurar como PTO (salidas de tren de pulsos) de 20 kHz o como salidas PWM (anchura de pulso modulado) con perfiles de aceleración/ desaceleración
- Puerto de comunicación RS-232 adicional, el cual permite acceso de programación al controlador, mientras está conectado a otros dispositivos o redes
- Protección de descarga del archivo de datos, lo cual evita que los datos críticos del usuario sean sobrescritos durante las transferencias lógicas
- Protección del archivo de datos estáticos, lo cual evita que los datos del usuario sean alterados mediante la comunicación
- Capacidad de lectura/escritura ASCII con archivo tipo cadena
- La instrucción de registro de datos almacena hasta 50 KB de registros de datos

### **3.1.2 Protocolo de Comunicación**

El protocolo DF1 Full-Duplex proporciona una conexión de punto a punto entre dos dispositivos.

El protocolo DF1 Full-Duplex ofrece transparencia de datos (American National Standards Institute ANSI – especificación X3.28-1976 subcategoría D1) y transmisión simultánea bidireccional con respuestas incorporadas (subcategoría F1).

Los controladores MicroLogix aceptan el protocolo DF1 Full-Duplex mediante la conexión RS-232 a dispositivos externos tales como computadoras u otros controladores compatibles con DF1 Full-Duplex.

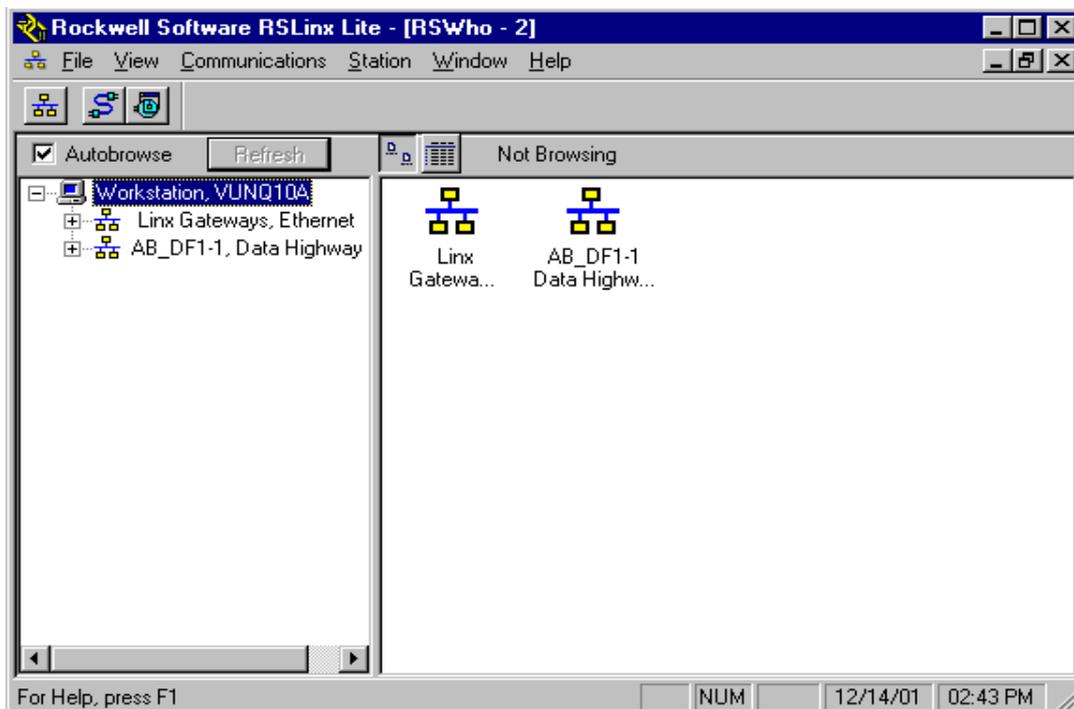
#### ➤ **Operación DF1 Full-Duplex**

El protocolo DF1 Full-Duplex (llamado también protocolo DF1 punto a punto), es útil cuando se requiere comunicación RS-232 punto a punto. Este tipo de protocolo acepta transmisiones simultáneas entre dos dispositivos en ambas direcciones. El protocolo DF1 controla el flujo de mensajes, detecta y señala errores y efectúa reintentos si se detectan errores.

Cuando el driver del sistema es DF1 Full Duplex, pueden cambiarse los siguientes parámetros:

➤ **Parámetros de configuración de DF1 Full-Duplex**

Parámetro	Opciones	Opción predeterminada del software de programación
Baud Rate	300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2K, 38.4 K	19.2K
Parity	ninguna, par	ninguna
Source ID (Node Address)	0 a 254 decimal	1
Control Line	sin handshaking, módem Full-Duplex	sin handshaking
Error Detection	CRC, BCC	CRC
Embedded Responses	detección automática, habilitado	auto detección
Duplicate Packet (Message) Detect	habilitada, inhabilitada	habilitado
ACK Timeout (x20 ms)	1 a 65535 conteos (incrementos de 20 ms)	50 conteos
NAK retries	0 a 255	3 intentos
ENQ retries	0 a 255	3 intentos
Stop Bits	no es un parámetro, siempre es 1	1



### 3.1.3 Expansor Analógico IF2OF2

Características Módulos E/S (1769-IF2OF2):



Cada canal en los módulos 1769-IF2OF2 tiene la capacidad de ser configurado individualmente para entradas/salidas de corriente analógica (4 a 20 mA) o voltaje (0 a 10 Vdc), Esto proporciona flexibilidad de aplicación, y reduce el inventario y la curva de aprendizaje

### 3.1.4 Descripción de Entradas / Salidas

#### ENTRADAS

I:0/0	PARO DE EMERGENCIA
I:0/1	PARO
I:0/2	MARCHA
I:0/3	MANUAL
I:0/4	AUTO
I:0/5	CONTACTOR

#### SALIDAS

O:0/0	BOMBA
O:0/1	ENCENDIDO

O:0/2

APAGADO

O:0/3

BOBINA CONTACTOR

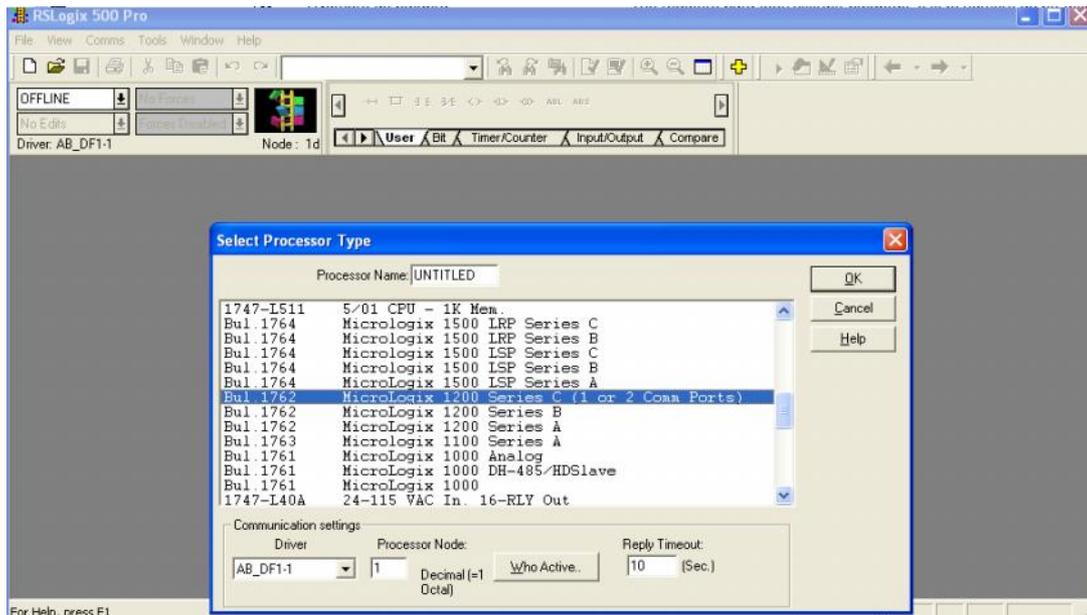
### 3.1.5 Lenguaje de Programación

El paquete de programación de lógica de escalera RSLogix 500 ayuda a maximizar el rendimiento, reducir el tiempo necesario para desarrollar un proyecto y mejorar la productividad. Este producto ha sido desarrollado para funcionar en los sistemas operativos Windows® 95, Windows® 98 y Windows NT™ de 32 bits de Microsoft. RSLogix 500 es compatible con las familias de procesadores MicroLogix y SLC 500 de Allen -Bradley y fue el primer software de programación PLC en ofrecer inmejorable productividad con una interface de usuario líder en la industria

## 3.2 Software de Comunicación con PLC

### 3.2.1 Configuración del Micologix 1200 Utilizando el RsLogix 500

Primero se debe ejecutar el programa Rslgix 500, después en herramientas FILE ejecuta nuevo.

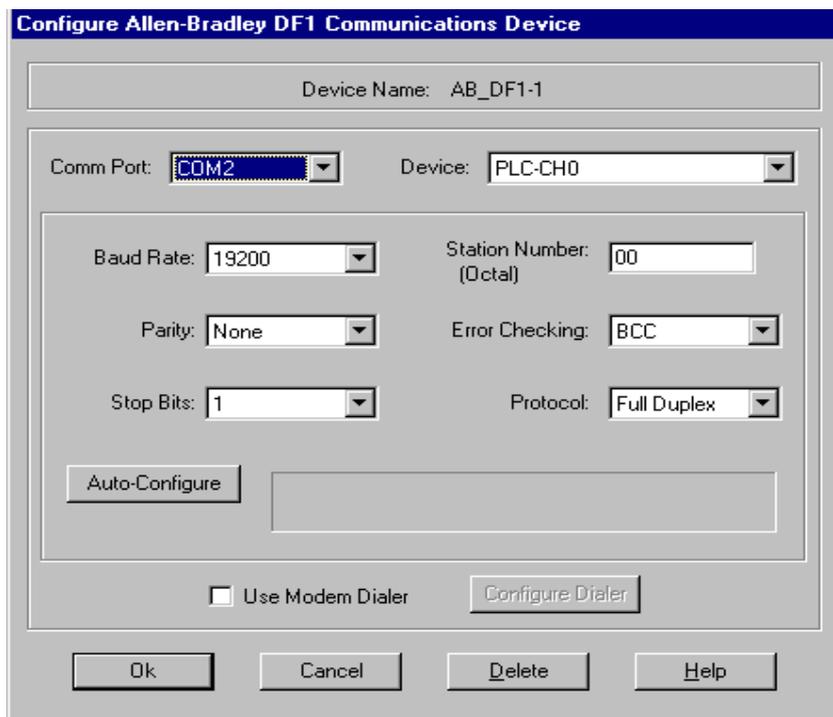


Es necesario escribir un nombre con el que va ser identificado este PLC.

Se debe seleccionar Bul 1762 Micrologix 1200 Serie C, luego se da OK y esta configurado para este tipo de PLC.



**Figura 3.2.2b**



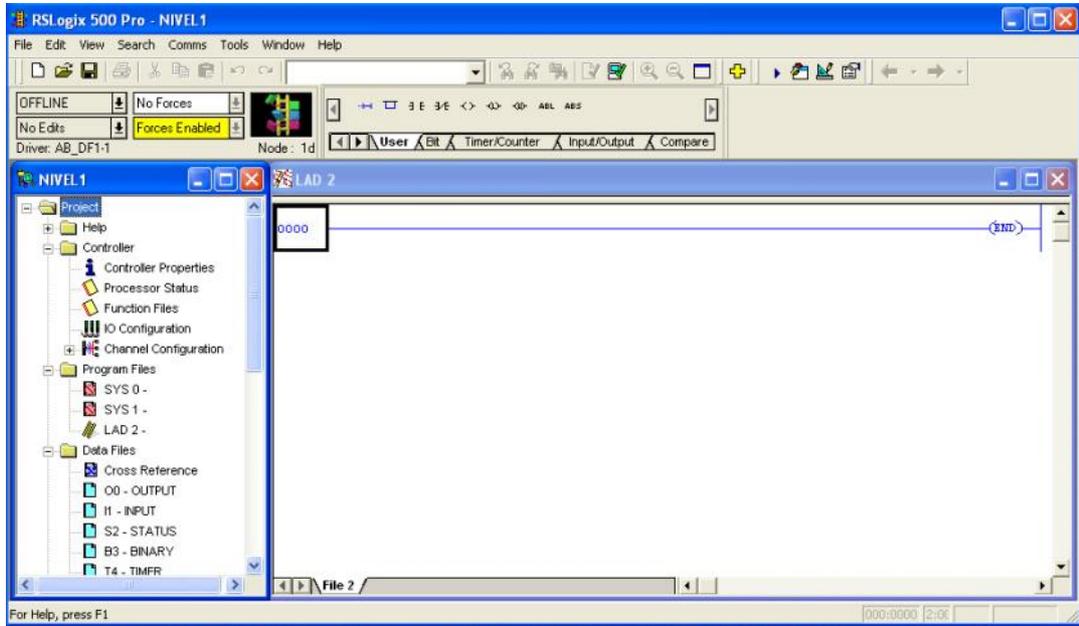
**3.2.3**

### **Creación del Programa**

#### **➤ Creando un Nuevo Proyecto**

Para la creación de un proyecto se debe realizar lo siguiente :

- Seleccionar "NEW " para crear un nuevo archivo
- Seleccionar controlador= BUL.1762 MicroLogix 1200 Serie C
- Ingresar nombre de procesador =NIVEL

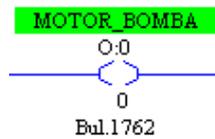


➤ **Simbología**

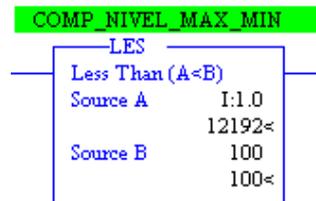
**ENTRADAS**



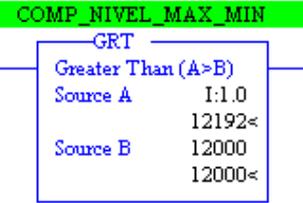
**SALIDAS**



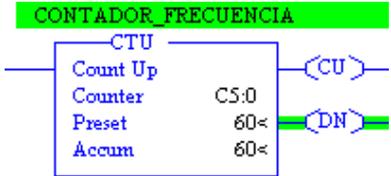
**COMPARADOR MENOR QUE**



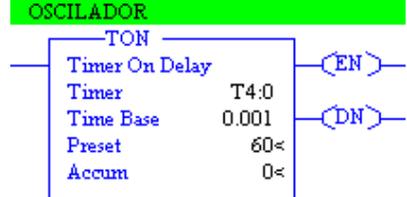
**COMPARADOR MAYOR QUE**



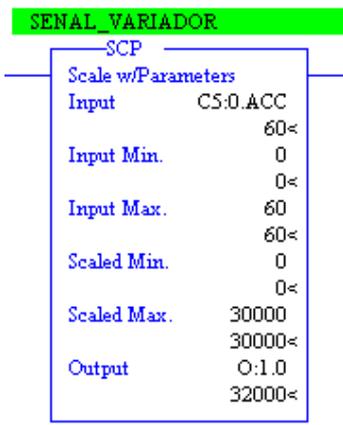
**CONTADOR INCREMENTAL**



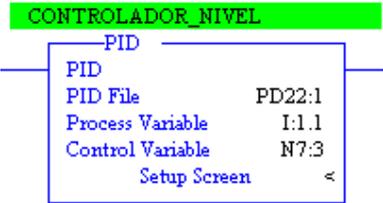
**TIMER ON DELAY**



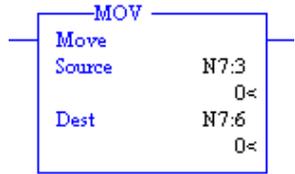
**ESCALADOR DE PARAMETROS**



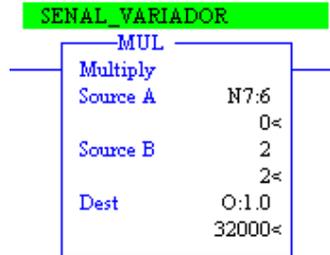
**CONTROLADOR PID**



**MOVER**



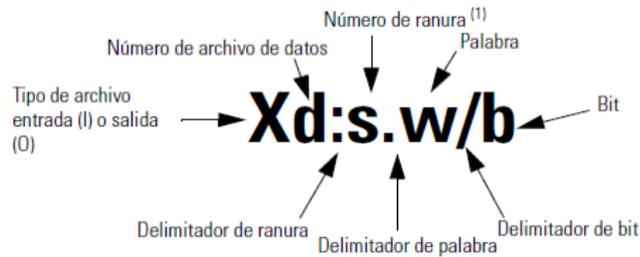
**MULTIPLICADOR**



➤ **Direccionamiento de Entradas/Salidas Discretas**

Es necesario saber que las E/S localizada en el controlador (E/S incorporada) se encuentra en la ranura 0.

En este esquema podemos direccionar las entradas o salidas dependiendo de la cantidad de expansores discretos o analógicos Figura 3.2.3.



**Figura 3.2.3**

Es necesario tener referencia de de las restricciones de cada letra como se indica en la siguiente tabla

## Ejemplos de direccionamiento

Nivel de direccionamiento	Ejemplo de dirección <sup>(1)</sup>	Ranura	Palabra	Bit
Direccionamiento de bit	0:0/4 <sup>(2)</sup>	Ranura de salida 0 (E/S incorporada)	palabra 0	bit de salida 4
	0:2/7 <sup>(2)</sup>	Ranura de salida 2 (E/S de expansión)	palabra 0	bit de salida 7
	1:1/4 <sup>(2)</sup>	Ranura de entrada 1 (E/S de expansión)	palabra 0	bit de entrada 4
	1:0/15 <sup>(2)</sup>	Ranura de entrada 0 (E/S incorporada)	palabra 0	bit de entrada 15
Direccionamiento de palabra	0:1.0	Ranura de salida 1 (E/S de expansión)	palabra 0	
	1:7.3	Ranura de entrada 7 (E/S de expansión)	palabra 3	
	1:3.1	Ranura de entrada 3 (E/S de expansión)	palabra 1	

### ➤ Direccionamiento de Entradas/Salidas Analógicas

Por cada módulo de entrada, la ranura x, palabras 0 y 1 contienen los valores analógicos de las entradas. El módulo puede configurarse para usar datos sin procesar/proporcionales o datos escalados para PID. El archivo de datos de entrada para cada configuración se muestra a continuación.

A continuación se detalla la tabla 3.2.3

### Formato de datos sin procesar/proporcionales

Palabra	Posición de bit															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	Canal 0 datos 0 a 32768												0	0	0
1	0	Canal 1 datos 0 a 32768												0	0	0
2	reservado															
3	reservado															
4	reservado													S1	S0	
5	U0	U0	U1	U1	reservado											

### Formato escalado para PID

Palabra	Posición de bit															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	Canal 0 datos 0 a 16,383												0	0
1	0	0	Canal 1 datos 0 a 16,383												0	0
2	reservado															
3	reservado															
4	reservado													S1	S0	
5	U0	U0	U1	U1	reservado											

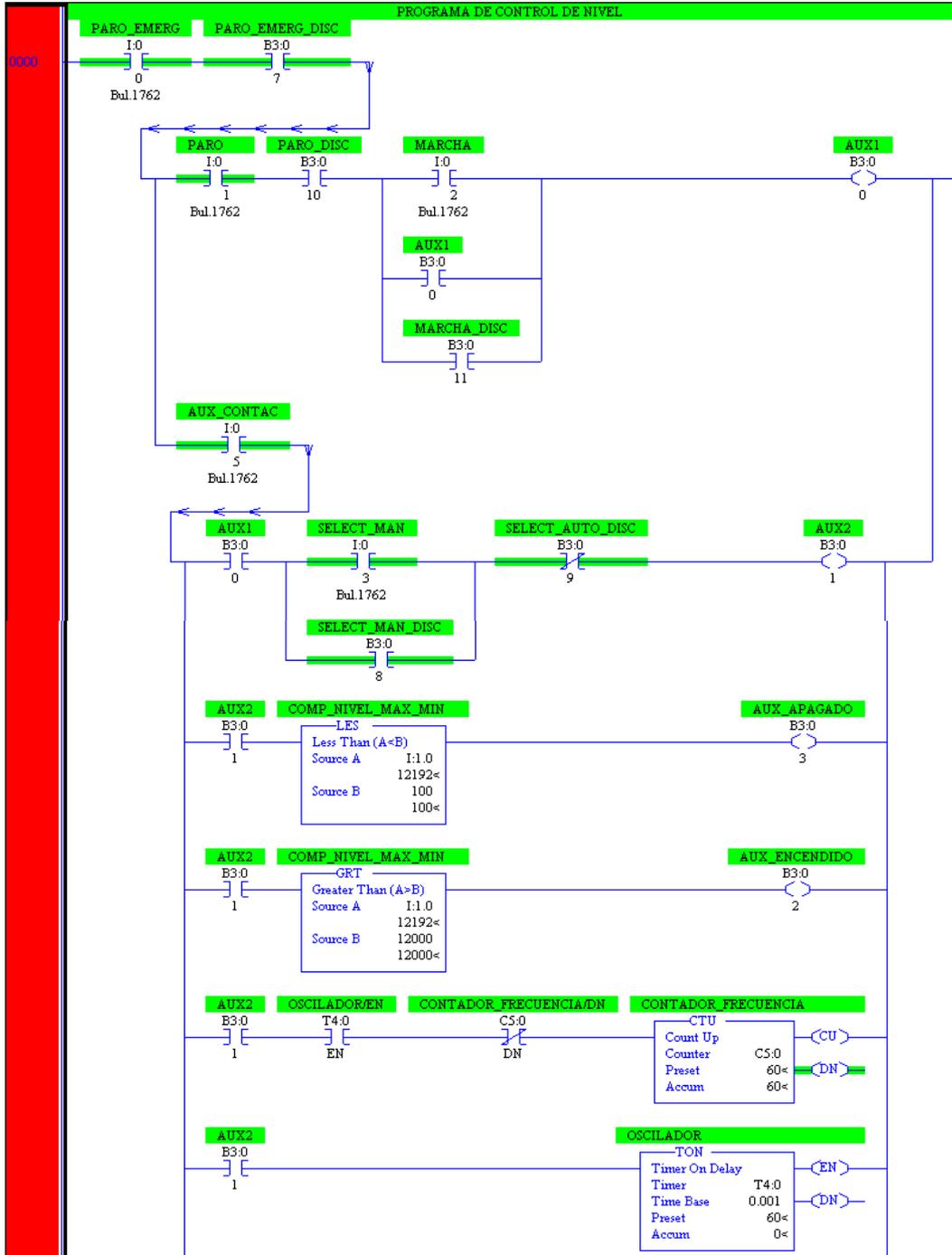
Tabla 3.2.3

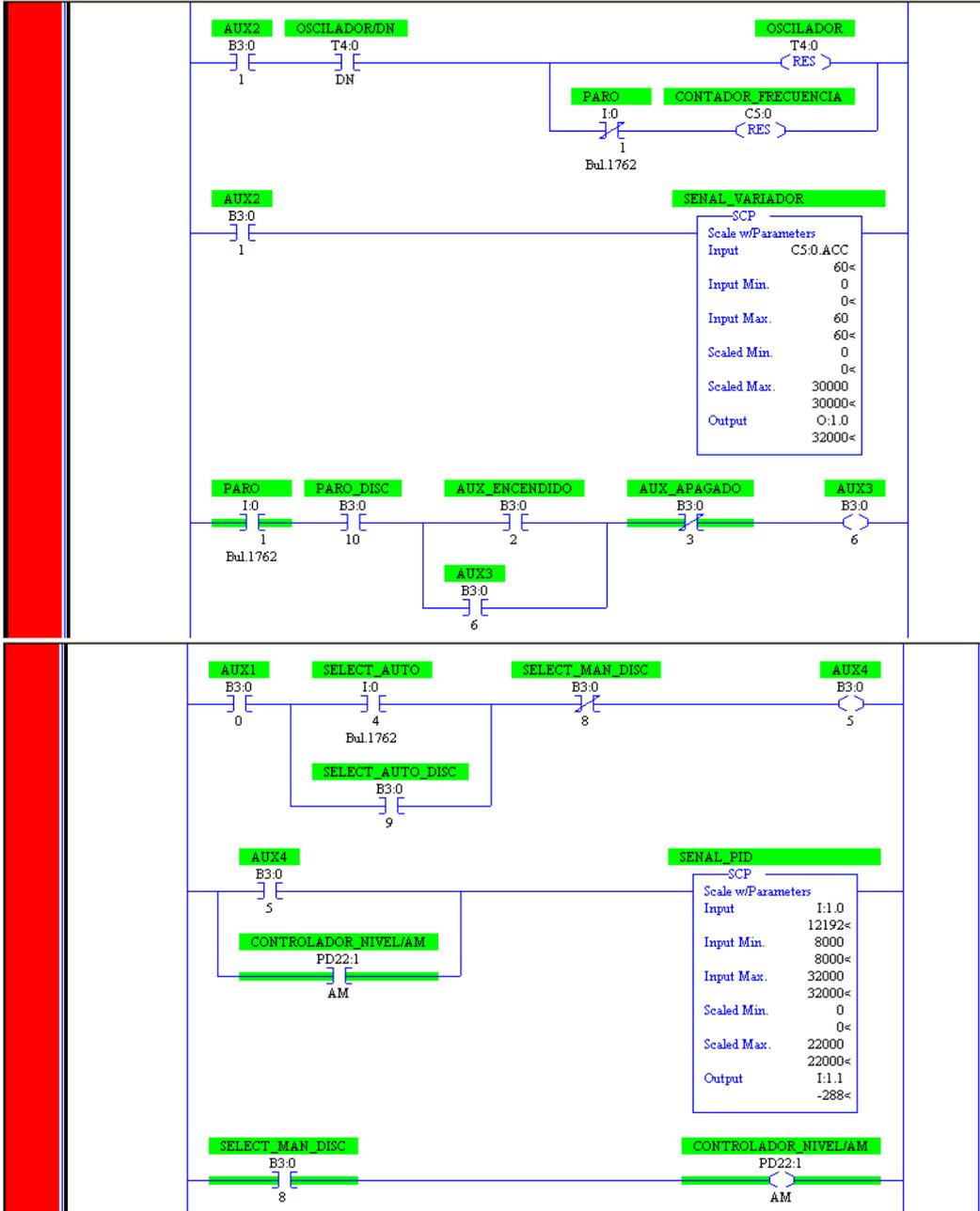
➤ **Comprobación del Programa**

Para poder realizar la comprobación del programa realizamos un clip en los siguientes iconos



➤ **Programa de control de nivel**







### 3.3 Introducción al Control PID

El controlador PID (proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error estacionario entre la señal de referencia y la señal de salida de la planta sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral, además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

El desarrollo de los sistemas de control PID esta también influenciado por el desarrollo en el campo de la comunicación de datos de campos, lo que han permitido su inserción como módulos importantes en los esquemas de control distribuido.

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (Sensor Nivel, Caudalímetros, etc...).
2. Un controlador, que genere la señal que gobierne al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (Motor, Bomba, etc...).

#### 3.3.1 Representación del Bloque de Función PID

El sensor proporciona una señal analógica al controlador, la cual representa el punto actual **PV** en el que se encuentra el proceso.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna o punto de referencia **SP**, la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error ( $E = PV - SP$ ), que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado y el valor medido.

La señal de error es utilizada por cada una de las 3 componentes de un controlador PID propiamente dicho para generar las 3 señales, que sumadas, componen la señal que el controlador va a utilizar para gobernar el actuador. La señal resultante de la suma de estas tres señales, que posteriormente explicaremos, se llama variable manipulada **CV**.

Las tres componentes de un controlador PID son: acción **Proporcional**, acción **Integral** y acción **Derivativa**. El peso de la influencia que cada una de estas

partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo real y el tiempo derivativo respectivamente.

➤ **CONTROL PROPORCIONAL**.- La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional. Este componente PID toma un papel importante cuando la señal de error es grande, pero su acción se ve mermada con la disminución de dicha señal. Este efecto tiene como consecuencia la aparición de un error permanente, que hace que la parte proporcional nunca llegue a solucionar por completo el error del sistema.

La constante proporcional determinará el error permanente, siendo este menor cuanto mayor sea el valor de la constante proporcional. Se pueden establecer valores suficientemente altos en la constante proporcional como para que hagan que el error permanente sea casi nulo pero, en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

La parte proporcional no considera el tiempo, por tanto la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación con respecto al tiempo es incluyendo y configurando las acciones **integrales** y **derivativa**.

➤ **CONTROL INTEGRAL** .- El modo de control integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional.

El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; Luego es multiplicado por una constante **I**. Donde **I** representa la constante de integración.

Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control **P + I** con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

➤ **CONTROL DERIVATIVO**.- La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcionales e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o Set Point (**SP**).

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la velocidad misma que se produce, de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante **D** y luego se suma a las señales anteriores (**P + I**). Gobernar la respuesta de control a los

cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordeamente.

En resumen se puede decir que las variables **PID** significan lo siguiente:

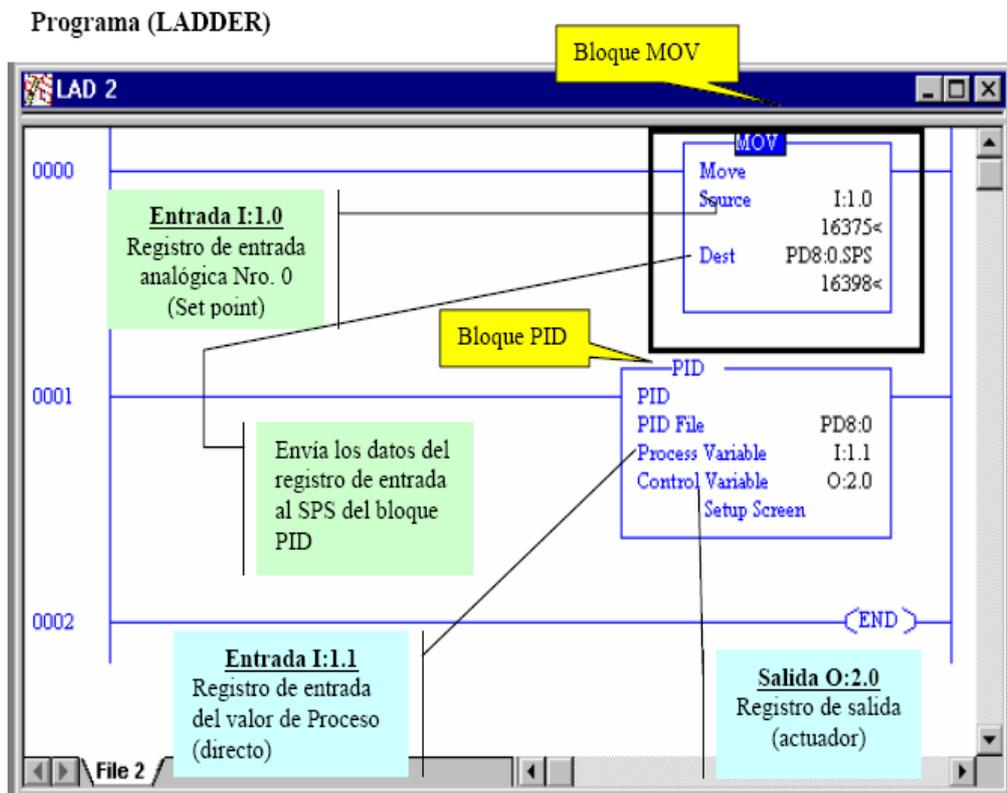
**P** constante de proporcionalidad: Se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional.

**I** constante de integración: Indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

**D** constante de derivación: Hace presente la respuesta de la acción proporcional (duplicándola), sin esperar (a que el error se duplique).

El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual manifiesta la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá.

A continuación podemos apreciar la representación del bloque PID en el software de programación del PLC, RsLogix 500, **Ver figura 3.3.1**.



**Fig.3.3.1 Bloque PID en RsLogix500**

### 3.3.2 Parametrización del Bloque PID

La instrucción PID usa el siguiente algoritmo :

Ecuación estándar con ganancias dependientes :

$$Output = K_C \left[ (E) + \frac{1}{T_I} \int (E) dt + T_D \cdot \frac{d(PV)}{dt} \right] + bias$$

Las constantes de ganancias estándar son, **Ver Tabla 3.3.2**

Término	Rango (bajo a alto)	Referencia
Ganancia de controlador $K_C$	0.01 a 327.67 (sin dimensiones) <sup>(1)</sup>	Proporcional
Término de restablecimiento $1/T_I$	327.67 a 0.01 (minutos por repetición) <sup>(1)</sup>	Integral
Término de régimen $T_D$	0.01 a 327.67 (minutos) <sup>(1)</sup>	Derivada

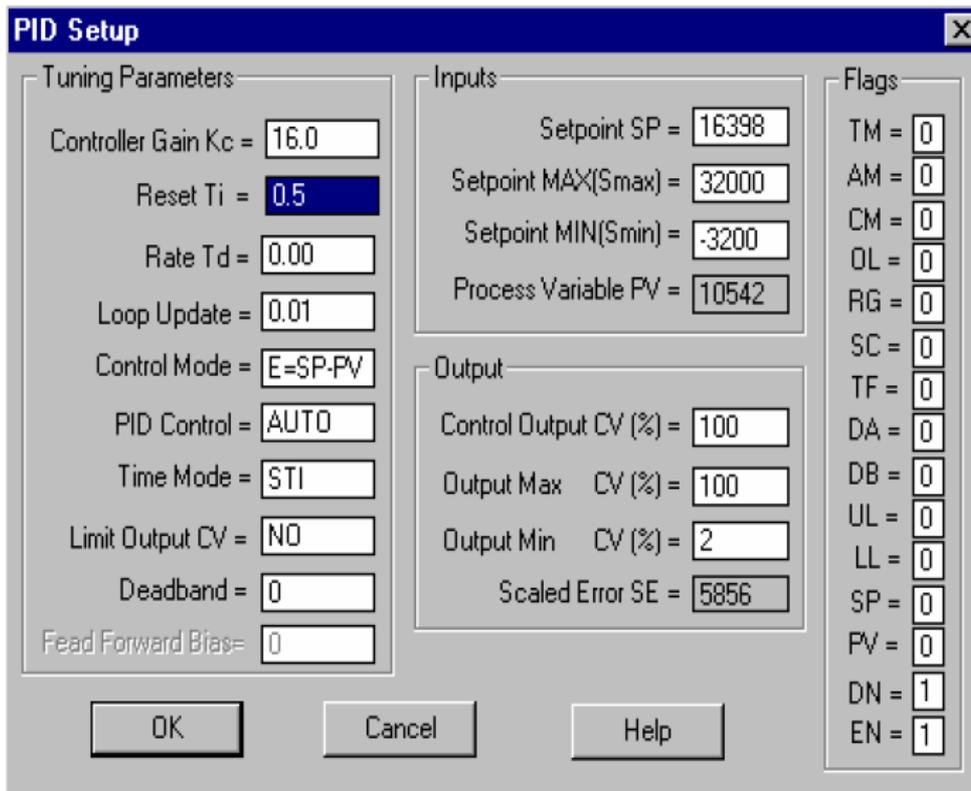
**Tabla 3.3.2 ganancia estándar.**

Durante la programación, la ventana de configuración proporciona acceso a los parámetros de configuración de la instrucción PID. La siguiente ilustración muestra la pantalla de configuración Rslogix 500, **Ver figura 3.3.2.**

➤ **Sintonización del controlador PID :**

Para sintonizar el PID (valores  $K_C$ ,  $T_I$ ,  $T_D$ ), utilizamos la regla de Ziegler – Nichols, en este caso utilizaremos el 2do método.

Primero establecemos  $T_I = \infty$  y  $T_D = 0$ , usando solo la acción en control proporcional, luego incrementamos el  $K_C$  de 0 a un valor crítico  $K_{Cr}$  donde el sistema comience a tener oscilaciones sostenidas.



**Fig 3.3.2** Ventana de configuración de parámetros del bloque PID

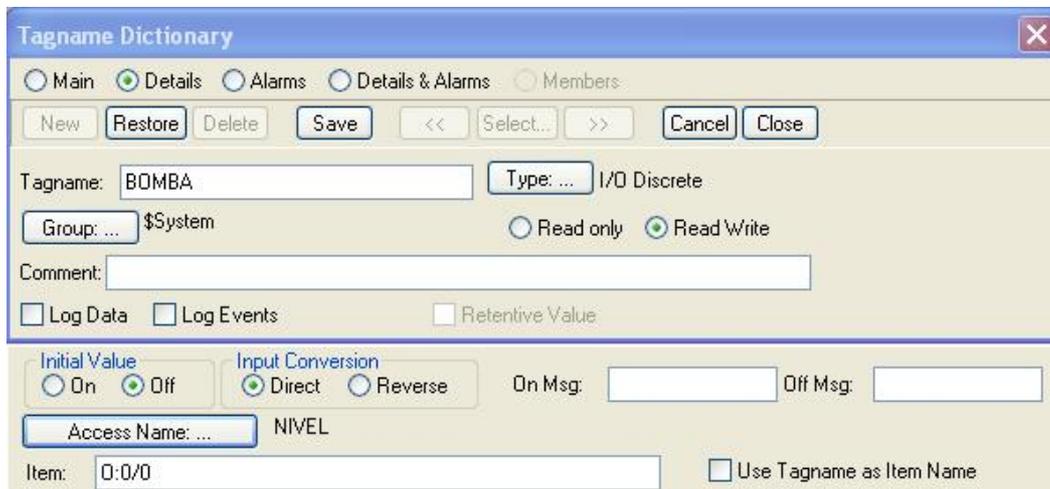
### 3.4 Descripción del Programa de Visualización INTOUCH

#### 3.4.1 Características

- Mayor confiabilidad en el monitoreo de procesos
- Diseño del proceso con simulaciones para mejor entendimiento
- Permite el interface entre hombre maquina
- Un proceso más optimo en funcionamiento

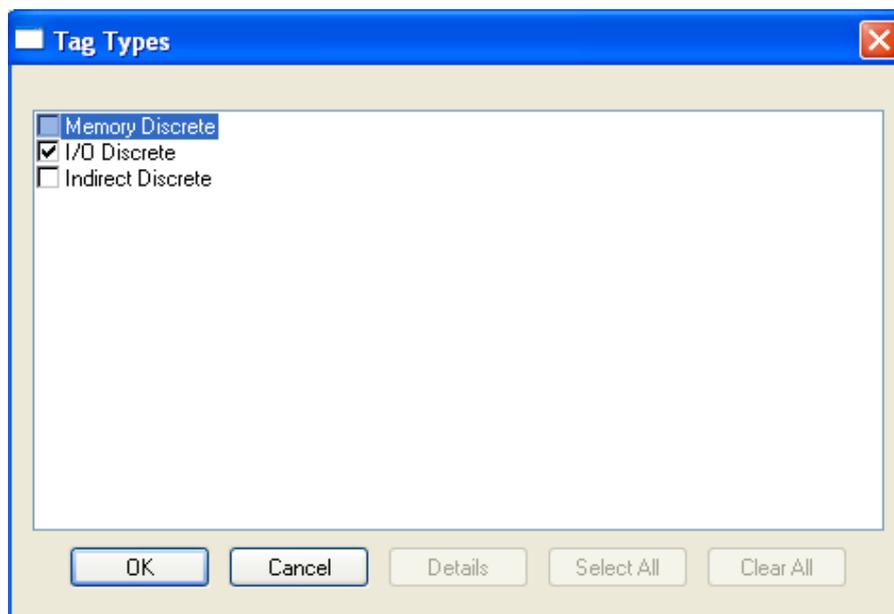
#### 3.4.2 Administración de Variables

De acuerdo al tagname se van administrando las variables, pero si es necesario ir definiendo que tipo de variable es digital o análoga como indica en la figura 3.4.2



**Figura 3.4.2**

Al momento de definir una variable se define el tipo de tag que se esta almacenando como se indica en la figura 3.4.2.b

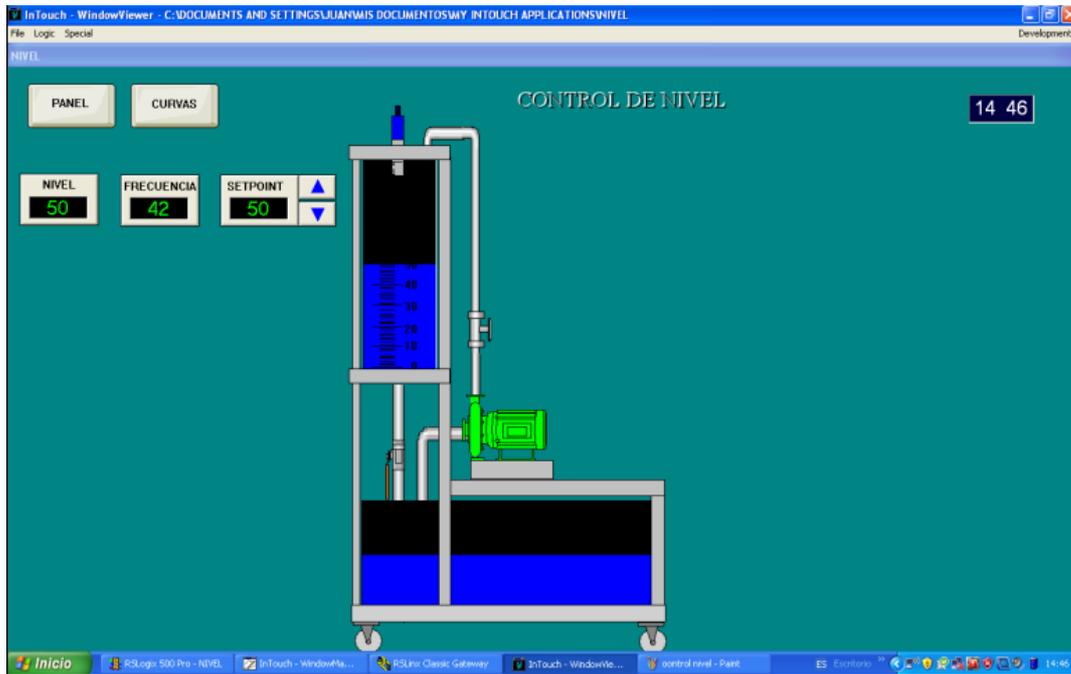


**Figura 3.4.2b**

### 3.4.3 Diseño de Pantallas

Se diseño tres pantallas en las cuales en la primera pantalla tenemos el control de nivel, en el cual podemos monitorear el nivel, controlar su setpoint , verificar frecuencia, variable de nivel.

➤ Pantalla de control de nivel



➤ Pantalla de Panel de Control



➤ **Pantalla de curvas**



➤ **Windows Scripts**

```
IF NIVEL >= 0 THEN  
  RESERVORIO = 110- NIVEL;  
ENDIF;
```

**3.4.4 Comunicación con Allen-Bradley**

➤ **Comunicación de Intouch con Rslinx**

Es necesario configurar el topic name, para tener acceso al programa de Rslinx 500 como se indica la siguiente figura 3.4.4

Figura 3.4.4

### 3.5 Menú del Variador de Frecuencia Power Flex 4

#### 3.5.1 Parametrización del Variador

No.	Parámetro	Min/Máx	Parámetro definido usuario	Valor Predeterminado
P031	[Volt placa motor] <input type="radio"/> Seleccionar según volt placa motor.	20/Volts nomin var.	220vac	Basado en la Capacidad Nominal del Variador
P032	[Hz placa motor] <input type="radio"/> Seleccionar según la frecuencia Hz placa motor.	10/240 Hz	60 Hz	60 Hz
P033	[Intens SC Motor] Establecer a la máxima corriente permisible del motor.	0.0/(Intens. sal. var × 2)	1.8 Amp	Basado en la Capacidad Nominal del Variador
P034	[Frecuencia Mín.] Establece la mínima frecuencia de salida continua del variador.	0.0/240.0 Hz	10 Hz	0.0 Hz
P035	[Frecuencia Máx.] <input type="radio"/> Establece la máxima frecuencia de salida del variador.	0/240 Hz	60 Hz	60 Hz
P036	[Fuente Arranque] <input type="radio"/> Establece el esquema de control utilizado para poner en marcha el variador. <small>(1) Al estar activa, la tecla de retroceso también está activa a menos que se deshabilite por medio del A095 [Inver Deshab.].</small>	0/5	2 = "Dos Hilos"	0
P037	[Modo de Paro] Modo de Paro activo para todas las fuentes de paro [por ejemplo: teclado, marcha de avance (Terminal de E/S 02), marcha en reversa (Terminal de E/S 03), puerto RS485] excepto como se indica a continuación.	0/7	0 = "Rampa, CF" <sup>(1)</sup>	0

P038	[Referencia Veloc]	0/5	2 = "Ent 0-10V"	0
<p>Establece la fuente de referencia de velocidad para el variador.</p> <p>Importante: Cuando A051 ó A052 [Sel. ent digit x] está configurado en la opción 2, 4, 5, 6, 13 ó 14, y la entrada digital está activa, A051 ó A052 anulará la referencia de velocidad indicada por este parámetro. Consulte el Capítulo 1 del <i>Manual del Usuario</i> del PowerFlex 4 en el CD para obtener más detalles.</p>				
P039	[Tiempo acel. 1]	0.0/600.0 segs	5 Seg	10.0 segs
<p>Establece el régimen de aceleración para todos los aumentos de velocidad.</p>				
P040	[Tiempo decel. 1]	0.1/600.0 segs	10 Seg	10.0 segs
<p>Establece el régimen de deceleración para todas las disminuciones de velocidad.</p>				
P041	[Restab. a predet]	0/1	0 = "Estado Inactivo"	0
<p> Restablece todos los parámetros a sus valores predeterminados en fábrica.</p>				
P043	[Ret SC Motor]	0/1	1 = "Habilitado"	0
<p>Habilita/inhabilita la función de Retención de Sobrecarga del Motor.</p>				

### 3.5.2 Código de Falla

No.	Fallo	Descripción
F2	Entrada auxiliar <sup>(1)</sup>	Verifique el cableado remoto.
F3	Pérdida alim	Supervise la línea de CA entrante para detectar baja tensión o interrupciones en la línea de potencia.
F4	Baja Tensión <sup>(1)</sup>	Supervise la línea de CA entrante para detectar baja tensión o interrupciones en la línea de potencia.
F5	Sobretensión <sup>(1)</sup>	Supervise la línea de CA para verificar si existe sobretensión o condiciones transitorias. La sobretensión del bus también puede ser ocasionada por la regeneración del motor. Prolongue el tiempo de deceleración o instale una opción de frenado dinámico.
F6	Motor parado <sup>(1)</sup>	Aumente [Tiempo acel. X] o reduzca la carga para que la corriente de salida del variador no exceda la corriente establecida por el parámetro A089 [Lim. Corriente].
F7	Sobrecarga Motor <sup>(1)</sup>	Existe una carga de motor excesiva. Reduzca la carga para que la corriente de salida del variador no exceda la corriente establecida por el parámetro P033 [Intens SC Motor].
F8	Sobrtmp. Rad. <sup>(1)</sup>	Verifique que no haya aletas bloqueadas o sucias en el disipador de calor. Verifique que la temperatura ambiente no haya excedido 40°C (104°F) para instalaciones IP 30/NEMA1/UL Tipo 1 o 50°C (122°F) para instalaciones de tipo abierto. Verifique el ventilador.
F12	Sobrccorr. HW <sup>(1)</sup>	Verifique la programación. Verifique que no haya exceso de carga, ajustes erróneos de CC, tensión de frenado de CC muy elevada u otras causas de exceso de corriente.
F13	Fallo tierra	Verifique el motor y el cableado externo de los terminales de salida del variador para una condición de puesta a tierra.
F33	Int. rearme auto	Corrija la causa del fallo y borre manualmente.
F38	Fase U a tierra	Verifique el cableado entre el variador y el motor. Verifique que no exista en el motor una fase a tierra.
F39	Fase V a tierra	Si no se puede borrar el fallo, reemplace el variador.
F40	Fase W a tierra	
F41	Fase UV corto	Verifique que no exista una condición de cortocircuito en el cableado del motor ni en el de salida del variador.
F42	Fase UW corto	Si no se puede borrar el fallo, reemplace el variador.
F43	Fase VW corto	

### 3.6 Sensor Ultrasónico

Los ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano, esta comienza desde unos 16 Hz. Y tienen un límite superior de aproximadamente 20KHz.

Como principio de funcionamiento de los sensores de ultrasonido tenemos:

Los Sensores Ultrasonido funcionan emitiendo y recibiendo ondas de sonido de alta frecuencia, la cual generalmente es de aproximadamente 200KHz.

Hay 2 modos básicos de operación: Modo opuesto y Modo difuso(eco).

- En el modo opuesto, un sensor emite la onda de sonido y otro, montado en posición opuesta al emisor, recibe la onda de sonido.
- En el modo difuso, el mismo sensor emite la onda de sonido y luego escucha el eco que rebota de un objeto.

Nuestro sensor UM 30-13113 de la marca alemana SICK trabaja en modo difuso.

El UM 30-13113 envía y recibe ondas de sonido en un determinado espacio de forma cónica ( es cónica porque las ondas se van expandiendo desde el punto central donde se encuentra el sensor hasta cierta distancia en donde ya se pierde, por lo cual su zona de operación tiene forma de cono), y cuando las ondas chocan con un objeto dentro de su zona de operación, en vez de seguir su camino y perderse en el espacio, rebotan y regresan al receptor de ondas del sensor ultrasonido y en base a la intensidad con la que regresan estas ondas, se sabe si hay un objeto en la zona de lectura e inclusive su posición. Obviamente el UM 30-13113 nos indica la posición de un objeto (Nivel de agua) con voltaje (0-10 V) o corriente (4-20mA) y así interpretarlo en aplicaciones electrónicas, con voltaje de suministro 24 V DC.

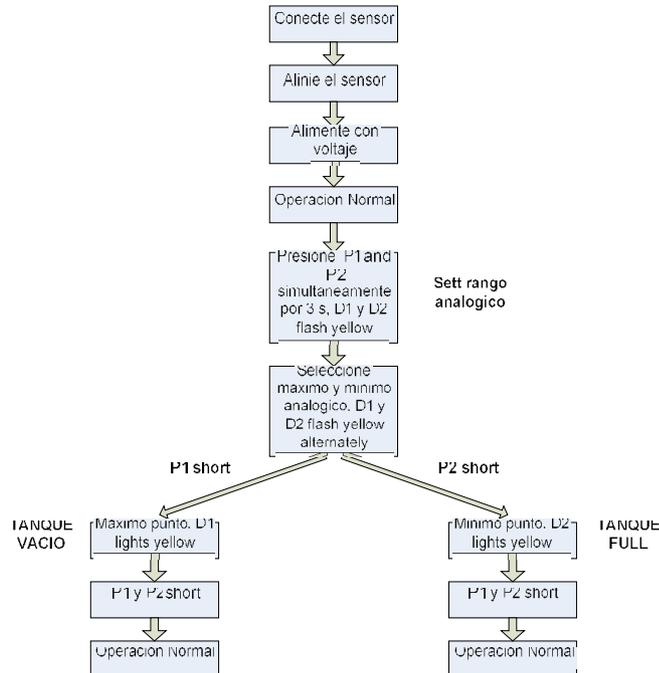
#### ➤ **Calibración**

La calibración se consigue a nivel mínimo y nivel máximo, pero antes es importante analizar la tabla de características técnicas, **Ver Tabla 3.6.**

UM 30	-13113
Distancia de escaneo (limite distancia escaneo)	200-1300mm (200)
Frecuencia ultrasonido	200KHz
Resolución	0.36mm
Reproducibilidad	±0.15% de distancia limite escaneo
Exactitud	2% de distancia limite escaneo
Voltaje suministro	12...30V DC
Precisión	±10%
Consumo de corriente	70mA
Tiempo de espera	2 s
Tiempo de respuesta	110ms
Salida analógica	4-20mA/0-10V
Tipo de conexión	M12
Grado de protección	IP 65

**Tabla. 3.6 Características del Sensor UM 30 -13113.**

El UM 30-13113 es un sensor inteligente, ya que es configurable a distancias dada por el usuario (200-1300mm), para cuya respuesta dará 0-10V y 4-20mA. A continuación los pasos a seguir para la calibración del sensor ultrasonido UM 30-13113, **Ver figura 3.6.**



**Fig. 3.6 Pasos para la calibración del Sensor.**

# CAPITULO 4

## 4.- MICROCONTROLADOR 16F866 Y MODULO DE TRANSMISION RF MODEM RS-232

### 4.1 Micro controlador

Es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, CPU, memoria RAM, memoria EPROM y circuitos de entrada y salida. Ver figura 4.1.y 4.1b.



Fig.4.1 Diagrama de un sistema microcontrolador.

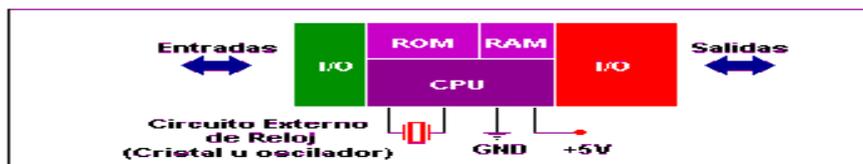
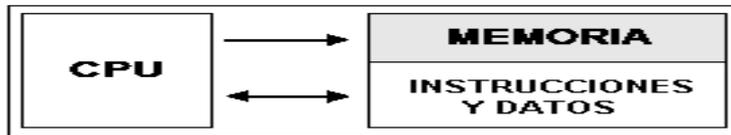


Fig.4.1 b Representación en bloques del microcontrolador.

#### 4.1.1 Arquitectura

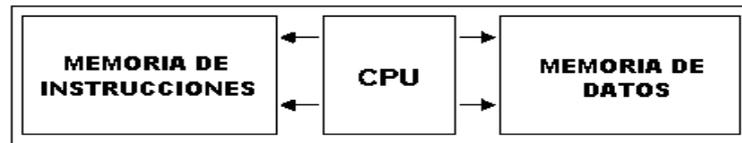
Inicialmente todos los microcontroladores adoptaron la arquitectura clásica de Von Neumann, pero actualmente se impone la arquitectura Harvard.

➤ **Arquitectura de Von Neumann.-** Se caracteriza por disponer de una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones de forma indistinta. Ver figura 4.1.1 A dicha memoria se accede a través de un sistema de buses único (direcciones, datos y control).



**Fig.4.1.1 Arquitectura Von Neumann.**

➤ **Arquitectura Harvard.-** Dispone de 2 memorias independientes una, que contiene solo instrucciones y otra solo datos, **Ver figura 4.1.1 b** Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias.



**Fig.4.1.1 b Arquitectura Harvard.**

#### ➤ **Tipos de Microcontroladores**

Los microcontroladores disponen generalmente también de una gran variedad de dispositivos de entrada/salida, como convertidores especializados como I2C y CAN.

Los microcontroladores mas utilizados son:

- AVR
- ARM
- MSP430
- PIC

Para el presente proyecto se utilizo el microcontrolador PIC 16F877

### **4.1.2 Descripción General**

#### ➤ **Los PIC.-**

Los Pic, fascinan a los diseñadores, puede ser por la velocidad, el precio, la facilidad de uso, la información, las herramientas de apoyo. quizás un poco de todo eso es lo que produce esa imagen de sencillez y utilidad.

Los detalles mas importantes que vuelven “locos” a los profesional es de la microelectrónica y microinformática y las razones de la excelente acogida que tienen los PIC son las siguientes:

- Sencillez de manejo.- Tiene un juego de instrucciones reducido, 35 en la gama media.

- Buena información.- Fácil de conseguir y económica.
- Precio.- Su costo es comparativamente inferior al de sus competidores.
- Posee una elevada velocidad de funcionamiento.- Buen promedio de parámetros: velocidad, consumo, tamaño, código compacto, etc...
- Herramientas de desarrollo fáciles y baratas.- Muchas herramientas software se pueden recoger libremente a través de Internet desde Microchip.
- Existe una gran variedad de herramientas hardware.- Permiten grabar, depurar, borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- Diseño rápido
- La gran variedad de modelos de PIC.- Permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.

**Nota:** Por estas características explicadas anteriormente hemos decidido utilizar para nuestro proyecto microcontrolador tipo PIC.

#### ➤ **Tipos de PIC.-**

Esta familia, desarrollada por la casa **Microchip**, se divide en cuatro gamas:

- Gama enana
- Gama baja
- Gama media
- Gama alta

➤ **Gama enana.**- Son de 8 patitas, se trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 patitas. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5V y 5.5V y consumen menos de 2mA cuando trabajan a 5V y 4MHz.

➤ **Gama baja (PIC12C (F)XXX de 8 pines)**.- Se trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 pines.

El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones respectivamente.

➤ **Gama media (PIC16 CXXX con instrucciones de 14 bits)**.- Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 pines hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos.

Dentro de esta gama se halla el fabuloso PIC16F877 que usaremos en el presente proyecto.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndoles mas adecuados en las aplicaciones complejas.

Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.

Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits.

El TMR1 que hay en esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asincrónicamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo (sleep), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.

También dispone de interrupciones y de una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

➤ **Gama alta (PIC17 CXXX con instrucciones de 16 bits)**.- Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente.

La característica mas destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos, para este fin los pines sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos.

➤ **Descripcion del PIC16F877A**

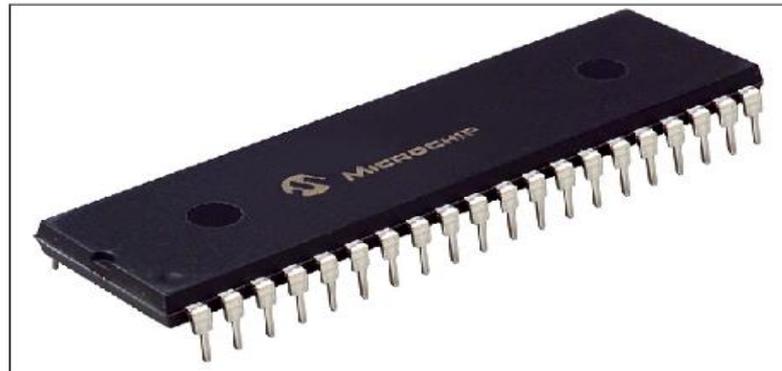
El PIC16F877A de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes ventajas que lo distinguen de otras familias :

Arquitectura Harvard

- ✓ Tecnología RISC
- ✓ Tecnología CMOS

Estas ventajas se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución, dichos PIC pueden convertirse en módulos de transmisión (Tx) y recepción (Rx) de radio-frecuencia por lo tanto elegimos este PIC por las cualidades que este posee. **Ver figura**

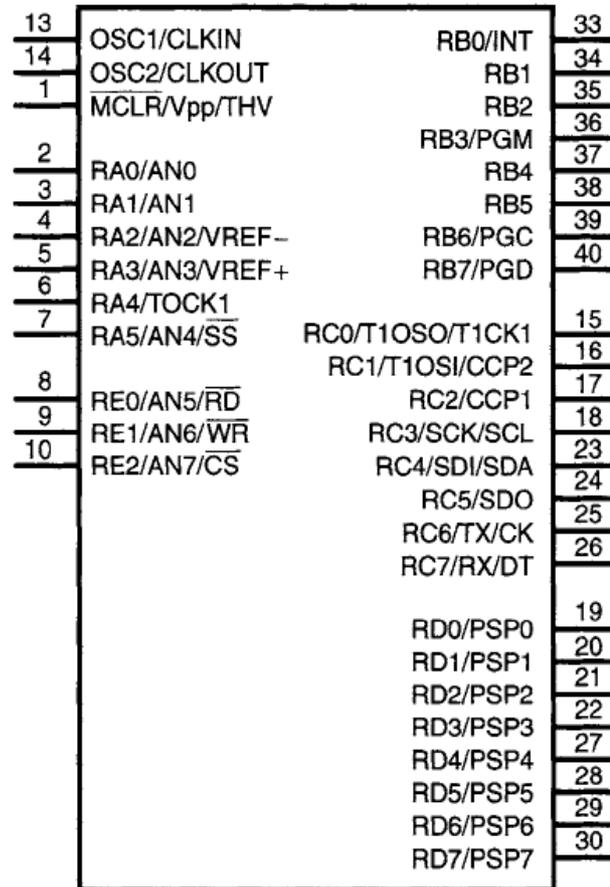
**4.1.2 b**



**Fig 4.1.2 b Pic17F877A.**

### 4.1.3 Características

Los terminales de entrada y salida son 40. Ver figura 4.1.3



**Fig.4.1.3 Pines del PIC16F877A**

Los principales componentes específicos que incorpora el **PIC16F877A** son :

- ✓ Temporizador
- ✓ Perro guardián
- ✓ Protección ante fallo de alimentación
- ✓ Estado de reposo o de bajo consumo
- ✓ Conversor A / D
- ✓ Conversor D / A
- ✓ Comparador analógico
- ✓ Modulador de anchura de pulsos o PWM

- ✓ Puertas de E / S digitales
- ✓ Puertas de comunicación.

### **Principales:**

- ✓ Set de instrucciones reducido (RISC), 35 instrucciones.
- ✓ Las instrucciones se ejecutan en un solo ciclo de maquina excepto los saltos que requieren 2 ciclos.
- ✓ Opera con una frecuencia de reloj de hasta 20 MHz (ciclo de maquina de 200 ns).
- ✓ Memoria de programa FLASH : 8K posiciones de 14 bits.
- ✓ Memoria de datos RAM : 368 de 8 bits.
- ✓ Memoria de datos EEPROM : 256 de 8 bits.
- ✓ Stack de harward de 8 niveles
- ✓ Manejo de interrupciones (hasta 14 fuentes)
- ✓ Posee 5 PUERTOS de entrada y salida denominados PORTA,PORTB,...PORTE, bidireccionales.
- ✓ Protección de código programable.
- ✓ 3 Timers.
- ✓ Modulos de comunicación serie, comparadores, PWM.

### **Especiales :**

- ✓ La memoria de programa se puede reescribir hasta 1.000 veces
- ✓ La memoria EEPROM se puede reescribir hasta 1'000.000 de veces
- ✓ Los datos almacenados en la memoria EEPROM se retiene por 40 años y no se borran al quitar al circuito.
- ✓ 8 Conversores Analógico / Digital, A/D

### **Otros terminales :**

- ✓ VDD : Positivo de alimentacion 3 a 5.5.Vcc.
- ✓ VSS : Negativo de alimentacion.
- ✓ MCLR : Master clear reset. Si el nivel logico de este terminal es bajo (0Vcc), el microcontrolador permanece inactivo.
- ✓ OSC1/CLKIN : Entrada del oscilador (cristal), externo
- ✓ OSC2/CLKOUT : Salida del oscilador (cristal), externo.

## Aspectos Internos

El PIC 16F877a pertenece a la familia de la gama media, con una compactación de código superior a la de sus competidores, incorpora tres características de avanzada que son:

- Procesador tipo RISC (Computador de juego de instrucciones reducido).
- Procesador segmentado
- Arquitectura Harvard.

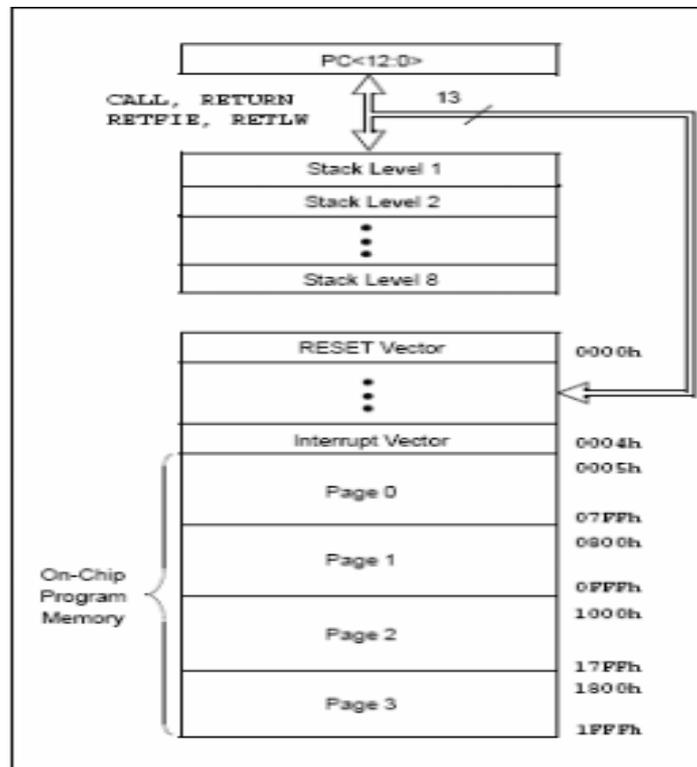
Estos recursos hacen que el PIC sea capaz de ejecutar instrucciones solamente en un ciclo de instrucciones, salvo las de salto que tardan el doble.

La estructura segmentada permite realizar simultáneamente las dos fases en que se descompone cada instrucción. Al mismo tiempo que se están desarrollando la fase de ejecución de una instrucción se realiza la fase de búsqueda de la siguiente.

La separación de los tipos de memoria son los pilares de la arquitectura Harvard, gracias a esto se puede acceder en forma simultánea e independiente a la memoria de datos a las instrucciones.

## Organización de la memoria del PIC 16F877a

Existen tres bloques de memoria dentro de un PIC 16F87X. La memoria de programa y la memoria de datos tienen buses separados por lo que es posible el acceso a la misma en forma concurrente. El tercer bloque de memoria es la memoria de datos EEPROM. **Ver figura 4.1.3 b.**



**Fig. 4.1.3 b Mapa de la memoria de programa y STACK del PIC16F877.**

### **Organización de la memoria de programa.**

El dispositivo PIC16F877X, tiene un program counter de 13-bits capaz de direccionar 8K x 14 direcciones de memoria. Los dispositivos PIC16F877 tiene 8K x 14 palabras de FLASH program memory. El vector de RESET (por donde comienza a ejecutar el PIC) esta en la direccion 0000h y el vector de interrupciones se encuentra en la direccion 0004h.

### **Organización de la memoria de datos.**

La memoria de datos esta particionada en multiples bancos que contienen los registros de proposito general (General Purpose Registers) y los registros de funciones especiales (Special Function Registers). El PIC16F877a posee un espacio de memoria RAM de datos 368 x 8 dividido en 4 bancos de 128 bytes cada uno. **Ver Tabla 4.1.3.**

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

**Tabla 4.1.3 Selección de Bancos.**

#### **Banco de registros y memoria de datos.**

Los registros son de 8 bits y están formados por cuatro bancos. **Ver figura 4.1.3 c.**

En las primeras posiciones de dichos bancos se encuentran los registros de funciones especiales, seguidos a continuación por los registros de proposición general o memoria de datos.

La memoria de datos SRAM en los pic 16F877 es de 368 bytes. La memoria de trabajo o acumulador (**w**) de 1 byte en la SRAM es un registro de almacenamiento temporal. Este registro no puede ser accedido de forma directa, pero su contenido sí puede moverse a otro registro al que sí puede accederse directamente. Cada operación aritmética que se realiza utiliza el registro w.

Todos los bancos implementados contienen registros de funciones especiales. Algunos de los registros de funciones especiales que son accedidos frecuentemente desde un banco pueden ser espejados en otro banco para reducir el código y lograr un acceso más rápido a los mismos.

File Address	File Address	File Address	File Address
00h	00h	00h	00h
01h	01h	01h	01h
02h	02h	02h	02h
03h	03h	03h	03h
04h	04h	04h	04h
05h	05h	05h	05h
06h	06h	06h	06h
07h	07h	07h	07h
08h	08h	08h	08h
09h	09h	09h	09h
0Ah	0Ah	0Ah	0Ah
0Bh	0Bh	0Bh	0Bh
0Ch	0Ch	0Ch	0Ch
0Dh	0Dh	0Dh	0Dh
0Eh	0Eh	0Eh	0Eh
0Fh	0Fh	0Fh	0Fh
10h	10h	10h	10h
11h	11h	11h	11h
12h	12h	12h	12h
13h	13h	13h	13h
14h	14h	14h	14h
15h	15h	15h	15h
16h	16h	16h	16h
17h	17h	17h	17h
18h	18h	18h	18h
19h	19h	19h	19h
1Ah	1Ah	1Ah	1Ah
1Bh	1Bh	1Bh	1Bh
1Ch	1Ch	1Ch	1Ch
1Dh	1Dh	1Dh	1Dh
1Eh	1Eh	1Eh	1Eh
1Fh	1Fh	1Fh	1Fh
20h	20h	20h	20h
21h	21h	21h	21h
22h	22h	22h	22h
23h	23h	23h	23h
24h	24h	24h	24h
25h	25h	25h	25h
26h	26h	26h	26h
27h	27h	27h	27h
28h	28h	28h	28h
29h	29h	29h	29h
2Ah	2Ah	2Ah	2Ah
2Bh	2Bh	2Bh	2Bh
2Ch	2Ch	2Ch	2Ch
2Dh	2Dh	2Dh	2Dh
2Eh	2Eh	2Eh	2Eh
2Fh	2Fh	2Fh	2Fh
30h	30h	30h	30h
31h	31h	31h	31h
32h	32h	32h	32h
33h	33h	33h	33h
34h	34h	34h	34h
35h	35h	35h	35h
36h	36h	36h	36h
37h	37h	37h	37h
38h	38h	38h	38h
39h	39h	39h	39h
3Ah	3Ah	3Ah	3Ah
3Bh	3Bh	3Bh	3Bh
3Ch	3Ch	3Ch	3Ch
3Dh	3Dh	3Dh	3Dh
3Eh	3Eh	3Eh	3Eh
3Fh	3Fh	3Fh	3Fh
40h	40h	40h	40h
41h	41h	41h	41h
42h	42h	42h	42h
43h	43h	43h	43h
44h	44h	44h	44h
45h	45h	45h	45h
46h	46h	46h	46h
47h	47h	47h	47h
48h	48h	48h	48h
49h	49h	49h	49h
4Ah	4Ah	4Ah	4Ah
4Bh	4Bh	4Bh	4Bh
4Ch	4Ch	4Ch	4Ch
4Dh	4Dh	4Dh	4Dh
4Eh	4Eh	4Eh	4Eh
4Fh	4Fh	4Fh	4Fh
50h	50h	50h	50h
51h	51h	51h	51h
52h	52h	52h	52h
53h	53h	53h	53h
54h	54h	54h	54h
55h	55h	55h	55h
56h	56h	56h	56h
57h	57h	57h	57h
58h	58h	58h	58h
59h	59h	59h	59h
5Ah	5Ah	5Ah	5Ah
5Bh	5Bh	5Bh	5Bh
5Ch	5Ch	5Ch	5Ch
5Dh	5Dh	5Dh	5Dh
5Eh	5Eh	5Eh	5Eh
5Fh	5Fh	5Fh	5Fh
60h	60h	60h	60h
61h	61h	61h	61h
62h	62h	62h	62h
63h	63h	63h	63h
64h	64h	64h	64h
65h	65h	65h	65h
66h	66h	66h	66h
67h	67h	67h	67h
68h	68h	68h	68h
69h	69h	69h	69h
6Ah	6Ah	6Ah	6Ah
6Bh	6Bh	6Bh	6Bh
6Ch	6Ch	6Ch	6Ch
6Dh	6Dh	6Dh	6Dh
6Eh	6Eh	6Eh	6Eh
6Fh	6Fh	6Fh	6Fh
70h	70h	70h	70h
71h	71h	71h	71h
72h	72h	72h	72h
73h	73h	73h	73h
74h	74h	74h	74h
75h	75h	75h	75h
76h	76h	76h	76h
77h	77h	77h	77h
78h	78h	78h	78h
79h	79h	79h	79h
7Ah	7Ah	7Ah	7Ah
7Bh	7Bh	7Bh	7Bh
7Ch	7Ch	7Ch	7Ch
7Dh	7Dh	7Dh	7Dh
7Eh	7Eh	7Eh	7Eh
7Fh	7Fh	7Fh	7Fh
80h	80h	80h	80h
81h	81h	81h	81h
82h	82h	82h	82h
83h	83h	83h	83h
84h	84h	84h	84h
85h	85h	85h	85h
86h	86h	86h	86h
87h	87h	87h	87h
88h	88h	88h	88h
89h	89h	89h	89h
8Ah	8Ah	8Ah	8Ah
8Bh	8Bh	8Bh	8Bh
8Ch	8Ch	8Ch	8Ch
8Dh	8Dh	8Dh	8Dh
8Eh	8Eh	8Eh	8Eh
8Fh	8Fh	8Fh	8Fh
90h	90h	90h	90h
91h	91h	91h	91h
92h	92h	92h	92h
93h	93h	93h	93h
94h	94h	94h	94h
95h	95h	95h	95h
96h	96h	96h	96h
97h	97h	97h	97h
98h	98h	98h	98h
99h	99h	99h	99h
9Ah	9Ah	9Ah	9Ah
9Bh	9Bh	9Bh	9Bh
9Ch	9Ch	9Ch	9Ch
9Dh	9Dh	9Dh	9Dh
9Eh	9Eh	9Eh	9Eh
9Fh	9Fh	9Fh	9Fh
A0h	A0h	A0h	A0h
A1h	A1h	A1h	A1h
A2h	A2h	A2h	A2h
A3h	A3h	A3h	A3h
A4h	A4h	A4h	A4h
A5h	A5h	A5h	A5h
A6h	A6h	A6h	A6h
A7h	A7h	A7h	A7h
A8h	A8h	A8h	A8h
A9h	A9h	A9h	A9h
AAh	AAh	AAh	AAh
A Bh	A Bh	A Bh	A Bh
AC h	AC h	AC h	AC h
AD h	AD h	AD h	AD h
AE h	AE h	AE h	AE h
AF h	AF h	AF h	AF h
B0 h	B0 h	B0 h	B0 h
B1 h	B1 h	B1 h	B1 h
B2 h	B2 h	B2 h	B2 h
B3 h	B3 h	B3 h	B3 h
B4 h	B4 h	B4 h	B4 h
B5 h	B5 h	B5 h	B5 h
B6 h	B6 h	B6 h	B6 h
B7 h	B7 h	B7 h	B7 h
B8 h	B8 h	B8 h	B8 h
B9 h	B9 h	B9 h	B9 h
BA h	BA h	BA h	BA h
BB h	BB h	BB h	BB h
BC h	BC h	BC h	BC h
BD h	BD h	BD h	BD h
BE h	BE h	BE h	BE h
BF h	BF h	BF h	BF h
C0 h	C0 h	C0 h	C0 h
C1 h	C1 h	C1 h	C1 h
C2 h	C2 h	C2 h	C2 h
C3 h	C3 h	C3 h	C3 h
C4 h	C4 h	C4 h	C4 h
C5 h	C5 h	C5 h	C5 h
C6 h	C6 h	C6 h	C6 h
C7 h	C7 h	C7 h	C7 h
C8 h	C8 h	C8 h	C8 h
C9 h	C9 h	C9 h	C9 h
CA h	CA h	CA h	CA h
CB h	CB h	CB h	CB h
CC h	CC h	CC h	CC h
CD h	CD h	CD h	CD h
CE h	CE h	CE h	CE h
CF h	CF h	CF h	CF h
D0 h	D0 h	D0 h	D0 h
D1 h	D1 h	D1 h	D1 h
D2 h	D2 h	D2 h	D2 h
D3 h	D3 h	D3 h	D3 h
D4 h	D4 h	D4 h	D4 h
D5 h	D5 h	D5 h	D5 h
D6 h	D6 h	D6 h	D6 h
D7 h	D7 h	D7 h	D7 h
D8 h	D8 h	D8 h	D8 h
D9 h	D9 h	D9 h	D9 h
DA h	DA h	DA h	DA h
DB h	DB h	DB h	DB h
DC h	DC h	DC h	DC h
DD h	DD h	DD h	DD h
DE h	DE h	DE h	DE h
DF h	DF h	DF h	DF h
E0 h	E0 h	E0 h	E0 h
E1 h	E1 h	E1 h	E1 h
E2 h	E2 h	E2 h	E2 h
E3 h	E3 h	E3 h	E3 h
E4 h	E4 h	E4 h	E4 h
E5 h	E5 h	E5 h	E5 h
E6 h	E6 h	E6 h	E6 h
E7 h	E7 h	E7 h	E7 h
E8 h	E8 h	E8 h	E8 h
E9 h	E9 h	E9 h	E9 h
EAh	EAh	EAh	EAh
EBh	EBh	EBh	EBh
EC h	EC h	EC h	EC h
ED h	ED h	ED h	ED h
EE h	EE h	EE h	EE h
EF h	EF h	EF h	EF h
F0 h	F0 h	F0 h	F0 h
F1 h	F1 h	F1 h	F1 h
F2 h	F2 h	F2 h	F2 h
F3 h	F3 h	F3 h	F3 h
F4 h	F4 h	F4 h	F4 h
F5 h	F5 h	F5 h	F5 h
F6 h	F6 h	F6 h	F6 h
F7 h	F7 h	F7 h	F7 h
F8 h	F8 h	F8 h	F8 h
F9 h	F9 h	F9 h	F9 h
FA h	FA h	FA h	FA h
FB h	FB h	FB h	FB h
FC h	FC h	FC h	FC h
FD h	FD h	FD h	FD h
FE h	FE h	FE h	FE h
FF h	FF h	FF h	FF h

Fig 4.1.3 c Organización de la memoria de datos.

### El reloj.

Para que el PIC pueda procesar las instrucciones, es necesario un reloj cuya frecuencia es parametro fundamental en el momento de establecer la velocidad de ejecucion de las instrucciones y en el consumo de energia.

El tiempo en que tarda en ejecutarse una instrucción se llama ciclo de instrucción, en los PIC's un ciclo de instrucion emplea cuatro periodos de reloj.

Todas las instrucciones del PIC se realiza en un ciclo de instrucción, salvo las de salto, que tardan el doble.

### Aplicaciones.

Estas y otras características lo hacen ideal en aplicaciones tales como: Automotrices, Industriales, Electronica de consumo asi como en equipos e instrumentos programables de todo tipo.

## 4.2 Tipos de Software

Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. Microchip Technology INC, cuya central se encuentra en Chandler- Arizona, fabricante del microcontrolador de nuestro PIC. Esta empresa se mantiene a la cabeza frente a los demás competidores debido a la gran variedad, velocidad, bajos costos, bajos consumos de potencia y gran disponibilidad de herramientas para su programación.

La mayoría de PIC's que Microchip distribuye hoy en día incorporan ICSP (In Circuit Serial Programming) programación serie incorporada o LVP(Low Voltage Programming) programación a bajo voltaje, lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino.

### 4.2.1 Programadores para PIC

Existen una gran cantidad de programadores como PICStar Plus (puerto serie), Promate II (puerto serie), MPLAB PM3 (puerto serie y USB), ICD2 (puerto serie y USB), Ic-prog 1.05, WinPic 800 (puerto paralelo, serie y USB), etc.

**NOTA:** Para este proyecto se utilizara el Ic-prog 1.05, porque es un buen programador compatible con nuestro quemador.

### 4.2.2 Instalación y Configuración PIC IC-PRO Vers 1.05

El ic-prog es una herramienta fundamental para el programador de microcontroladores en general, ya que este permite grabar el archivo .HEX en el micro. Ingresamos a la página de Ic-prog.com, no olvidar la raya porque también hay otra pagina, que no nos sirve.

Aparece una pantalla y damos click en donde dice Download, **Ver figura 4.2.2**

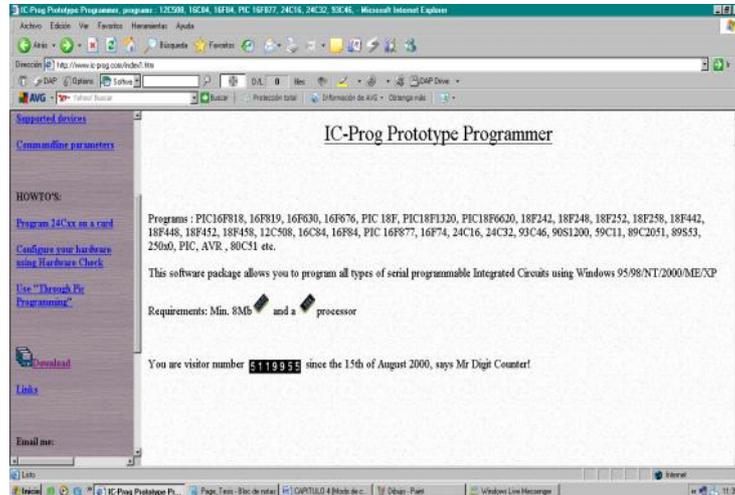


Fig 4.2.2 Ventana de descarga del Ic-prog.

Aparecera en Download una serie de programas en esta pantalla se puede descargar tres archivos simultáneamente. Ver figura 4.2.2 b el primero es el programa **ic-prog 1.05C**, el segundo es el driver para **Windows NT/2000** (driver) y XP, que se necesita si tenemos estos sistemas operativos y el tercero es una ayuda en español.

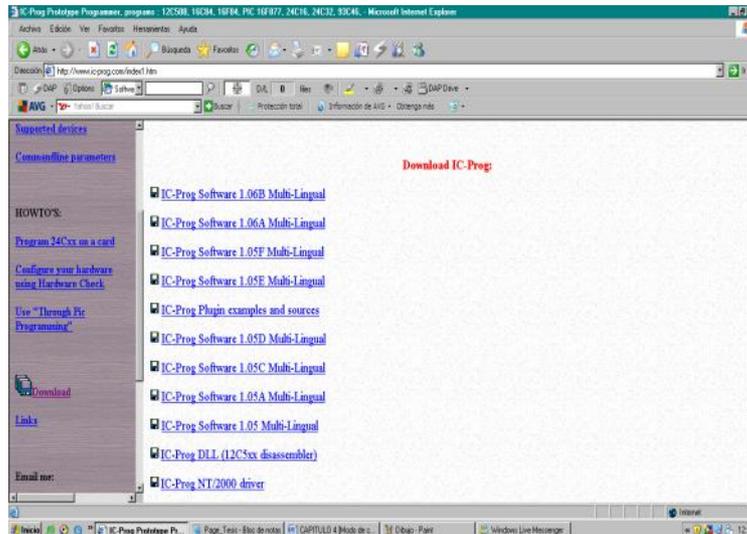


Fig 4.2.2 b Ventana de programas a descargar.

### 4.2.2.1 Instalación del Software Programador

Para instalar este software se necesita tener Winzip en el computador, este es el encargado de descomprimir el archivo lc-prog 1.05C.zip, una vez localizado el archivo a través del explorador se descomprime el archivo, aparecerá una ventana de lc-prog 1.05C con su ejecutable en el interior.

La instalación del software lc-prog no tiene ninguna complicación, simplemente se descomprime los ficheros bajados y se obtiene los ficheros de programa :

- ✓ Icprog1.05C.zip (ic-prog.exe), el programa en si.
- ✓ Help\_spanish.zip (icprog.chm), el programa de ayuda.
- ✓ Icprog\_driver.zip (icprog.sys), driver para Win NT/2000/XP.

### 4.2.2.2 Grabando el PIC IC-PRO

**Paso 1.-** Seleccionamos el dispositivo a programar (microcontrolador). Ver figura 4.2.2.2 , en nuestro caso PIC16F877a.

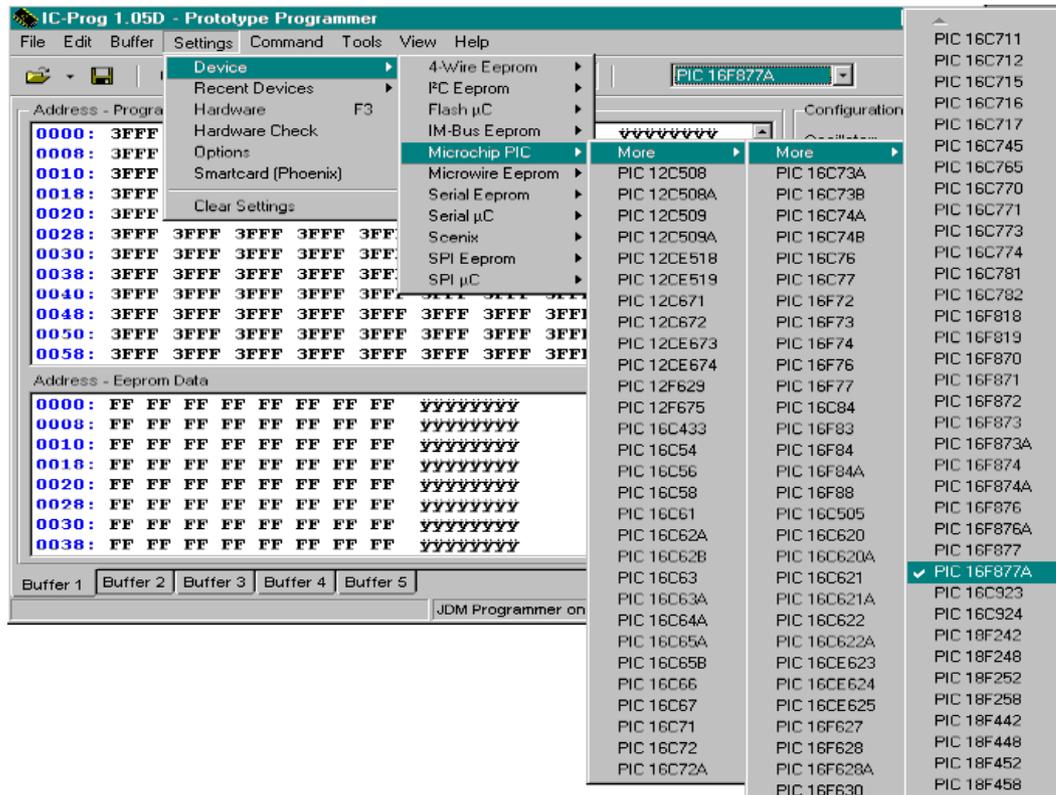
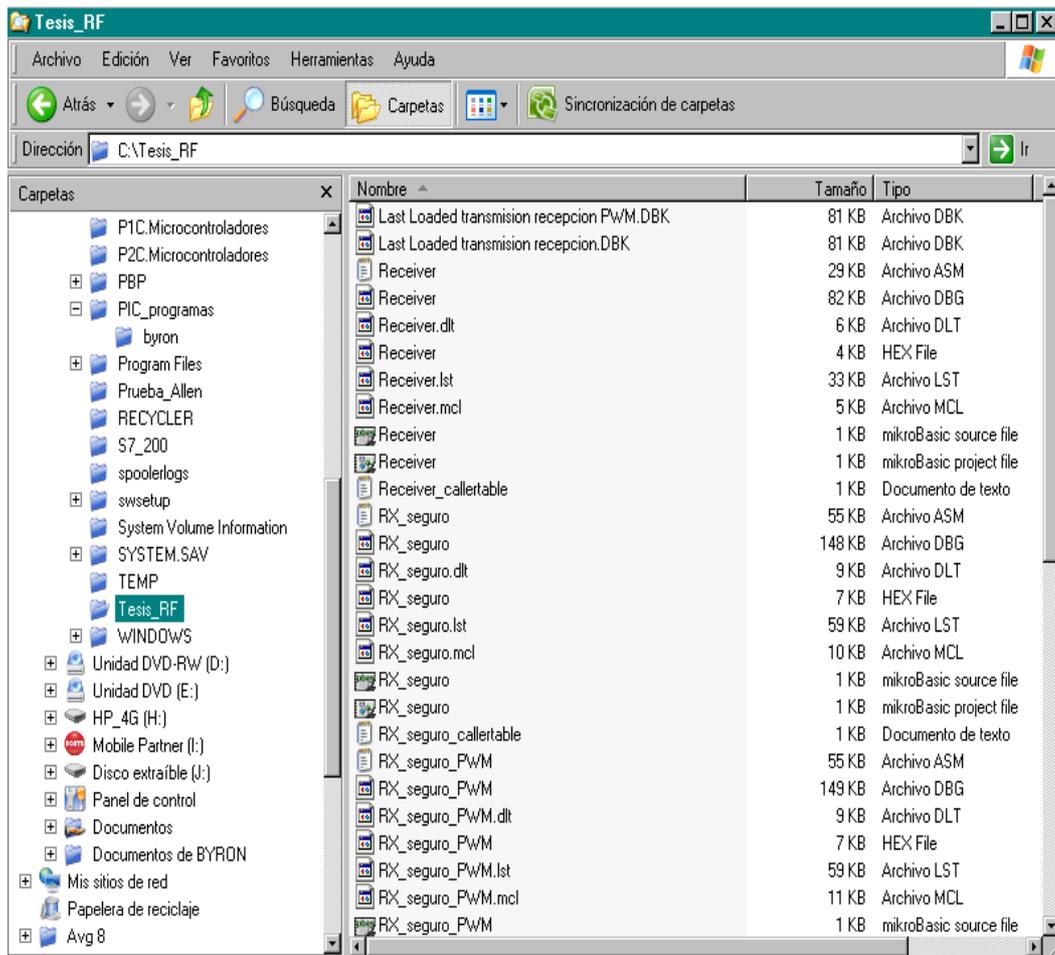


Fig 4.2.2.2 Ventana del Ic-prog.

**Paso 2.-** Seleccionar el fichero de código para programar el PIC. **Ver figura**

#### 4.2.2.2.b

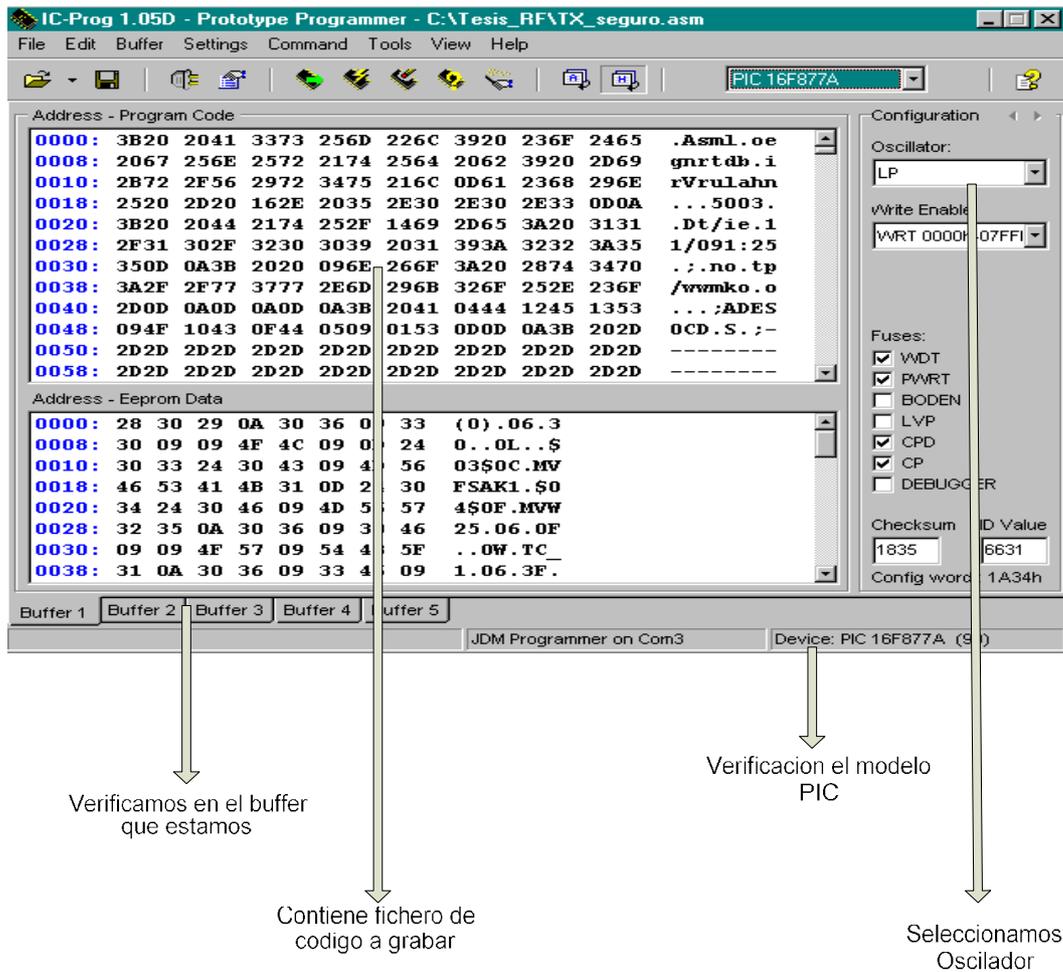


**Fig.4.2.2.2 b Selección del archivo.hex**

El código se queda cargado en el buffer que se selecciono, en espera a que se realice alguna acción con el.

Al cargar el fichero de código, se modifica los valores del oscilador y los bits de configuración (seleccionado por el usuario).

**Paso 3.- Verificación de la información. Ver figura 14.2.2 c**



**Fig.4.2.2.2 c Descripción de elementos de Ic-prog.**

**Paso 4.- Grabación del microcontrolador. Ver figura 4.2.2.2 d.**



**Fig.4.2.2.2 d Iconos de Ic-prog usados para grabar en el PIC.**



.- Permite leer el contenido del microcontrolador PIC.



.- Este botón realiza la programación del microcontrolador, es decir carga el archivo hexadecimal al PIC.



.- Permite borrar el contenido del microcontrolador y dejarlo en blanco para poder ser grabado nuevamente.

La grabación del micro controlador por si mismo no tiene un mensaje de terminado correctamente o de error, sino que es la verificación la que nos da el **OK** o el **ERROR**, por lo que convierte tener activada la verificación después de la grabación.

Si no está activada la verificación después de la grabación, pulsamos el botón verificar, se obtiene los cuadros de proceso de verificación y al final el siguiente mensaje de confirmación, que indica que todo está correcto, se pulsa **Aceptar** y se concluye la grabación del micro controlador.

Si en este punto se obtiene un error de verificación en 0000h, indica que en la primera posición ya contiene un error. **Ver figura 4.2.2.2e**



**Fig.4.2.2.2 e Mensaje de ERROR al grabar en el PIC.**

La mayoría de las veces este error indica que se ha producido un fallo de comunicación con el dispositivo bien físicamente, bien por una configuración incorrecta, por lo que se realiza un chequeo de las posibles causas que puede ser :

- ✓ Revisar la programación del PIC sin tener ningún otro chip en el programador.
- ✓ Borrar el PIC antes de grabarlo.
- ✓ Realizar la programación del PIC sin estar trabajando con ninguna otra aplicación, ya que este proceso requiere de una gran dedicación de la máquina para él.
- ✓ Si es necesario, reiniciar el equipo lo más limpio posible (antivirus,etc...) para realizar la grabación sin pérdida de recursos y procesos de terceros.

## 4.3 Lenguaje de Programación para PIC

Para hacer funcionar un PIC hay que primero programarlo, pero no en lenguaje español, inglés, alemán, chino, portugués, etc...

Es decir que para que el PIC realice lo que tu quieras que haga, tienes que aprender su lenguaje, existen diferentes lenguajes:

- ✓ **Lenguaje de alto nivel.**- Permite que los algoritmos se expresen en un nivel y estilo de escritura fácilmente legible y comprensible por el hombre. En la actualidad se trata de lenguajes de tipo visual
- ✓ **Lenguaje de bajo nivel.**- El usuario se acerca un poco más al lenguaje de máquina. Permiten un acceso más amplio al control físico de la máquina (hardware).
- ✓ **Lenguaje ensamblador.**- Se considera al lenguaje de más alto nivel. El usuario escribe código en el mismo idioma del procesador. Se tiene control total del sistema. Es necesario un conocimiento de la arquitectura mecánica del procesador para realizar una programación efectiva. El lenguaje de programación es muy específico para cada modelo a otro de procesador dentro de un mismo fabricante.

Estos lenguajes generan un código en Assembler para luego "darselo" al PIC, pero el PIC tampoco sabe leer en estos lenguajes, para eso se necesita un compilador, que transforma lo escrito en un archivo ".hex"

Existen una gran cantidad de lenguajes como: PicBasic Pro, MicroCode Studio, PCWH, Basic Stamp II,

### 4.3.1 MicroCode Studio

Es un ambiente de desarrollo integrado visual. Fue diseñado específicamente para los compiladores microEngineering Labs, PicBasic y PicBasic Pro.

Es un programa editor de texto como el bloc de notas de Windows, pero con la diferencia que este está hecho exclusivamente para facilitar la programación de los micro controladores PIC, los procedimientos para programar son muy sencillos, primero se escribe el programa y se guarda bajo un nombre, y por último se presiona el botón compilar, si el programa está bien escrito y sin falla compilara y mostrara en la parte inferior izquierda el espacio que requiere en el PIC, y enseguida se creara automáticamente 4 archivos **.dlt**, **.lst**, **.mcl**, **.hex**, siendo este ultimo el más importante para el PIC y es el que se graba en el micro controlador.

### 4.3.2 Características Principales MicroCode Studio

- ✓ Coloración total del código fuente.
- ✓ Puede identificar y saltar rápidamente a las sentencias tales: include, symbols, defines, variables y etiquetas usando la ventana de explorador de códigos.
- ✓ Identifica y permite corregir los errores de compilación de código.
- ✓ Soporta compilación de código para una gran cantidad de micro controladores.

### 4.3.3 Pantallas de MicroCode Studio

. Ver figura 4.3.3

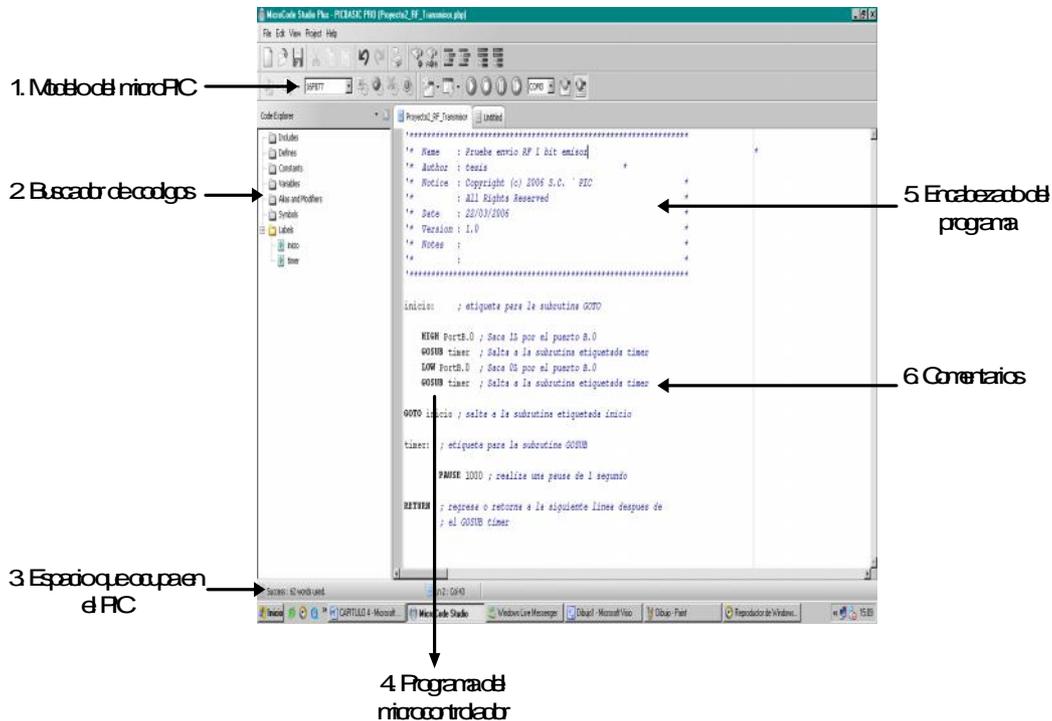


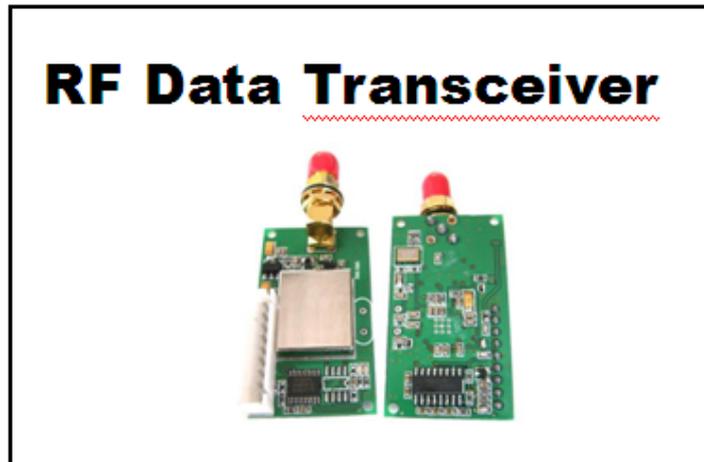
Fig. 4.3.3 Partes de Microcode Studio.

#### 4.3.4 Descripción de los Componentes MicroCode Studio

1. Modelo del MicroPIC .- Esto s lo primero que se debe escoger antes de empezar a programar, seleccionar de acuerdo al modelo del PIC que se va a programar.
2. Buscador de código .- Aquí se va adicionando cada que vez cree una variable, incluimos define, o creamos algunos nombres de línea, sirve para saber que componentes incluyen en el programa y también como buscador de líneas, para esto basta con dar un click en el nombre de la línea que se desea encontrar y automáticamente indica.
3. Espacio que ocupa en el PIC .- Este si es el espacio que requiere en el PIC y aparece una vez que se compila el programa, se debe fijar si alcanza en el PIC que se dispone o debemos reemplazar por otro de mayor capacidad.
4. Programa del microcontrolador .- En esta parte escribimos nuestro programa Microcode studio.
5. Encabezado del programa .- Se utiliza para comentarios en los que se obtiene incluir nombre, fecha, autor y una explicación en breves palabras de cómo y para que sirve el programa.
6. Comentarios .- Es recomendable usar comentarios todo el tiempo, aunque sea obvio para usted, alguien podría necesitar y para uno mismo, dentro de un tiempo determinado no recordara ni como se lo hizo, ni como funciona, ni para que servia tal instrucción.

#### 4.4 Modulo de Transmisión RF MODEM -RS232

El YS1020 serie de modulo de radio frecuencia RF, de baja potencia diseñados para sistemas de datos UART en la transmisión de corto alcance. El YS1020 de Texas Instruments (Chipcon) CC1020 RF IC, trabaja en la banda de frecuencia ISM, half duplex (enviar y recibir datos). **Ver figura 4.4.**

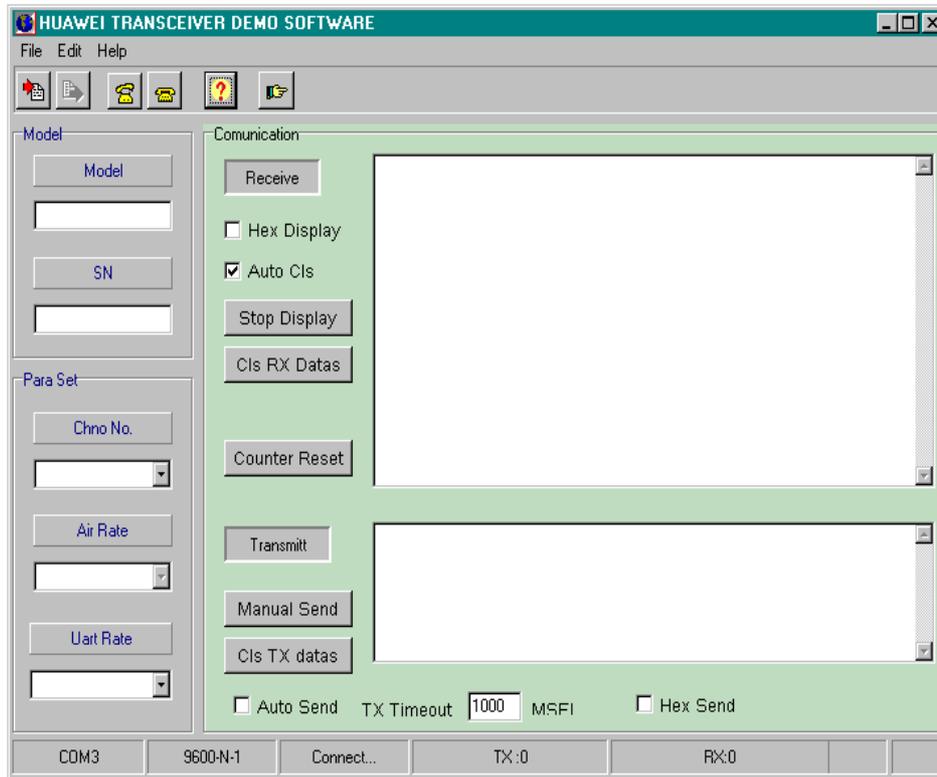


**Fig.4.4 Módulos de transmisión RF.**

Los módulos pueden conectarse directamente con los procesadores monolíticos, PC, dispositivos RS485 y otros componentes con UART RS232, RS485 y UART/TTL interfaz de puerto. El interfaz transparente de datos, la desnudez y el diseño hace que este modulo sea llevado en aplicaciones industriales ya sea en el interior o al aire libre, en nuestro caso al aire libre

#### **4.4.1 Instalación y Configuración del Software HUAWEI transceiver Demo software v1.02**

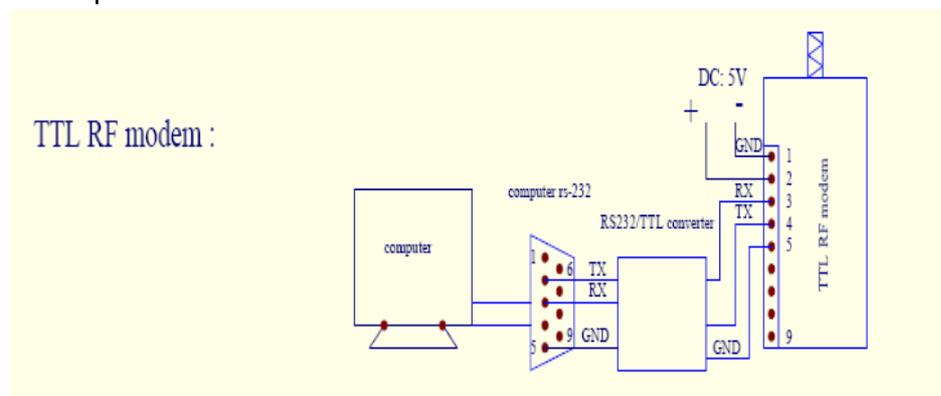
En la adquisición del modulo de transmisión, vino el software Huawei para ingresar ciertos parámetros, en la pagina del fabricante se puede descargar el software existiendo allí ciertas versiones que igual son compatibles con nuestro equipo de transmisión de datos, el YS1020. **Ver figura 4.4.1**



**Fig.4.4.1 Pantalla del Software Huawei.**

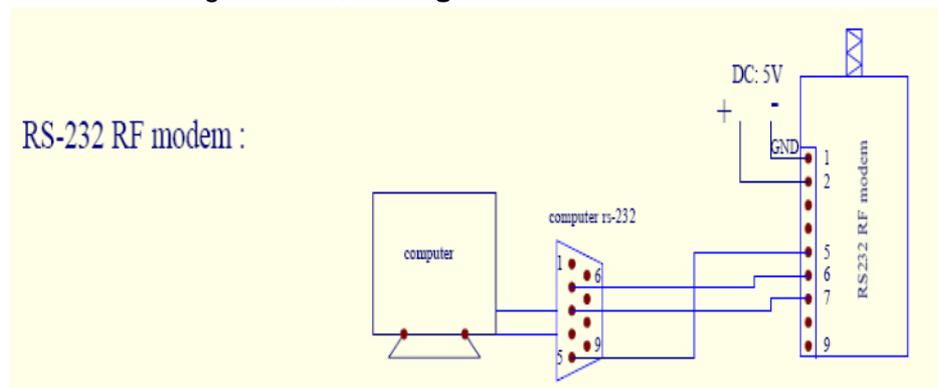
#### 4.4.2 Configuración de Canales por Set de Transmisión

El modulo RF, posee la siguiente características de cableado, **Ver figura 4.4.2.** Alimentado a 5Vdc, y configuración DB9 entre PC y el periférico (modulo RF) en la recepción de parámetros vía software.



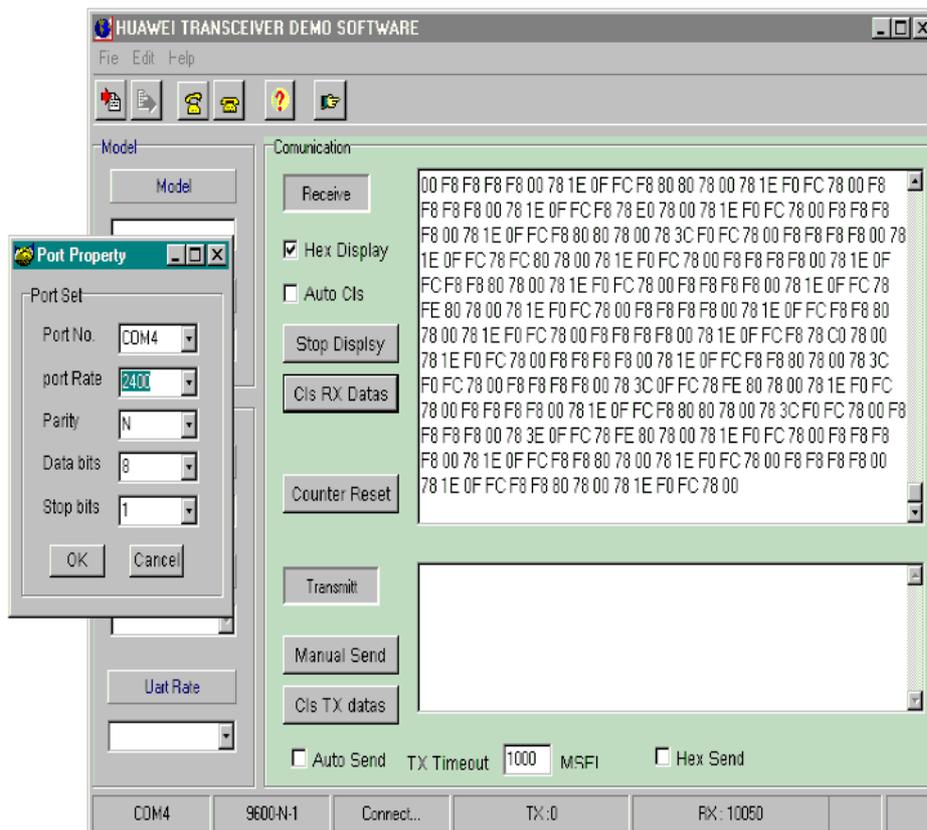
**Fig.4.4.2 Conexión TTL con PC del modulo RF.**

En modo convertidor RS232 a TTL, la transmisión nos fue muy útil, ya que en RS232 no recibimos señal física, **Ver figura 4.4.2 b.**



**Fig.4.4.2 b Conexión RS232 con PC del modulo RF.**

Una vez teniendo la conexión correcta, procedemos a set via software, llamamos al modulo RF, **Ver figura 4.4.2 c**, agregamos los parámetros para set el modulo de transmisión RF como el Channel, Air Rate, Port No, Parity, Data bits.



**Fig.4.4.2 c Parámetros y Monitoreo del Emisor.**

En este caso, set con el Puerto Com 4, Port Rate 2400. Cabe destacar que los 2 módulos se tiene que proceder a configurar de la misma manera (Emisor y Receptor), si estuvieran a parámetros distintos no se comunicarían entre ellos.

## 4.5 Programación del Circuito PIC 16F877A

### 4.5.1 Programación Emisor

\*\*\*\*\*

'Autores: Byron Rivera and Juan Carlos Ortega

'Proyecto Tesis: Transmisión RF Emisor

'Notas: Con estas sentencias transmitiremos 4 -20mA

' de un sensor ultrasonido de nivel hacia

' un receptor.

\*\*\*\*\*

```
program TX_seguro      'Label
dim ADCdata as word    'declara variable ADCdata
dim aux as string[20]  'declara variable aux
dim data as string[20] 'declara variable data
dim delim as string[20] 'declara variable delim

main:

CMCON = 7      'convierte todo el puerto A en digital
ADCON1 = $8E   'conf.del PORTA.1 como canal analogico
TRISA = 1      'config pins PortA como entrada
TRISD = 0      'config pins PortD como salida
Usart_Init(2400) 'iniciliza USART
delim = "OK"   'parametro delimitador o de b loqueo
portd.0=1      'inicializa led indicador de transmicion dato
```

```

while TRUE
    ADCdata = Adc_Read(0)      'analog to digital
    WordToStr(ADCdata, aux)    'convierte palabra ADCdata to string
    Strcat(aux,delim)          'concatena delim en aux
    data=aux                    'cambio de variable
    Usart_Write_Text(data)     'envia el dato de caracteres via USART Tx
    portd.0= 0
    delay_ms (500)              'wait 1/2 segundo etapa de envio
    portd.0= 1
    delay_ms (500)              'wait 1/2 segundo etapa envio led on
end
end.

```

## 4.5.2 Programación Receptor

```

*****

```

```

'Autores: Byron Rivera and Juan Carlos Ortega

```

```

'Proyecto Tesis: Transmisión RF Receptor

```

```

'Notas: Con estas sentencias recibiremos la respuesta

```

```

'   de un sensor ultrasonido de nivel desde un

```

```

'   Emisor.

```

```

*****

```

```

program RX_SEGURO_DAC      'Label de transmicion

```

```

dim value as word          'declara variable value

```

```

dim txt as string[10]      'declara variable txt
dim delim as string[10]   'declara variable delim

main:

CMCON = 7                 'convierte todo el puerto A en digital
ADCON1 = $07              'digitaliza el puerto analog A
TRISB=0                   'puerto B como salida
TRISE=0                   'puerto E como salida
Usart_Init(2400)          'inicializa USART y estabiliza comunicacion Baud
delim = "OK"              'parametro delimitador o de bloqueo
PORTE.0=0                 'el puerto RE0 como salida

```

```

while TRUE

```

```

    if Usart_Data_Ready() = 1 then  'si el DATO "txt" es recibido
        Usart_Read_Text(txt,delim)  'lee el DATO hasta delim OK
        value = StrToWord(txt)       'convierte string "txt" to palabra value
        PORTB = value>>2            'desplaza 2 bits menos significativos "OK"
        delay_ms (500)              'wait 1/2 segundo etapa de recibir
        PORTE.0=1                   'indicador recibir dato LED OFF
        delay_ms (500)              'wait 1/2 segundo etapa de recibir
        PORTE.0=0                   'indicador recibir dato LED ON

```

```

    end if

```

```

    PORTE.0=0                       'indicador dato LED ON salida de ciclo

```

```

wend

```

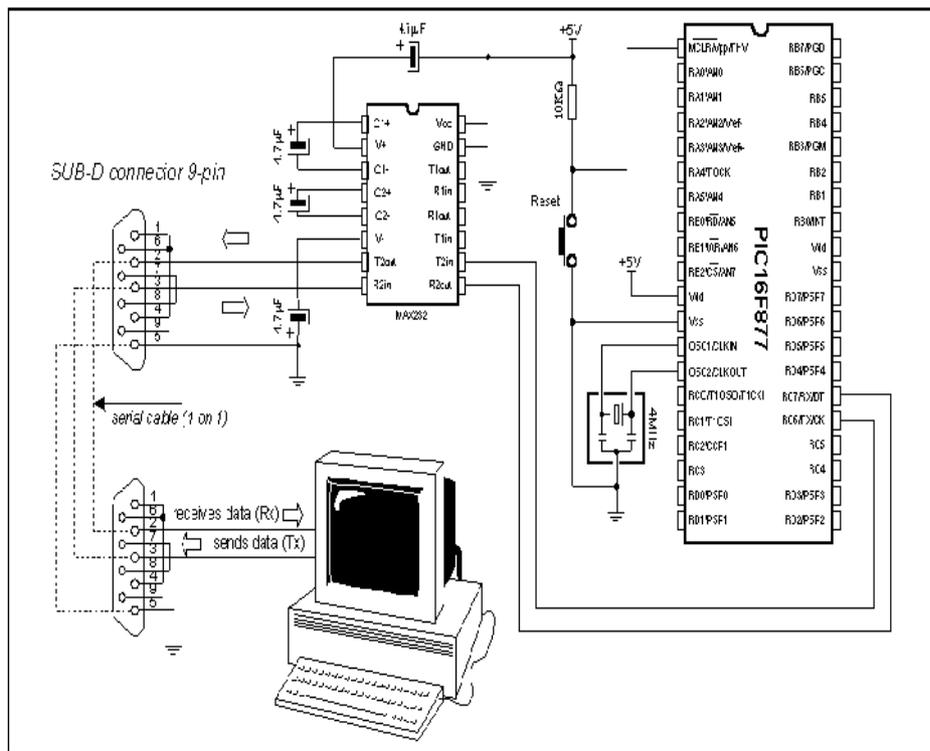
```

end.

```

### 4.5.3 Conexiones de Módulos RF con PIC 16F877

La forma más fácil de transferir datos entre el micro controlador y cualquier otro dispositivo por ejemplo, PC (en nuestro caso **modulo RF**) o un micro controlador, es la comunicación RS-232 (también conocida como EIA RS-232C o V.24). RS232 es un estándar para el intercambio de datos binarios en serie entre un equipo (DTE Data Terminal) y un equipo (DCE Comunicación de datos), comúnmente utilizado en los puertos de serie de computadoras personales. Se trata de una serie asíncronos 2-line (para la transmisión Tx y Rx para la recepción) de comunicación, **Ver figura 4.5.3.**



**Fig.4.5.3 Conexión del PIC 16f877A con Tx y Rx**

Micro controlador puede establecer comunicación con puerto serie RS -232 en línea a través de hardware UART (Receptor Transmisor Universal Asíncrono) que es una parte integral de los micro controladores PIC16F87X. UART contiene registros de amortiguación especial para recibir y transmitir datos, así como un generador de baudios para fijar la tasa de transferencia.

Este ejemplo o bosquejo muestra la transferencia de datos entre el micro controlador y el PC (en nuestro caso el **modulo de RF**) conectado por RS-232 interfaz de línea de MAX232 que tiene función de ajustar los niveles de señal en

el lado del micro controlador (convierte RS-232 niveles de tensión + / - 10V a niveles TTL 0-5V y viceversa) como muestra anteriormente la **figura 4.5.3**.

## CAPITULO 5

### 5.-ENSAMBLAJE, PRUEBAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

#### 5.1 Instalación del Sistema de Transmisión RF con el sensor Ultrasonico

El sensor ultrasonido como mencionamos en el capítulo 3, es configurable para Voltaje 0-10V y como Corriente 4-20 mA. Partimos que el PIC soporta como entrada máximo 5 V, entonces se configuro el sensor como corriente, es ta señal de corriente va en la entrada analógica del Receptor RF pero necesariamente colocamos en paralelo una resistencia de 250 ohmios teniendo como nivel mínimo 1 V y nivel máximo 5 V, rangos que oscila en la entrada analógica del sensor y en la que podemos trabajar algorítmicamente y cuidar de nuestro PIC. Cabe destacar el sistema es de 2 hilos, en una la señal del sensor y en la otra la tierra referenciada entre PIC y sensor.

Por otro lado en la parte del Receptor recibimos la señal proveniente del E misor mediante la antena vía RS 232 al PIC, pero teniendo como intermediario el circuito integrado max 232, que sirve de arbitro para que convierta a TTL la señal que ingresa al PIC -5 V y 5 V.

En el programa Receptor del PIC la señal que ingresa del emisor es reflejada en 8 bits configurado como salida el puerto B variando de 0 a 256 bits la respuesta del emisor 1V a 5 V, siendo realmente 4 – 20mA, la salida de 8 bits la convertimos analógica mediante un DAC 0808 (convertidor digital analógico), referenciada a 10 V, pero mediante resolución propia del circuito integrado nos da 9.96 V idealmente bajo formula de resolución indicada en la figura, **Ver figura 5.1**

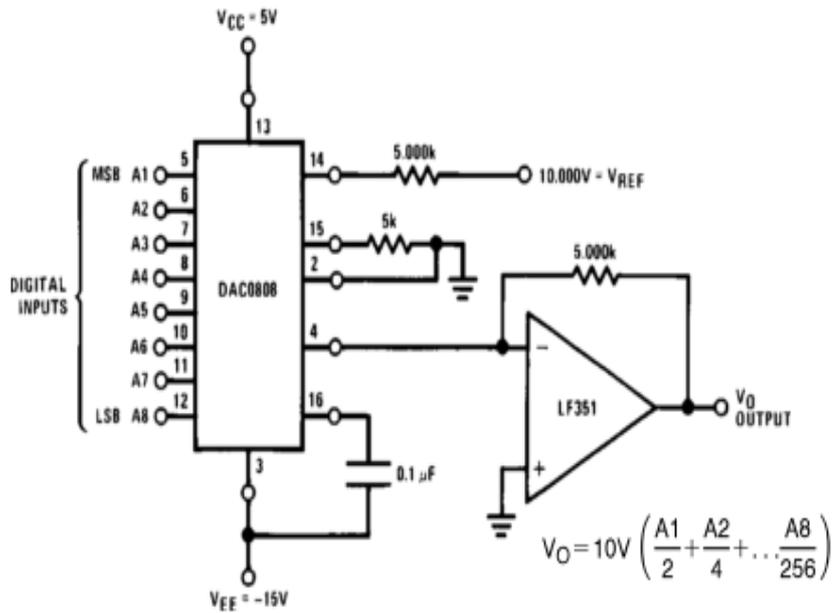


Fig. 5.1 Diagrama de conexión del DAC 0808

A continuación tenemos el diseño del circuito impreso del Emisor, **Ver figura 5.1 b** y Receptor **Ver figura 5.1c**

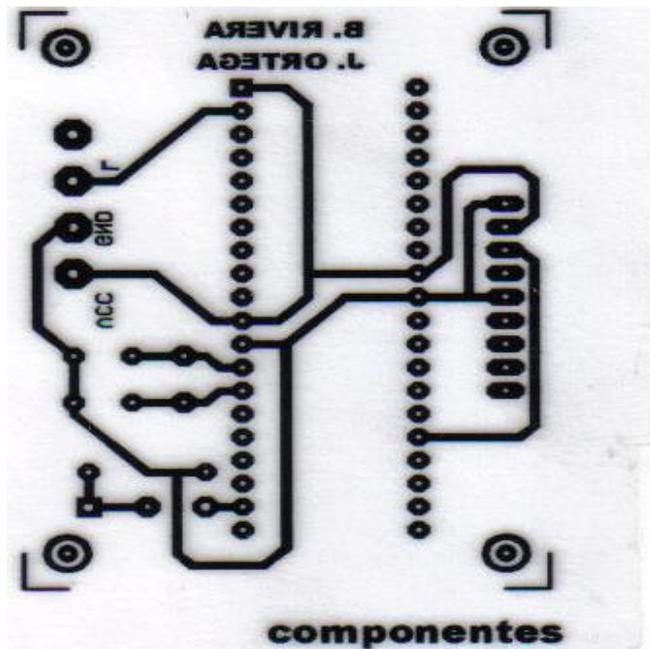


Fig. 5.1 b Circuito impreso de Emisor RF.

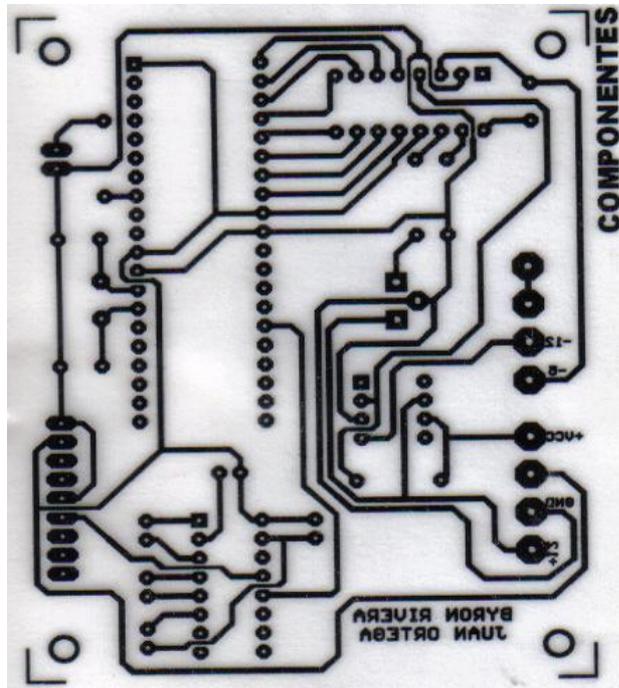


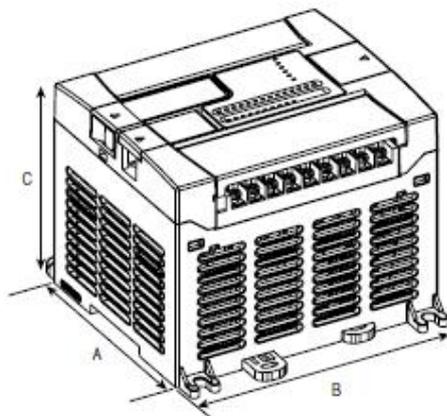
Fig. 5.1 c Circuito impreso Receptor RF.

## 5.2 Montaje y Conexiones de Componentes de Control

### 5.2.1 PLC Micrologix 1200 Allen Bradley

Para el montaje del PLC 01 se tomo dimensiones las cuales para el modelo L24AWA son las siguientes como indica en la Figura 5.2.1

Este modelo puede ser empotrado con tornillos o se puede utilizar la regleta DIN.



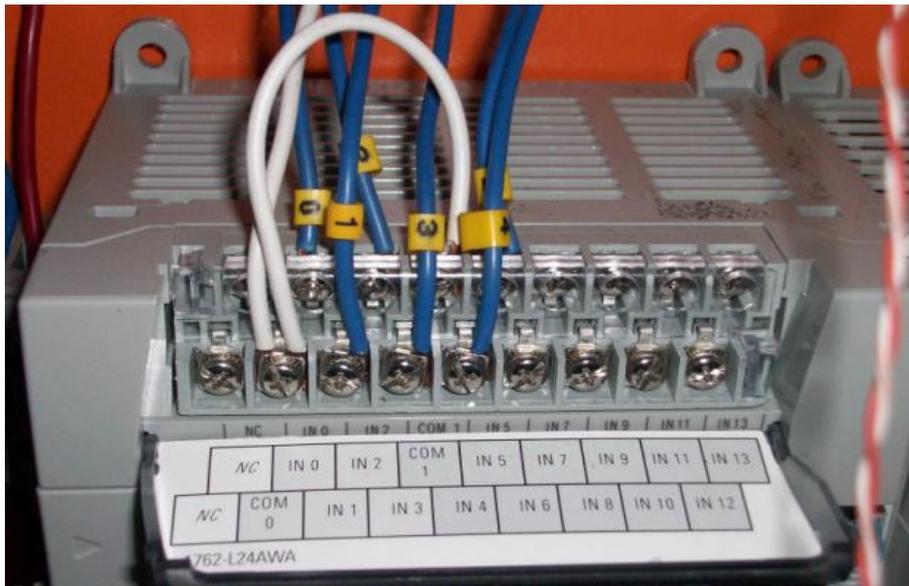
A	90 mm (3.5 in.)
B	110 mm (4.33 in.)
C	87 mm (3.43 in.)

Figura 5.2.1

Se realizo la conexión de las entradas previamente identificadas como son: paro de emergencia, paro, marcha, auto/manual y aux de contactor, y a la vez se conectaron sus comunes .Para esta conexión se utilizo cable # 18 rígido color azul.

Igualmente se realizo las conexiones de salidas digitales como son de la bomba , luz piloto roja , verde, bobina de contactor ,para estas conexiones se utilizo cable # 18 rígido color rojo. También se realizo la alimentación de los terminales con 110 Vac para su respectiva activación.

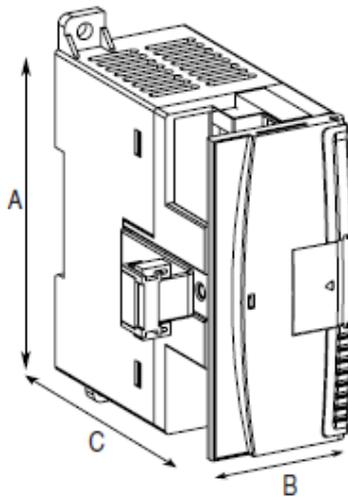
Se realizo la conexión del cable de comunicación RS -232 a DIN-9 como se indica en la figura 5.2.1b



**Figura 5.2.1b**

### 5.2.2 Expansor Analógico IF2OF2

Las dimensiones de un expansor analógico EA 01 son las siguientes como se muestra en la figura 5.2.2

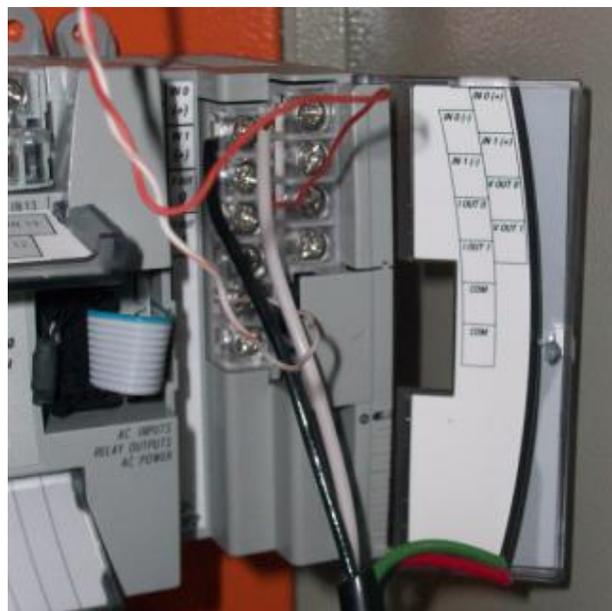


Dimension	Expansion I/O Module
A	90 mm (3.5 in.)
B	40 mm (1.57 in.)
C	87 mm (3.43 in.)

**Figura 5.2.2**

El expansor analógico IF2OF2 tiene conectado dos señales analógicas de (0 -10 Vdc). La primera señal está direccionada a la entrada I:1.0 que son los terminales IN0(+) ,IN0(-). Esta señal es proveniente del sensor ultrasónico que censa el nivel.

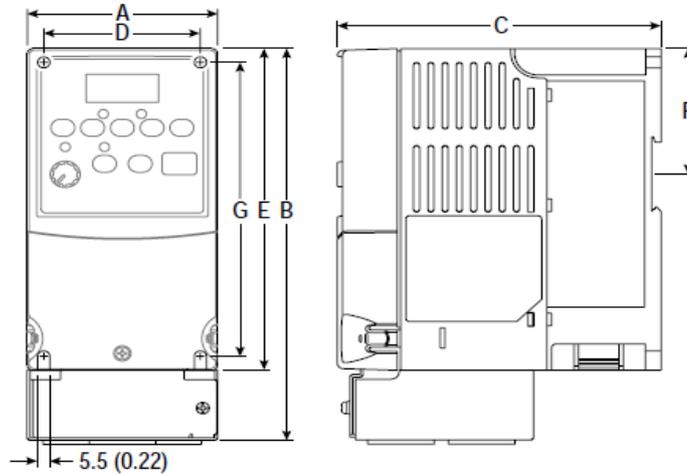
La segunda conexión está direccionada como O:1.0 y está conectado en los terminales Vout 0 ,COM, que es la que controla la velocidad de la bomba controlando el caudal. como se indica en la figura 5.2.2b



**Figura 5.2.2b**

**5.2.3 Variador Power Flex 4**

Las dimensiones de un Power Flex 4 son las siguientes como se indica en la figura 5.2.3



Bastidor	A	B <sup>(2)</sup>	C	D	E <sup>(3)</sup>	F	G	Peso de Envío
A	80 (3.15)	185 (7.28)	136 (5.35)	67 (2.64)	152 (5.98)	59.3 (2.33)	140 (5.51)	1.4 (3.1)

**Figura 5.2.3**

Las conexiones del variador para el control de arranque, utilizamos un rela y de 8 pines con bobina de 110 Vac, en la cual utilizamos un común de 24 Vdc proveniente del variador para dar RUN al variador conectado en la borna 02. Se puede apreciar en la siguiente figura 5.2.3b



**Figura 5.2.3b**

Para el control de velocidad la señal proveniente del expansor analógico se conecta en la borna 13 y 14 respectivamente.

La alimentación de fuerza en el variador es 220 Vac VL -L que va conectada en los terminales de entrada R/L1,S/L2,T/L3 y en los terminales de salida

U/T1,V/T2,W/T3 va conectado el motor, es importante conectar a tierra el motor y el variador PE. Podemos apreciar la siguiente figura 5.2.3c



**Figura 5.2.3c**

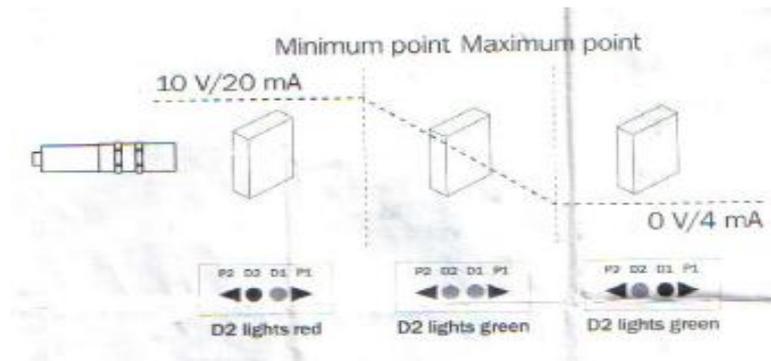
#### **5.2.4 Sensor Ultrasónico UM30 13113**

El sensor ultrasónico UM3013110, se lo instalo en la parte superior del tanque, **Ver figura 5.2.4**



**Fig. 5.2.4 Imagen de ubicación del sensor SICK UM3013113.**

Cabe recordar que se lo calibro de menor a mayor nivel de agua, dando 4 – 20mA respectivamente, **Ver figura 5.2.4 b**



**Fig. 5.2.4 b Característica de salida decreciente.**

Es decir el tanque tiene una altura limite de 0-100cm, pero nuestro sensor tiene un margen de seguridad del 20%, pues lo montamos y probamos de 0 – 80 cm (nivel bajo y nivel alto), dándonos 4 – 20mA respectivamente.

### 5.3 Acoplamiento de Motor y Bomba

Acoplamos un motor trifásico Siemens de 0.5 HP con una bomba centrífuga monofásica de 1 / 2 HP.

#### 5.3.1 Piezas de Acoplamiento

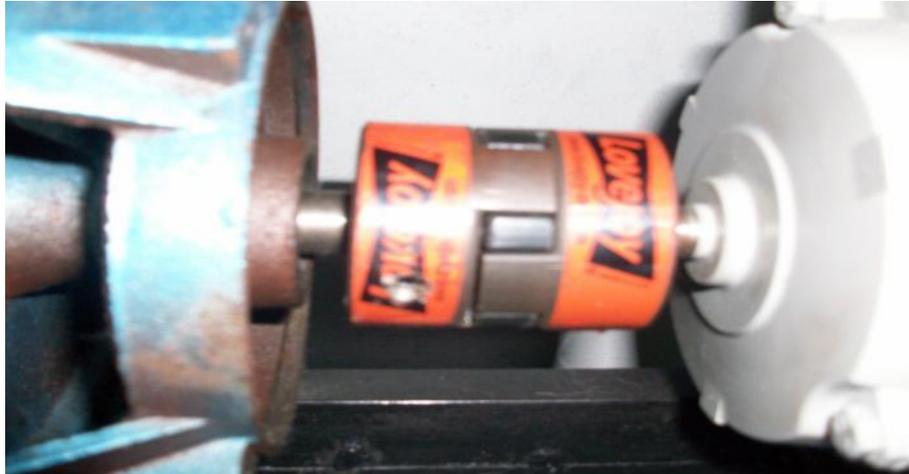
El acoplamiento elástico LOVEJOY tipo L, se compone de 2 manguos simétricos de acero sinterizado y un elemento en forma de estrella.

Los manguos disponen de varias aletas, sobre las que queda intercalado el elemento elástico. Ello significa que es un acoplamiento que trabaja a compresión. En caso de rotura del elemento elástico, el acoplamiento continua acoplado al sistema.

Los manguos son de acero sinterizado y se suministran con agujeros mecanizados a tolerancia H7 con chaveteros según DIN 6885 y un tornillo prisionero sobre chaveta.

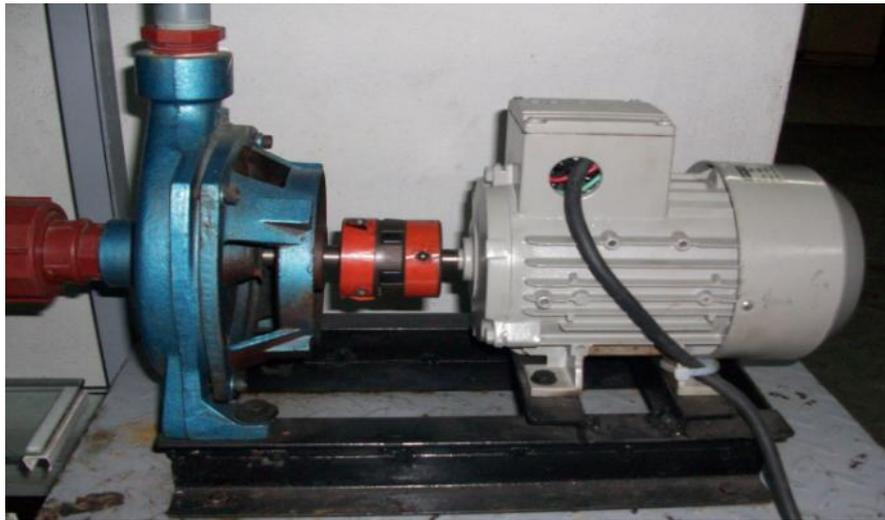
El elemento elástico (estrella) en nuestro acople es de caucho nitrilico (NBR) color negro, de gran elasticidad, Tipos E-A.

Por medio de un matrimonio marca Lovejoy tipo L 0.75 acoplamos el sistema Bomba - Motor, por cuanto era mas económico. **Ver Figura 5.3.**



**Fig. 5.3 Acoplamiento de ejes Motor y Bomba con matrimonio .**

Una vez el sistema acoplado, tendremos una bomba trifásica siendo accionada o excitada sus aspas por el eje del motor, **Ver figura 5.3 b**



**Fig. 5.3 b Imagen de la succión y expulsión de la bomba.**



Conexión Estrella  
Doble ,6  
Terminales

## 5.4 Conexión de Tuberías

### 5.4.1 Codos

Para el sistema de succión se utilizo un codo a 90 grados con toma de 1 pulgada PVC, en conjunto con una tuerca universal conectada a la entrada de la bomba como se indica en la siguiente figura 5.4.1



**Figura 5.4.1**

Para el sistema de elevación se utilizo dos codos a 90 grados con toma de  $\frac{3}{4}$  de pulgada con el fin de mejorar la fluidez del líquido como se indica en la siguiente figura 5.4.1b

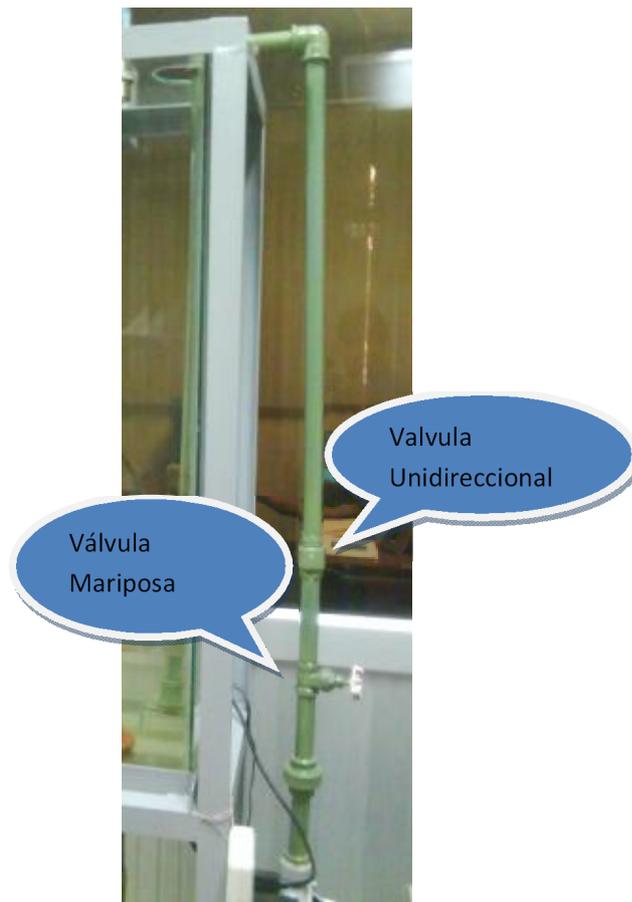


**Figura 5.4.1b**

### 5.4.2 Válvula Mariposa

Se instalo una válvula con toma de  $\frac{3}{4}$  en material de bronce a la salida de la bomba para generar estrangulación y mejorar la altura manométrica de elevación.

Al disminuir el caudal aumentamos la fluidez del liquido, en la siguiente figura se indica la posición de la válvula figura 5.4.2



**Figura 5.4.2**

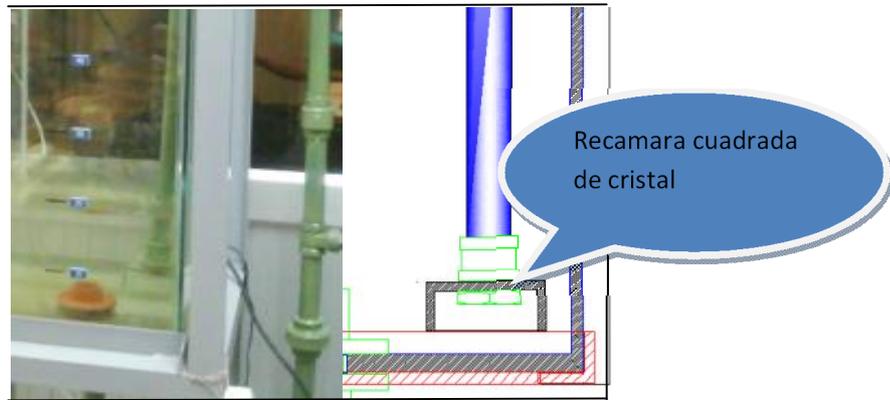
#### **5.4.3 Válvula Unidireccional**

Se instalo una válvula unidireccional con el fin de evitar el retorno del líquido cuando la bomba se apague y a su vez evitar que absorba vacío y al dar un nuevo arranque no succione.

Esta válvula se ubico sobre la válvula mariposa como se indica en la figura 5.4.2

#### **5.4.4 Sistema Contra Turbulencia**

Se diseño un sistema para evitar la turbulencia del líquido cuando este descienda por la tubería mas la presión que ejerce la bomba, como se indica en la siguiente figura 5.4.4

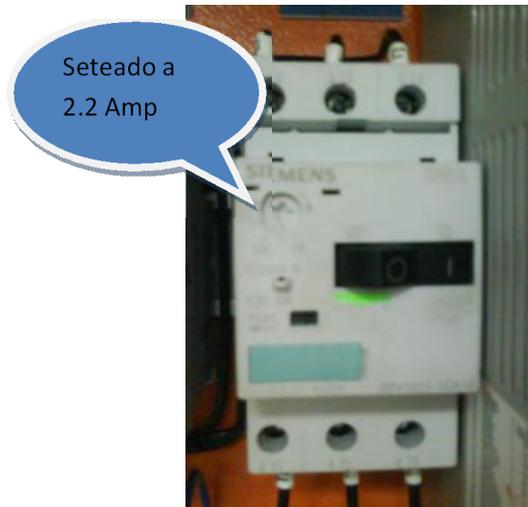


**Figura 5.4.4**

## **5.5 Conexión de Protecciones**

### **5.5.1 Guardamotor**

Se conecto un guardamotor a la entrada del variador de frecuencia con el fin de proteger sobre corrientes este se lo dejara seteado a 2.2 Amp ya que es la corriente nominal(1.8 amp) elevado un 25 % como,se indica en la siguiente figura 5.5.1



**Figura 5.5.1**

### **5.5.2 Disyuntor**

Se instalo dos disyuntores en la acometida del panel con fusibles de 4 Amp cada uno , ya que son de respuesta contra sobre corriente más rápido que un breaker como se indica en la siguiente figura 5.5.2



**Figura 5.5.2**

### 5.6 Mediciones Experimentales

El sistema de control nivel, se estabilizo con los siguientes parámetros del

PID:

**Kc= 20**

**Ti = 300**

**Td = 0**

El sistema de Transmisión RF que consta de un emisor y un receptor, se procedió con pruebas de bajo y máximo voltaje en función de la distancia.

#### 5.6.1 Alcance a Transmitir

Tomando los datos de bajo voltaje a transmitir, emisor-receptor variando distancia tenemos lo siguiente. **Ver tabla 5.6.1**

MEDICIONES DE NIVEL BAJO VOLTAJE EMISOR -RECEPTOR A DISTANCIA		
Distancia (mts)	Emisor (1-5V)	Receptor (0-10V)
5	1	0
10	1	0
15	1	0
20	1	0
25	1	0
30	1	0
35	1	0
40	1	0

**Tabla**

**. 5.6.1 Tabla de mediciones RF a bajo voltaje.**

De la misma forma tomando los datos del voltaje máximo a transmitir, emisor -receptor variando la distancia tenemos lo siguiente, **Ver tabla 5.6.1 b.**

<b>MEDICIONES DE NIVEL ALTO VOLTAJE EMISOR -RECEPTOR A DISTANCIA</b>		
Distancia (mts)	Emisor (1-5V)	Receptor (0-10V)
5	5	9.96
10	5	9.96
15	5	9.96
20	5	9.96
25	5	9.96
30	5	9.96
35	5	9.96
40	5	9.96

**Tabla. 5.6.1 b** Tabla de mediciones RF a alto voltaje.

El sistema una vez calibrado y ejecutando el control de nivel requerido, se adquirió los siguientes datos, **Ver tabla 5.6.1 c.**

<b>ANALISIS DE RESULTADOS</b>					
NIVEL (CM)	FRECUENCIA Hz	EFICIENCIA (%)	VOLT_RECEPTOR (VDC)	VOLT_ENT_VARIADOR (VDC)	CORRIENTE_BOMB A (AMP)
0	0	0	0	0	0
10	36	60	3.2	6.3	1.28
20	39.7	65	4.3	6.66	1.28
30	40.1	68	5.03	7.15	1.28
40	43.8	70	5.93	7.35	1.28
50	40.3	75	6.82	7.84	1.28
60	48	75	7.73	8.1	1.28
70	50	80	8.64	9	1.28
80	54	85	9	10	1.28

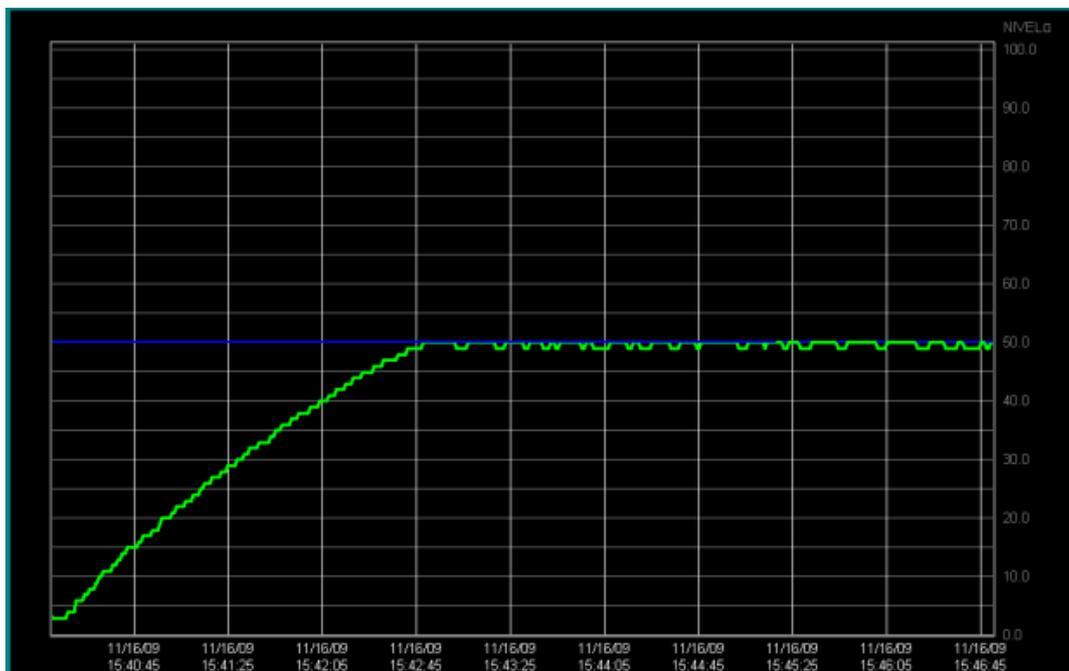
**Tabla. 5.6.1 c** Tabla de resultados generales del sistema.

## 5.6.2 Análisis de Resultados

Como podemos apreciar el valor del voltaje salida del sistema receptor, en la **Tabla. 5.6.1 c**, no obtenemos el voltaje de referencia dado por el DAC0808 que es 10V, cuyo voltaje ingresa al modulo analógico del PLC.

El valor máximo que alcanza el sistema RF de recepción es de 9.96V dado por formula, esto es debido a la resolución del DAC0808 a 256 bits, en cuya teoría que muestra el datasheet no coincide con la práctica valor real 9V.

La corriente de la bomba permanece constante a distintas frecuencias, pero a medida que se fue incremento el nivel hasta setearlo en 50 cm, la curva genero un overshoot, del 2.0% por lo tanto esta en los limites y rangos requeridos. Como podemos apreciar en la grafica.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Las conclusiones son:

1. Al culminar la implementación del sistema didáctico de control de nivel, logramos aprender un poco más del automatismo, generando mayor destreza en la conexión de dispositivos de control como sensor ultrasónico, PLC, variador de frecuencia y dispositivos de protección como guardamotor, disyuntor.
2. Al desarrollar el sistema de transmisión inalámbrica utilizando antenas programables y Micro controladores para la conversión de señal, se programó la salida con un PWM, este a su vez nos generó problemas en el monitoreo de bits ya que la señal oscilaba, ocasionando variación de nivel.
3. Para realizar el monitoreo se utilizó Scada Intouch realizando la comunicación con Rslogix 500 que es el software de programación para los PLC Micrologix 1200, utilizando el software de comunicación RsLinx Classic Lite entre PLC y PC, este no nos permitió conectarnos ya que no maneja el protocolo DDE, por lo que utilizamos el Rslinx Classic Gateway.
4. Al realizar pruebas en modo automático podemos concluir que la frecuencia iba cambiando en forma creciente a medida que se elevaba el setpoint, si este era seteado a 50 cm se genera un sobre pico que es de 2%.
5. Este sistema didáctico de monitoreo de nivel es exacto por lo que podemos concluir que el tiempo de escaneo es de 110 ms, con el fin de que el proceso sea continuo.
6. Con respecto al sistema de bombeo, podemos concluir que la corriente se eleva cuando el reservorio se queda sin líquido, ya que absorbe vacío.
7. Cuando se parametriza el variador, el cual va a ser comandado por una señal analógica proveniente de un PLC, es factible disminuir los tiempos de aceleración y desaceleración.
8. También se puede concluir que la señal emitida por el sensor ultrasónico puede ser afectada por la perturbación, por lo que se

recomienda diseñar un sistema que evite la perturbación del líquido al ser este llenado en el tanque.

### **Las recomendaciones son:**

1. Se recomienda que el motor este bien acoplado y alineado a la bomba con el fin de que no genere vibración afectando el escaneo del sensor ultrasónico, dando a la vez mediciones erróneas.
2. Para un mejor control de nivel de lazo cerrado debemos tener en cuenta que la demanda sea mayor que el consumo, por lo tanto la tubería de descarga se redujo de 1 pulgada a  $\frac{1}{2}$  pulgada, con el fin de evitar esto
3. Se recomienda siempre tener lleno el reservorio, sobre todo cuando esta llegando a su nivel máximo, para evitar que absorba vacío
4. Se recomienda lo mínimo del tiempo de frenado y de aceleración de tal manera que se genere una respuesta rápida en segundos con el fin de que el Bloque PID realice el control de aceleración y desaceleración lo más rápido. Evitando un retardo de ejecución

## ANEXOS

### Especificaciones, Fusibles y Disyuntores

#### Capacidades Nominales del Variador

Número de Catálogo	Capacidades Nominales de Salida		Capacidades Nominales de Entrada			Protección de Circuitos Secundarios			Disipación de Alimentación Eléctrica
	kW (HP)	Amps	Gama de Tensión	kVA	Amps	Fusibles	Protectores de Motor 140 M <sup>(2)</sup>	Contactores	IP20 Watt Abiertos
<b>Entrada monofásica de 100 - 120 V CA (±10%), Salida trifásica de 0 - 230 V</b>									
22A-V1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	90-126	0.75	6.0	10	140M-C2E-C10	100-C09	32
22A-V2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	90-126	1.15	9.0	15	140M-C2E-C16	100-C12	40
22A-V4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	90-126	2.25	18.0	30	140M-D8E-C20	100-C23	55
22A-V6P0N104	1.1 (1.5)	6.0	90-126	3.0	24.0	40	140M-D8E-C25	100-C37	80
<b>Entrada monofásica de 200 - 240 V CA (±10%),<sup>(1)</sup> Salida trifásica de 0 - 230 V, SIN FRENADO</b>									
22A-A1P4N103	0.2 (0.25)	1.4	180-265	0.7	3.2	6	140M-C2E-B40	100-C09	32
22A-A2P1N103	0.4 (0.5)	2.1	180-265	1.05	5.3	10	140M-C2E-B63	100-C09	40
22A-A3P6N103	0.75 (1.0)	3.6	180-265	1.8	9.2	15	140M-C2E-C16	100-C12	55
22A-A6P8N103	1.5 (2.0)	6.8	180-265	3.4	14.2	25	140M-C2E-C16	100-C16	85
22A-A9P6N103	2.2 (3.0)	9.6	180-265	4.8	19.6	30	140M-D8E-C25	100-C23	125
<b>Entrada monofásica de 200 - 240 V CA (±10%),<sup>(1)</sup> Salida trifásica de 0 - 230 V</b>									
22A-A1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	180-265	0.75	5.0	10	140M-C2E-B63	100-C09	32
22A-A2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	180-265	1.15	6.0	10	140M-C2E-B63	100-C09	40
22A-A4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	180-265	2.25	10.0	15	140M-C2E-C16	100-C12	55
22A-A6P0N104	1.5 (2.0)	8.0	180-265	4.0	18.0	30	140M-D8E-C20	100-C23	85
<b>Entrada trifásica de 200 - 240 V CA (±10%), Salida trifásica de 0 - 230 V</b>									
22A-B1P5N104	0.2 (0.25)	1.5	180-265	0.75	1.8	3	140M-C2E-B25	100-C09	32
22A-B2P3N104	0.4 (0.5)	2.3	180-265	1.15	2.5	6	140M-C2E-B40	100-C09	40
22A-B4P5N104	0.75 (1.0)	4.5	180-265	2.25	5.2	10	140M-C2E-C10	100-C09	55
22A-B6P0N104	1.5 (2.0)	8.0	180-265	4.0	9.5	15	140M-C2E-C16	100-C12	85
22A-B012N104	2.2 (3.0)	12.0	180-265	5.5	15.5	25	140M-C2E-C16	100-C16	125
22A-B017N104	3.7 (5.0)	17.5	180-265	8.6	21.0	30	140M-F8E-C25	100-C23	180
<b>Entrada trifásica de 380 - 480 V CA (±10%), Salida trifásica de 0 - 460 V</b>									
22A-D1P4N104	0.4 (0.5)	1.4	340-528	1.4	1.8	3	140M-C2E-B25	100-C09	35
22A-D2P3N104	0.75 (1.0)	2.3	340-528	2.3	3.2	6	140M-C2E-B40	100-C09	50
22A-D4P0N104	1.5 (2.0)	4.0	340-528	4.0	5.7	10	140M-C2E-B63	100-C09	70
22A-D6P0N104	2.2 (3.0)	6.0	340-528	5.9	7.5	15	140M-C2E-C10	100-C09	100
22A-D8P7N104	3.7 (5.0)	8.7	340-528	8.6	9.0	15	140M-C2E-C16	100-C16	150

POTENCIA NOMINAL DEL MOTOR

a) Márgenes de potencia para bombas de canal lateral			
para $P$	< 1,5 kW	25%	$P_M \approx 1,25 \cdot P$
	1,5 a 4 kW	20%	$P_M \approx 1,2 \cdot P$
	> 4 kW	10%	$P_M \approx 1,1 \cdot P$
b) Márgenes de potencia para bombas de flujo radial			
para $P$	< 1,5 kW	50%	$P_M \approx 1,5 \cdot P$
	1,5 a 4 kW	25%	$P_M \approx 1,25 \cdot P$
	4 a 7,5 kW	20%	$P_M \approx 1,2 \cdot P$
	7,5 a 40 kW	15%	$P_M \approx 1,15 \cdot P$
	> 40 kW	10%	$P_M \approx 1,1 \cdot P$

TABLA 2.3.1

**TABLA 1**

TUBO DE ACERO (CEDULA 40) — PERDIDAS POR FRECCION PARA AGUA (EXPRESADAS EN PIES DE CARGA POR CADA 100 PIES DE LONGITUD DE TUBERIA)

Gal. por min.	1/4" plg		3/8" plg		1/2" plg		3/4" plg		Gal. por min.	1" plg		1 1/4" plg		1 1/2" plg	
	V' pies/seg	$h_f$ Fric.		V' pies/seg	$h_f$ Fric.	V' pies/seg	$h_f$ Fric.	V' pies/seg	$h_f$ Fric.						
0.8	2.47	12.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	2.23	2.68	.....	.....	.....	.....
1.0	3.08	19.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	8	2.97	4.34	.....	.....	.....	.....
1.2	3.70	26.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10	3.71	6.06	.....	.....	.....	.....
1.4	4.32	36.3	2.33	7.85	.....	.....	.....	.....	12	4.45	9.62	2.57	2.48	.....	.....
1.6	4.93	45.2	2.68	10.1	.....	.....	.....	.....	14	5.20	12.8	3.00	3.28	.....	.....
1.8	5.53	56.4	3.02	12.4	.....	.....	.....	.....	16	5.94	16.5	3.43	4.20	.....	1.96
2.0	6.17	69.0	3.36	15.0	2.11	4.78	.....	.....	18	6.68	20.6	3.86	5.22	2.84	2.42
2.5	7.71	105.0	4.20	22.6	2.64	7.16	.....	.....	20	7.42	25.1	4.29	6.34	3.15	2.94
3.0	9.25	148.0	5.04	31.8	3.17	10.0	.....	.....	22	8.17	30.2	4.72	7.58	3.47	3.52
3.5	10.79	200.0	5.88	42.6	3.70	13.3	.....	.....	24	8.91	35.6	5.15	8.92	3.78	4.14
4.0	12.33	259.0	6.72	54.9	4.22	17.1	2.41	4.21	26	9.65	41.6	5.58	10.37	4.10	4.81
5	15.42	398	8.40	83.5	5.28	25.8	3.01	6.32	28	10.39	47.9	6.01	11.9	4.41	5.51
6	.....	.....	10.08	118	6.34	36.5	3.61	8.87	30	11.1	54.6	6.44	13.6	4.73	6.26
7	.....	.....	11.8	158	7.39	48.7	4.21	11.8	33	13.0	73.3	7.31	18.2	5.51	8.37
8	.....	.....	13.4	205	8.45	62.7	4.81	15.0	40	14.8	95.0	8.58	23.5	6.30	10.79
9	.....	.....	15.1	258	9.50	78.3	5.42	18.8	45	16.7	119.0	9.65	29.4	7.04	13.45
10	.....	.....	16.8	316	10.56	95.9	6.02	23.0	50	18.6	146	10.7	36.0	7.88	16.4
12	.....	.....	.....	.....	12.7	136	7.22	32.6	55	.....	.....	11.8	43.2	8.67	19.7
14	.....	.....	.....	.....	14.8	183	8.42	43.5	60	.....	.....	12.9	51.0	9.46	23.2
16	.....	.....	.....	.....	16.9	235	9.63	56.3	65	.....	.....	13.9	59.6	10.24	27.1
18	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10.8	70.3	70	.....	.....	15.0	68.8	11.03	31.3
20	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12.0	86.1	75	.....	.....	16.1	78.7	11.8	35.8
22	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13.2	104	80	.....	.....	.....	.....	12.6	40.5
24	.....	.....	.....	.....	.....	.....	14.4	122	85	.....	.....	.....	.....	13.4	45.6
26	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15.6	143	90	.....	.....	.....	.....	14.2	51.0
28	.....	.....	.....	.....	.....	.....	16.8	164	95	.....	.....	.....	.....	15.0	56.5
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	100	.....	.....	.....	.....	15.8	62.2

TABLA 1 (continuación)

Gal. por min.	2 plg		2½ plg		3 plg		4 plg		Gal. por min.	5 plg		6 plg		8 plg	
	V' pies/seg	A <sub>f</sub> Fric.		V' pies/seg	A <sub>f</sub> Fric.	V' pies/seg	A <sub>f</sub> Fric.	V' pies/seg	A <sub>f</sub> Fric.						
25	2.39	1.29	.....	.....	.....	.....	.....	.....	160	2.57	0.487	.....	.....	.....	.....
30	2.87	1.82	.....	.....	.....	.....	.....	.....	180	2.89	0.606	.....	.....	.....	.....
35	3.35	2.42	2.35	1.00	.....	.....	.....	.....	200	3.21	0.736	.....	.....	.....	.....
40	3.82	3.10	2.68	1.28	.....	.....	.....	.....	220	3.53	0.879	2.44	0.357	.....	.....
45	4.30	3.85	3.02	1.60	.....	.....	.....	.....	240	3.85	1.035	2.66	0.419	.....	.....
50	4.78	4.67	3.35	1.94	2.17	0.662	.....	.....	260	4.17	1.20	2.89	0.487	.....	.....
60	5.74	6.59	4.02	2.72	2.60	0.924	.....	.....	300	4.81	1.58	3.33	0.637	.....	.....
70	6.69	8.86	4.69	3.63	3.04	1.22	.....	.....	350	5.61	2.11	3.89	0.851	.....	.....
80	7.65	11.4	5.36	4.66	3.47	1.57	.....	.....	400	6.41	2.72	4.44	1.09	2.57	0.279
90	8.60	14.2	6.03	5.82	3.91	1.96	.....	.....	450	7.22	3.41	5.00	1.36	2.89	0.348
100	9.56	17.4	6.70	7.11	4.34	2.39	2.52	0.624	500	8.02	4.16	5.55	1.66	3.21	0.424
120	11.5	24.7	8.04	10.0	5.21	3.37	3.02	0.877	600	9.62	5.88	6.66	2.34	3.85	0.597
140	13.4	33.2	9.38	13.5	6.08	4.51	3.53	0.17	700	11.2	7.93	7.77	3.13	4.49	0.797
160	15.3	43.0	10.7	17.4	6.94	5.81	4.03	1.49	800	12.8	10.22	8.88	4.03	5.13	1.02
180	.....	.....	12.1	21.9	7.81	7.28	4.54	1.86	900	14.4	12.9	9.99	5.03	5.77	1.27
200	.....	.....	13.4	26.7	8.68	8.90	5.04	2.27	1 000	16.0	15.8	11.1	6.17	6.41	1.56
220	.....	.....	14.7	32.2	9.55	10.7	5.54	2.72	1 100	.....	.....	12.2	7.41	7.03	1.87
240	.....	.....	16.1	38.1	10.4	12.6	6.05	3.21	1 200	.....	.....	13.3	8.76	7.70	2.20
260	.....	.....	.....	.....	11.3	14.7	6.55	3.74	1 300	.....	.....	14.4	10.2	8.34	2.56
280	.....	.....	.....	.....	12.2	16.9	7.06	4.30	1 400	.....	.....	15.5	11.8	8.98	2.95
300	.....	.....	.....	.....	13.0	19.2	7.56	4.89	1 500	.....	.....	.....	.....	9.62	3.37
350	.....	.....	.....	.....	15.2	26.1	8.82	6.55	1 600	.....	.....	.....	.....	10.3	3.82
400	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10.10	8.47	1 700	.....	.....	.....	.....	10.9	4.29
450	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11.4	10.65	1 800	.....	.....	.....	.....	11.5	4.79
500	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12.6	13.0	1 900	.....	.....	.....	.....	12.2	5.31
550	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13.9	15.7	2 000	.....	.....	.....	.....	12.8	5.86
600	.....	.....	.....	.....	.....	.....	15.1	18.6	2 100	.....	.....	.....	.....	13.5	6.43
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2 200	.....	.....	.....	.....	14.1	7.02

NOTA: Las tablas muestran los valores promedio de pérdida de fricción para tubería nueva; para instalaciones comerciales se recomienda aumentar un 15% a los valores mostrados. En estas tablas no se está incluyendo ninguna tolerancia para tomar en cuenta la antigüedad de la tubería.

Modelo		HP	kw	AMPERE		Q = Caudal										
Monofásica	Trifásica			Monofás.	Trifásico	Altura manométrica total (m.c.a.)										
220V - 50 Hz	220/380V - 50 Hz			220V	380V	0.6	1.2	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.4	
						l./min.	10	20	30	45	60	75	90	105	120	140
CM 50	CMI 50	0.5	0.37	3.4	1.0	20.5	20	19	17.5	16	14	11				
CM 100	CMI 100	1.0	0.74	6.0	2.6	33	32.5	31.5	30.5	29.5	27.5	25	21			
CM 150	CMI 150	1.5	1.1	9.5	3.5	40.5	40	39	38	37	34.5	31	27.5			
	CMI 200	2.2	1.65		4.0	50.5	50	49	47.5	46	44.5	42	39	34		
	CMI 300	3.0	2.2		5.3	58.5	58	57	56	55	54	51	48	44	35	

## DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES

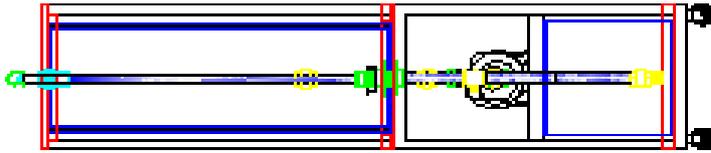
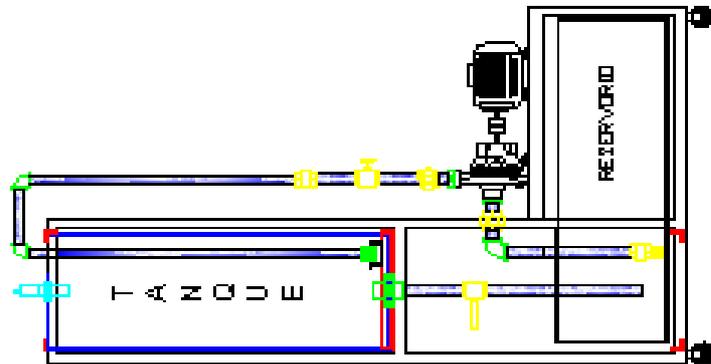
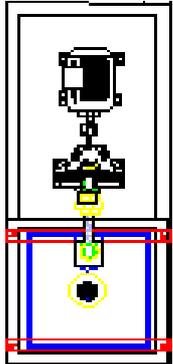
**Tabla A. Longitudes Equivalentes (en m) de las pérdidas de carga localizadas correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas**

Clase de resistencia aislada		Diámetros nominales de las tuberías										Clase de resistencia aislada		Diámetros nominales de las tuberías									
		3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4			3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100			10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15		0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09	
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00		1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80	
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25		4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0	
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97		1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1	
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21		-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-	
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70		-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-	
	"te" arqueada o de curvas ("particiones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	
	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90		3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70	
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50	
	válvula retención de batiente de pistón	0,20	0,30	0,55	0,75	1,15	1,50	1,90	2,65	3,40	4,85		3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00	
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0		general	4,5	m.c.a.	individual	10	m.c.a.					

**Tabla B-1. Factores de pérdida por fricción en PVC rígido**

Factores aproximados, en m/100m (porcentajes). Tubería PVC rígida y nueva.  
Los flujos son en litros por segundos.

Flujo	TAMAÑO DE TUBERÍA								
	.5"	.75"	1"	1.25"	1.5"	2"	2.5"	3"	4"
.10	4.20	1	.25	.08					
.15	8.80	2.20	.53	.17	.07				
.20	15	3.70	.90	.28	.12				
.25	22	5.50	1.35	.44	.18				
.30	31	7.80	1.90	.60	.25				
.35	41	10	2.45	.80	.34				
.40	53	13	3.10	1	.43				
.45	66	16.30	4	1.25	.54	.13			
.50		19	4.80	1.50	.65	.16			
.55		23.50	5.60	1.80	.78	.19			
.60		27.50	6.60	2.10	.90	.22			
.65		32	7.80	1.40	1.04	.25			
.70		36	8.70	2.70	1.19	.28			
.75		41	9.90	3.10	1.32	.33	.10		
.80		45	11	3.50	1.050	.37	.12		
.85		52	12.50	4	1.70	.41	.14		
.90		57	14	4.50	1.90	.45	.15		
.95		63	15	4.90	2.10	.50	.17		
1			16.50	5.40	2.25	.55	.18	.08	
1.05			18	5.80	2.50	.60	.20	.09	
1.10			19.50	6.30	2.70	.67	.22	.10	
1.15			21.50	6.90	2.95	.71	.24	.10	
1.20			23	7.30	3.20	.78	.26	.11	
1.30			26.50	8.60	3.75	.90	.29	.13	
1.40			30	10	4.25	1	.34	.15	
1.50			35	11.20	4.90	1.15	.39	.17	
1.60			39	12.50	5.50	1.30	.43	.19	
1.70			44	14.20	6.05	1.45	.49	.21	
1.80			49	15.90	6.90	1.60	.54	.24	
1.90			55	17.40	7.50	1.80	.60	.26	
2			60	19	8	2	.66	.28	
2.20				22.50	9.70	2.35	.79	.34	
2.40				26.80	11.50	2.75	.90	.40	
2.60				31	13.30	3.20	1.05	.45	
2.80				35.10	15.20	3.70	1.20	.52	
3				40	17	4.20	1.36	.60	
3.20				45	19.30	4.70	1.52	.68	
3.40				50	21.90	5.25	1.70	.75	
3.60				56	24	5.80	1.90	.84	.20
3.80				62	26	6.30	2.10	.90	.22
4				69	29	7	2.30	1	.24
4.50					36	8.80	2.80	1.20	.30
5					44	10.50	3.50	1.50	.37
5.50					62	12.50	4.20	1.75	.44
6						14.70	4.90	2.10	.52
6.50						17	5.60	2.40	.60
7						19.50	6.50	2.80	.70



PROYECTO DE GRADUACION

CONTROL DE NIVEL

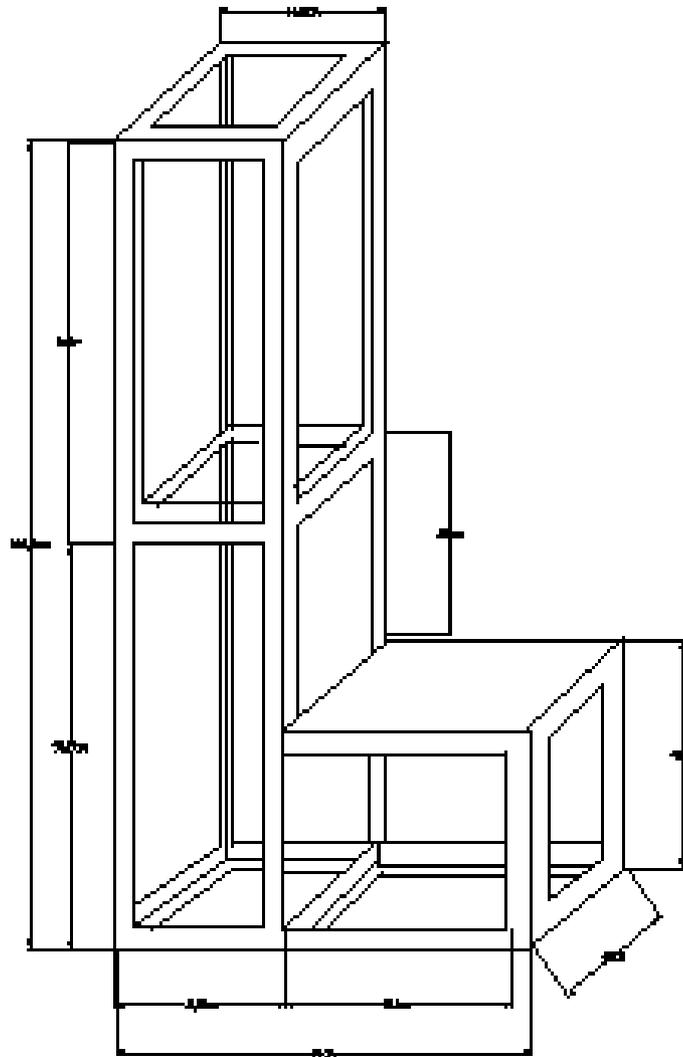
DES. J. ORTIZ

AÑO: 2010

FECHA: 14/12/10

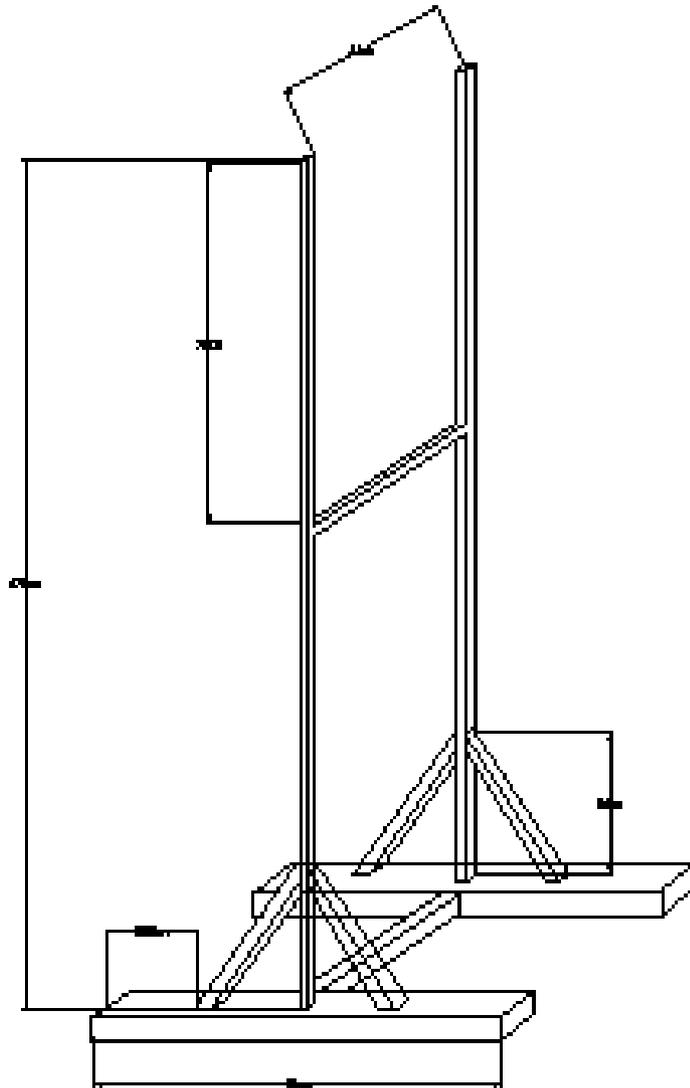
ESCALA: 1:1

# ESTRUCTURA DE TANQUE Y RESERVORIO



PROYECTO DE GRADUACION		
DESARROLLADA Y REVISADA	ESTRUCTURA DE TANQUE Y RESERVORIO	
ALFONSO DEL ROSARIO	FECHA 24/02/19	ESCALA 1:1

ESTRUCTURA DE PANEL DE CONTROL



PROYECTO DE GRADUACION

CON. DE DISEÑO  
Y SERVICIO

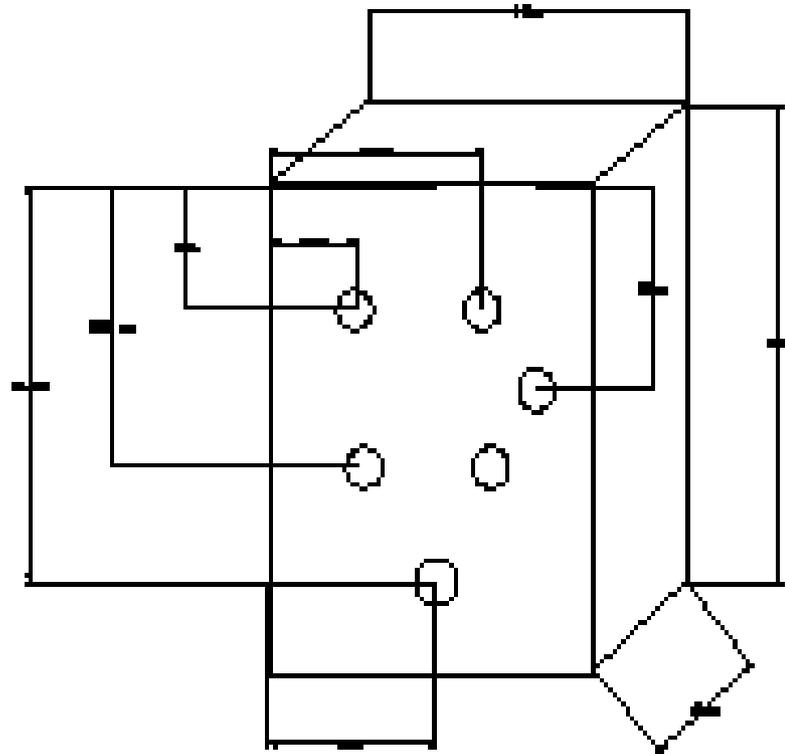
ESTRUCTURA DE PANEL DE  
CONTROL

AFRAN DE HERRER

FECHA 24/02/09

ESCALA 1:1

## PANEL DE CONTROL



### PROYECTO DE GRADUACION

2012

PANEL DE CONTROL

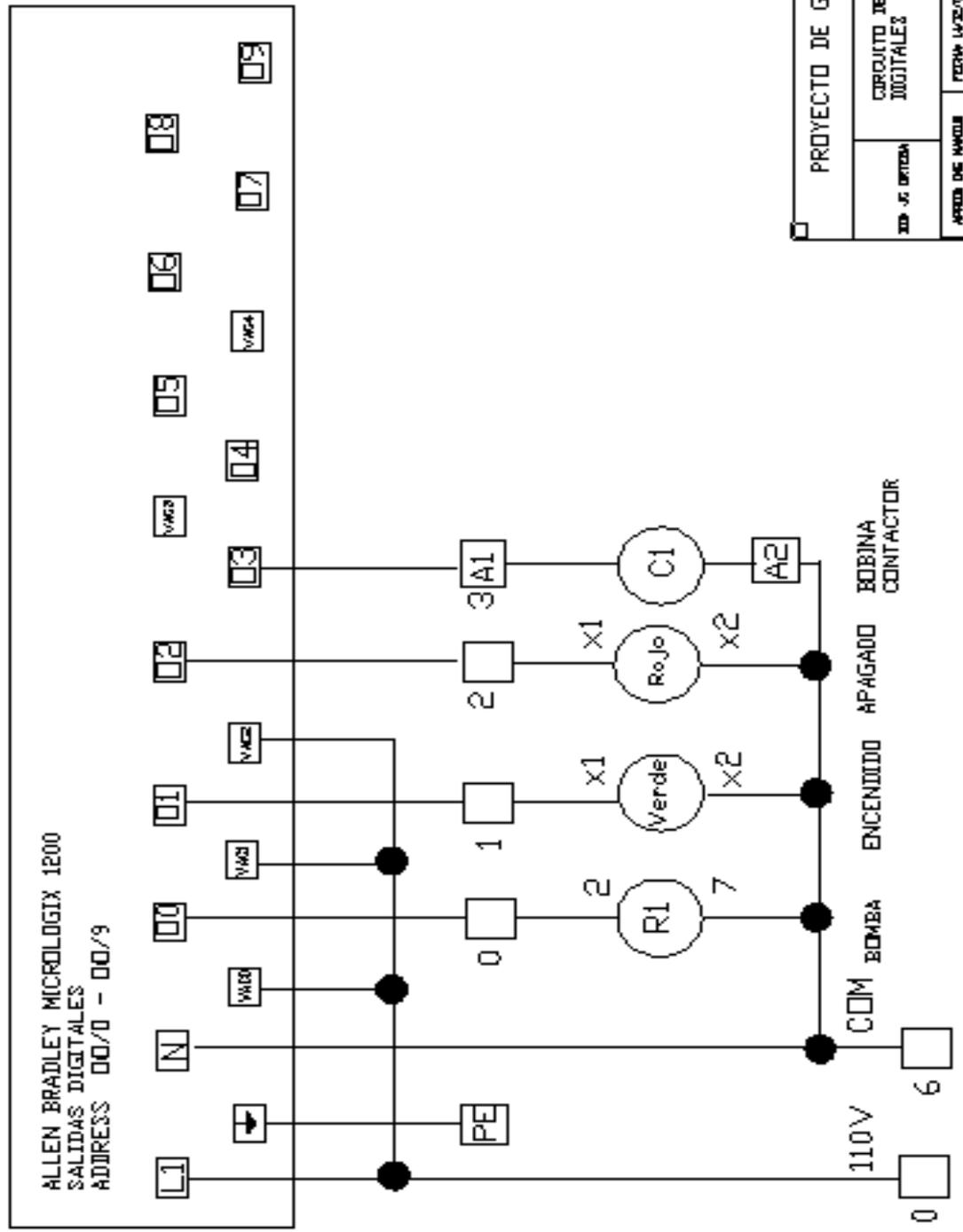
FECHA DE ENTREGA

FECHA DE ENTREGA

FECHA DE ENTREGA

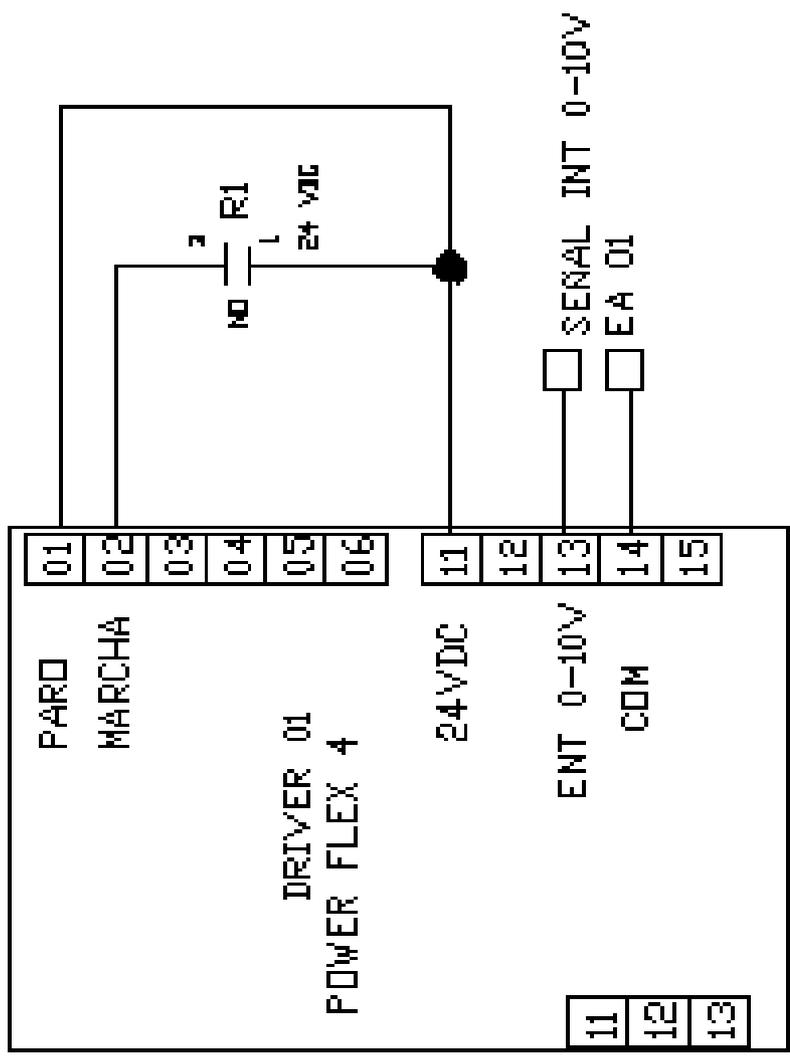


# CIRCUITO DE SALIDAS DIGITALES



PROYECTO DE GRADUACION		
XOP - G. ENTORNA	CIRCUITO DE SALIDAS DIGITALES	
AFRIDA DE NARCOS	PERNA 14/24/09	EZEQUIEL 14

# CIRCUITO DE CONTROL EN POWER FLEX 4

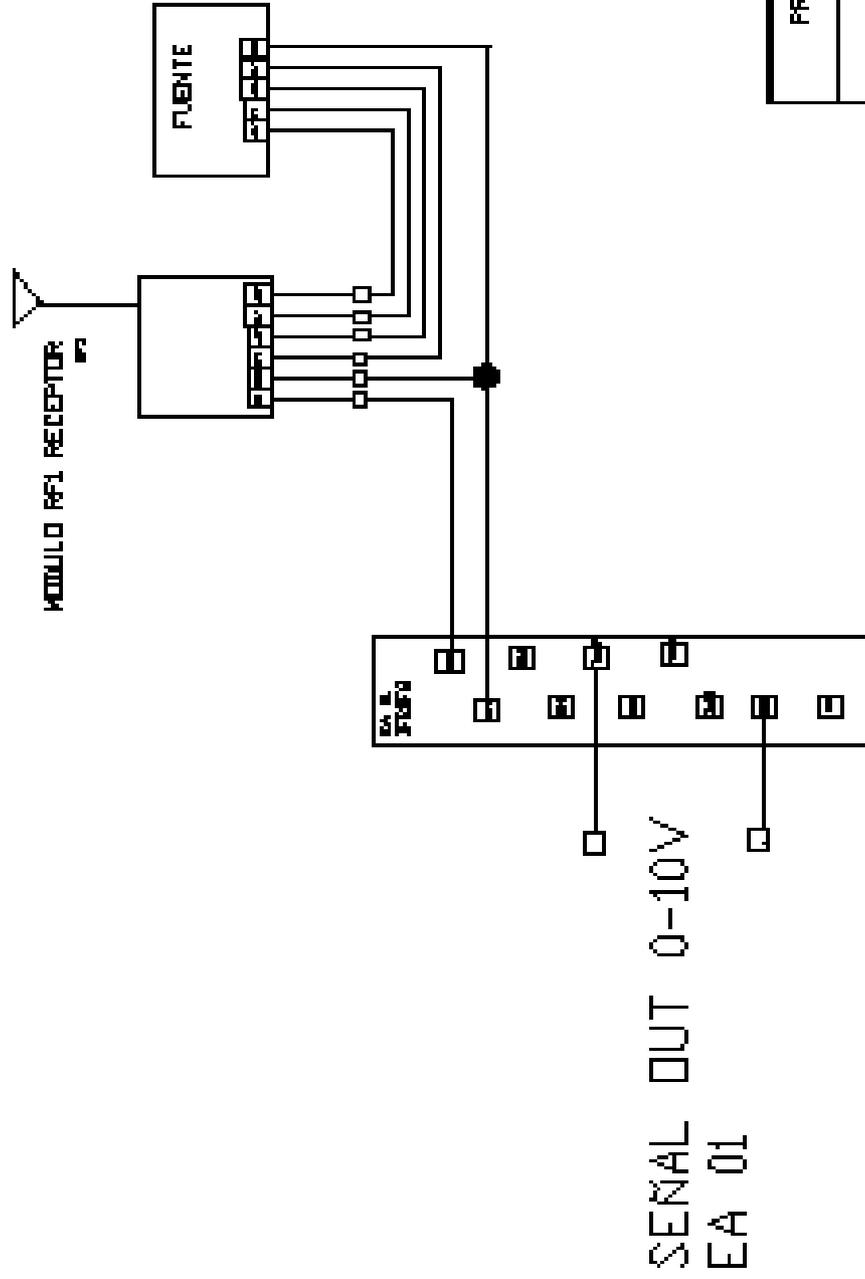


PROYECTO DE GRADUACION

BOA S. OROZKO  
 CONJUNTO DE CONTROL DE  
 POWER FLEX 4

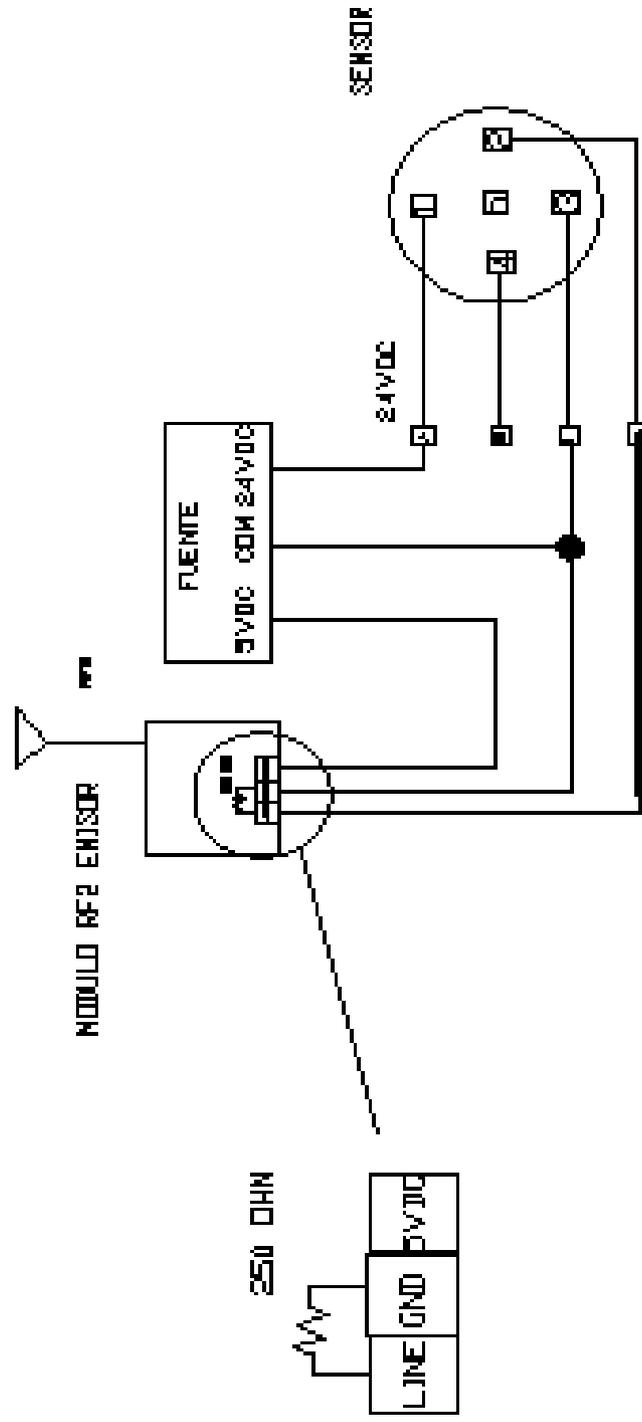
IMPRESION DE BOQUILLA    FECHA: 11-05-2014    CONSULTA: PL

# CIRCUITO DE CONTROL EN EXPANSOR IF2DF2 Y MODULO RF2 RECEIVER



PROYECTO DE GRADUACION		
CON. J. GONZALEZ	CIRCUITO DE CONTROL EN EXPANSOR IF2DF2 Y MODULO RF2 RECEIVER	
FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA

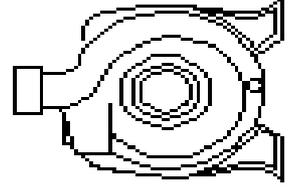
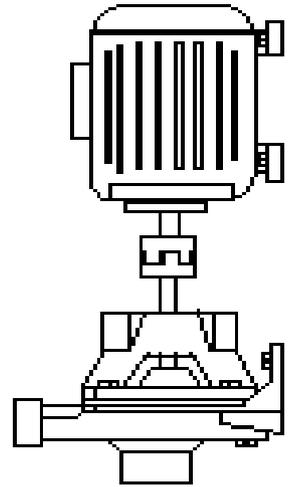
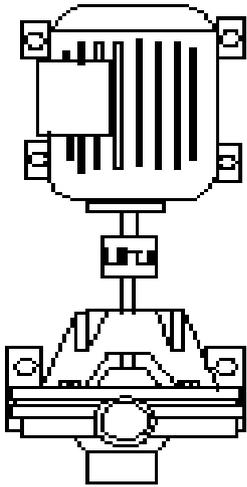
# CIRCUITO DE CONTROL EN SENSOR Y MODULO RF1 EMISOR



PROYECTO DE GRADUACION

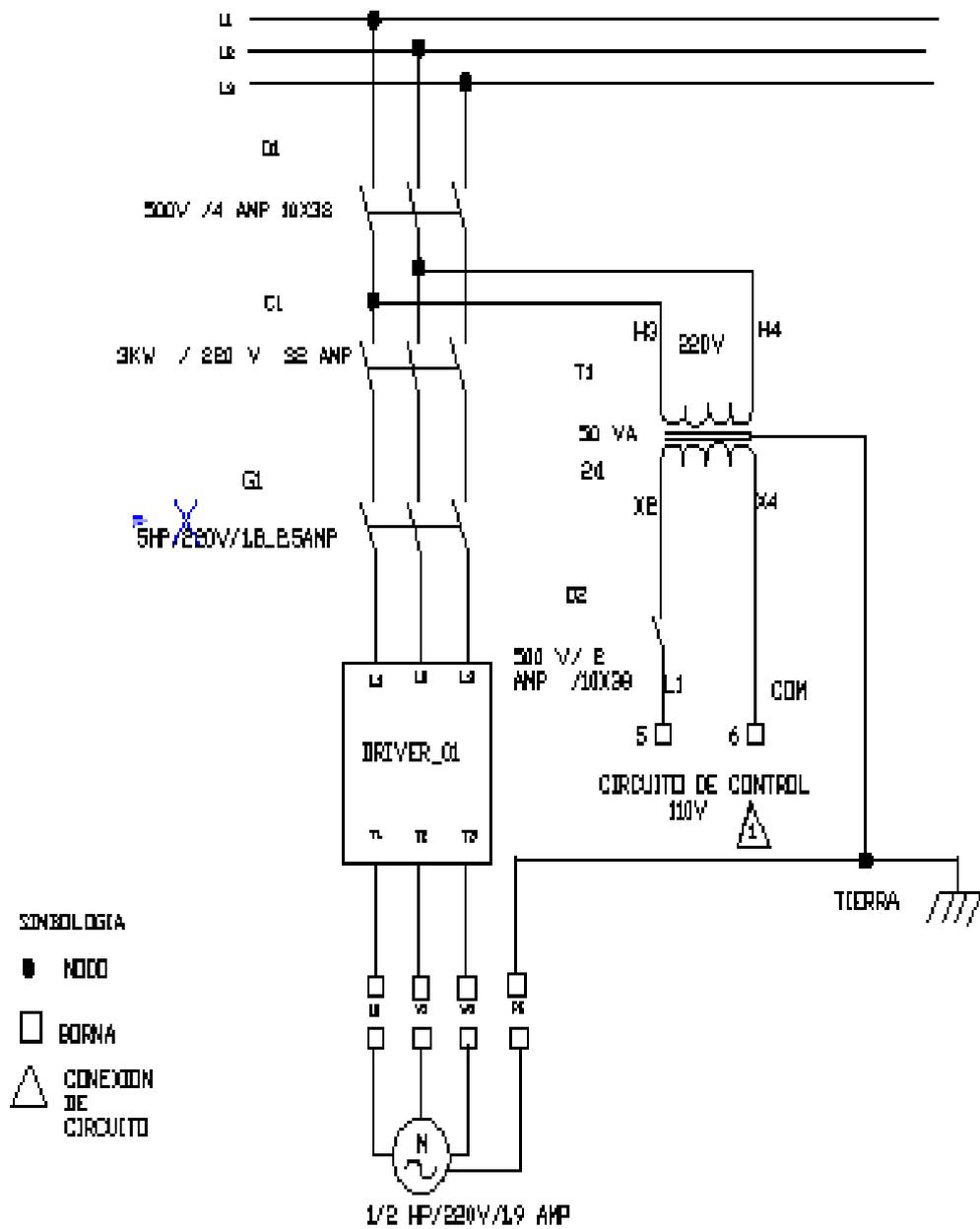
CONTROL DE CONTROL EN  
SENSOR Y MODULO RF1  
EMISOR

FECHA DE ENTREGA:      FECHA DE CALIFICACION:      CALIFICACION:



PROYECTO DE GRADUACION		
DIB: JC ORTEGA		VISTAS DE BOMBA
APROB: DIE MARQUEZ	FECHA: 14/12/09	ESCALA: 1:1

CIRCUITO DE FUERZA



PROYECTO DE GRADUACION

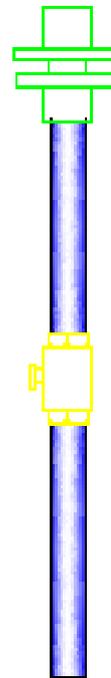
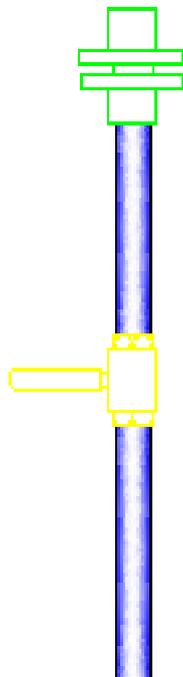
DIC: JC  
 ORTEGA y  
 BRIVERA

CIRCUITO DE FUERZA

FECHA DE ENTREGA

FECHA 14/02/10

EDICION 01



PROYECTO DE GRADUACION

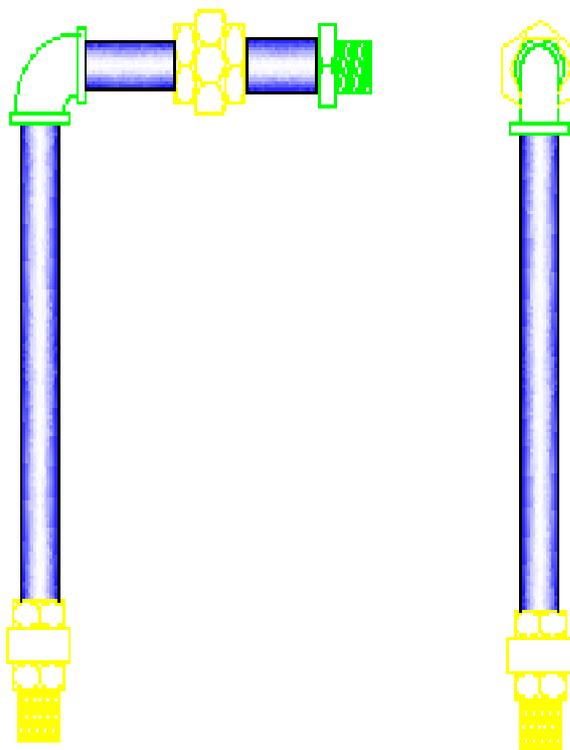
DIB: JC  
ORTEGA Y  
B. RIVERA

TUBERIA DE DESCARGA

OPED MC NAVEJA

FECHA: 21/03/2021

ESCALA: 1:1



PROYECTO DE GRADUACION

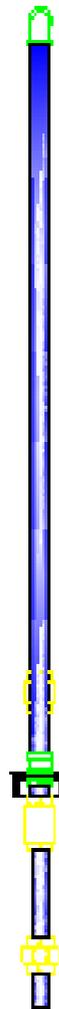
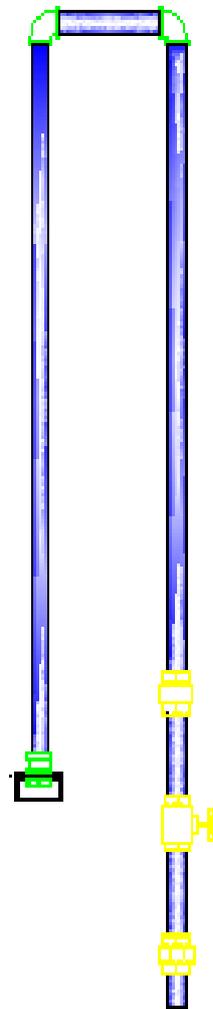
DIB JC  
ORTEGA Y  
B. RIVERA

TUBERIA DE SUCCION

ANEXO DE MANEJO

FECHA 24/02/15

BOGOTA 28



PROYECTO DE GRADUACION

DIB: JC  
ORTEGA

TUBERIA DE SUCCION

PROF: DR. RAFAEL

FECHA: 20/05/2023

HOJA: 14

## **GLOSARIO**

### ➤ **BORNES O BORNERAS**

Terminales con tornillo para conexión de cables.

### ➤ **PARAMETRIZACIÓN**

Introducción de valores llamados parámetros que describen las características físicas y funcionales de un equipo, a un dispositivo que controla su funcionamiento.

### ➤ **PROGRAMACIÓN**

Elaboración de una secuencia de instrucciones definida, ordenada y finita que realizan una tarea.

### ➤ **SETPOINT**

Es un valor numérico asignado por el operador en el cual el proceso debe mantenerse, este valor puede ser asignado como velocidad, temperatura, nivel, caudal.

### ➤ **TRANSMISION INALAMBRICA**

Es la transmisión de un punto a otro sin conexión de cables en la cual se utiliza dos módulos un emisor y el otro un receptor, el cual emite ondas de frecuencia siendo capturadas por el receptor.

### ➤ **SOFTWARE**

Conjunto de programas y procedimientos necesarios para realizar una tarea específica. Existen de tres tipos: de sistema, programación y aplicación.

### ➤ **PROTOCOLO**

Es el lenguaje por el cual se van a comunicar dos hardware .

### ➤ **ESCANEEO**

Es la resolución del dispositivo al ser transmitida cada 110ms.

## BIBLIOGRAFIA

[1] AMESTESVI MORENO, MAURICIO, "APUNTES DE CONTROL PID, LA PAZ , 2001

[2] REDREJO, JOSE, "DESARROLLO DE SISTEMAS DE REGULACION Y CONTROL", ALMENDRALEJO, 2004

[3] LARBABURU AMIZABALAJA, NICOLAS, MAQUINAS PRONTUARIO. TECNICAS MAQUINAS HERRAMIENTAS, MADRID: THOMAS EDITORES ISBW 84-283-1968-5, 2004

[4] CORRALES, SANTIAGO, ELECTRONICA PRACTICA CON MICROCONTROLADORES PIC (PROGRAMACION CON LENGUAJE BASIC), SANTIAGO CORRALES, 2006

[5] BEJARANO RICO, RAFAEL. LATORRE CHACON, LEONARDO, BOMBAS CENTRIFUGAS SELECCIÓN, INSTALACION, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, MACCGRIFF, 2006

[6] GARCIA, JHON MILLER, "MAQUINAS Y EQUIPOS PARA LA INTRODUCCION DE ENERGIA EN LOS PROCESOS , DEPTO DE INGENIERIA QUIMICA, UNIVERSIDAD DE CONCEPCION 1984

[7] CATALOGOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS SU MINISTRADOS POR LA EMPRESA IMPEX