

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



ELVATRON S.A.

**“Sistema de monitoreo electrónico
de variables de campo para procesos de producción de resinas, gomas y
mezclas químicas similares”**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de Bachiller
en Ingeniería Electrónica**

Roger Hernández Delgado

CARTAGO, 2001

Dedicatoria

A JESUCRISTO :

Principio y fin, α y Ω , creador de todo cuanto somos y nos rodea :

recibe esta dedicatoria , padre altísimo , como sincero homenaje, por haber dirigido mis pasos , y así guiarme a lograr alcanzar el éxito que hoy ostento.

“al hombre le toca hacer sus planes y al señor dirigir sus pasos”

proverbios 16 , 9

A MIS PADRES :

MARIO HERNÁNDEZ SOLIS Y NELLY DELGADO MUÑOZ

quienes siempre soñaron, creyeron y lucharon por hacer de mi lo que hoy soy.

Agradecimiento

*Un sincero y especial agradecimiento a mi hermana: **Shirley Hernández Delgado** quien en forma desinteresada siempre me brindó su incondicional apoyo.*

A mis hermanos:

***Walter Hernández Delgado y Mario Hernández Delgado** quienes estuvieron siempre a mi lado para auxiliarme cuando lo necesite.*

*Y a mi esposa: **Xiomara Porras Jimenez** por comprenderme y enseñarme a no declinar ante las dificultades... por creer siempre en mí.*

Resumen

Para obtener un medio de estandarización de la producción, algunas industrias químicas productoras de adhesivos, gomas, etc, que monitorean su producción en forma manual, se han interesado en adquirir un sistema de monitoreo electrónico, que muestre el estado de las variables de su proceso de producción. Esta es la razón por la cual se desarrolló el presente proyecto, el cual constituye una alternativa para solucionar los problemas de monitoreo de las variables de campo, tales como: la temperatura de las mezclas químicas y su velocidad de agitación. Además, el sistema desarrollado cuenta con opciones de control sobre la duración, encendido, apagado y pausado del proceso de producción; las cuales se pueden ejecutar desde un panel de operador. Este tipo de panel puede ubicarse a una longitud máxima de 1200 metros del controlador lógico programable (PLC), que es el dispositivo electrónico encargado de procesar la información generada por los sensores de temperatura y velocidad; una vez procesada la información, el controlador se encarga de actualizar las señales de salida que manejan los agitadores, donde se realizan las mezclas químicas.

El sistema cuenta con posibilidades de ampliación de funciones, tales como: control del proceso de producción y comunicación con PC's, con solo agregar nuevos módulos de control al chasis del PLC.

Palabras Claves: Estandarización, Adhesivos, Sistema de monitoreo electrónico, Variables, Proceso de producción, Temperatura, Velocidad, Mezclas químicas, Panel de operador, Controlador, Sensores, Señales, Agitadores, Comunicación.

Abstract

Some chemical industries producers of adhesives, gums, etc, that monitor their productions manually, are interested in getting one system of electronic monitoring, that shows the state of the variables of the production process, and so, to guarantee standardization in their production. This is the reason why the present project was developed, as a alternative to solve the problems of monitoring the variables of places, as the temperature that the chemicals meet and their agitation speed. In addition, the developed system has control options over the duration, turn on, turn off and pause of the production process; functions that can be executed from an operator panel. This type of panel can be located at a 1200 meters from the programmable logical controller (PLC), that it is a dispositive to process the information generated by the temperature sensors and the speed sensor; once the information is processed, the controller takes charge of updating the output signs that control the agitators, where the chemical mixture are made.

The system has the possibility to accomplish other functions, like: control of the production process and communication with PC's, just adding new modules of controls in the PLC rack.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	10
1.1 Descripción de la empresa	11
1.2 Definición del problema y su importancia.....	13
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 2	
ANTECEDENTES.....	18
2.1 Estudio del problema	19
2.2 Requerimientos de la empresa.....	20
2.3 Solución propuesta	21
CAPITULO 3	
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	25
CAPITULO 4	
DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO.....	32
4.1 Controlador Lógico Programable SLC 5/03.....	33
4.2 Módulo analógico combinado 1746 NIO4I de E/S	34
4.3 Módulo digital de entrada 1746-IB8.....	37
4.4 Módulo digital de salida 1746-OW8.....	38
4.5 Acoplador de Interfaz Avanzada.....	39
4.6 Termocupla tipo J.....	41
4.7 Sensor de Proximidad 872C 2 hilos CC.....	41
4.8 Transductor	42
4.9 Panel View	44

Continúa pag. siguiente...

CAPITULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA.....	45
5.1 RSLogix 500	46
5.2 RSLink	48
5.3 Panel Builder	50
5.4 Programación de las rutinas de monitoreo	51

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS Y RESULTADOS	53
6.1 Explicación del diseño	54
6.2 Alcances y limitaciones	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	62
APÉNDICE.....	64
Apéndice 1: Diagrama de flujo del sistema de monitoreo de variables de campo.....	65
ANEXOS	66
Anexo 4.1: Diversos tipos de módulos E/S y su compatibilidad con los procesadores SLC 500	67
Anexo 4.2: Especificaciones detalladas para los procesadores de la familia SLC 500	68
Anexo 4.3: Funciones A/D de entrada analógica del módulo NIO4I.....	69
Anexo 4.4: Especificaciones para un módulo de entrada de señales digitales 1746-IB8	70

Continua pag. siguiente...

Anexo 4.5:	Configuración de alambrado para la termocupla tipo J.....	71
Anexo 4.6:	Característica de los termopares 185	71
Anexo 4.7:	Especificaciones para el sensor de proximidad 872C	72
Anexo 4.8:	Generalidades del transductor 644R	73
Anexo 4.9:	Panel View.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1:	Organigrama funcional de la empresa ELVATRON S.A.	11
Figura 2.1:	Esquema del sistema de monitoreo de variables de campo.	24
Figura 4.1:	Esquema de un sistema lineal utilizado para el escalamiento de una señal analógica de entrada a un módulo de entrada NIO4I.	35
Figura 4.2:	Diagrama de alambrado para un módulo analógicas NIO4I	36
Figura 4.3:	Diagrama de alambrado para un módulo 1746-IB8	37
Figura 4.4:	Chasis con fuente de 24 VCC, controlador de la familia SLC 500 y seis módulos de entrada y salida	38
Figura 4.5:	Acoplador de Interfaz Avanzada	40
Figura 4.6:	Diagrama de cableado para un sensor de proximidad 872C de dos hilos, CC	42
Figura 4.7:	Tipos de conexión para diferentes dispositivos de sensado.	43
Figura 4.8:	Conexión típica de un transductor a un módulo de entrada. ...	43
Figura 5.1:	Pantalla principal del RSLogix 500.	47
Figura 5.2:	Pantalla principal de RSLink Gateway	49
Figura 5.3:	Pantalla principal del Panel Builder.	50
Figura 5.4:	Fórmula programa en la escalera para la conversión de los pulsos sensados en velocidad de rotación.	52

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la empresa

Elvatron S.A. se compone de tres divisiones: Automatización, Electromedicina y Elevadores, todas de igual importancia y rango dentro del organigrama de la empresa, tal y como se muestra en la **figura 1.1**.

Elvatron S.A., División Automatización, se ubica en La Uruca, 400 m norte de la Sucursal del Banco de Costa Rica, fue fundada en 1973 y es una compañía de base tecnológica, lo cual le permite satisfacer las demandas de un mercado en continuo crecimiento, constituido por una gama de empresas, que va desde el área química hasta la alimenticia y que buscan mejorar sus procesos de producción con ayuda de la automatización.

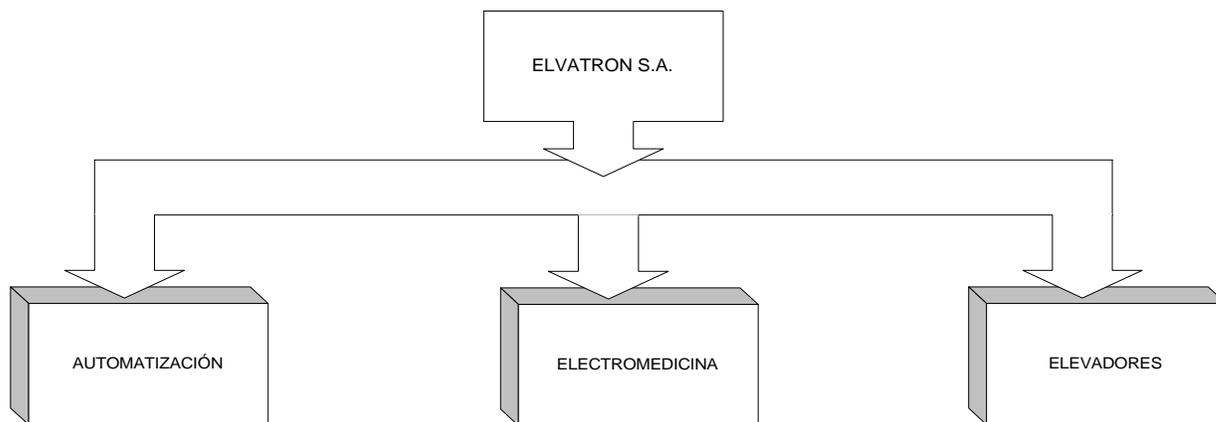


Figura 1.1: Organigrama funcional de la empresa ELVATRON S.A.

Área del proyecto: Elvatron Automatización

El Proyecto de Graduación se realizó en la división de Automatización de la empresa ELVATRON S.A, en donde laboran aproximadamente 40 personas, de los cuales 10 son Ingenieros de Proyectos (a cargo del Ing. Pedro Ruiz, gerente de Operaciones), y el resto del personal se compone de dibujantes, técnicos electricistas y agentes de ventas. La división de Automatización es la encargada de analizar el problema de una empresa o industria y proponer una óptima solución, que se adapte a las necesidades y presupuestos de los clientes, y finalmente implementar dicha solución, lo que se conoce como soluciones tipo llave en mano de control industrial.

Para lograr esto, Elvatron S.A. hace uso de modernos equipos y dispositivos; usualmente se utilizan Controladores Lógicos Programables (PLC), Sistemas Distribuidos de Control, Lenguajes de Programación, Variadores de Frecuencia, Interfaz Hombre Máquina (HIM), etc, todos de las reconocidas marcas Allen Bradley y Sprecher + Schuh, pertenecientes a la multinacional Rockwell. Elvatron además, representa en Costa Rica la marca Fisher Rosemont, casa especializada en dispositivos de instrumentación industrial y monitoreo, tales como sensores de temperatura, presión, flujo másico, diferenciales, etc.

Enfoque del proyecto

El proyecto se enfocó en desarrollar un sistema de monitoreo electrónico, del proceso de producción de las industrias productoras de resinas, gomas, adhesivos y sustancias químicas similares. Este tipo de industria fue la pensada como receptora del proyecto, por lo que cualquier empresa dentro de esta línea podría contratar los servicios de la empresa ELVATRON S.A., impulsora del desarrollo del sistema electrónico de monitoreo de variables de campo, para procesos de producción de mezclas químicas.

1.2 Definición del problema y su importancia

Las industrias donde el control del proceso de producción lo realizan operarios, quienes ajustan manualmente los parámetros de producción, como velocidad de agitación, tiempo de agitación, temperatura, etc; estas industrias en su proceso de producción son susceptibles a errores por causas humanas.

En algunos casos, los operarios son los encargados de ajustar el proceso de producción diariamente, utilizando fichas de producción y realizando ajustes con base en su criterio y experiencia laboral.

El problema que le genera a la industria la situación explicada anteriormente, es la ausencia de un medio que les garantice un estándar (traceabilidad, confiabilidad, repetibilidad) de su proceso de producción de sustancias químicas (mezclas), tales como aditivos, gomas, etc.

Debido a este tipo de situaciones, Elvatron S.A. planeó solucionar el problema al que se enfrentan algunas de estas productoras de adhesivos, desarrollando un sistema de monitoreo electrónico de las variables de campo, por medio del cual se pueda garantizar la estandarización del proceso de producción de mezclas químicas.

El monitoreo electrónico además de garantizar la estandarización de proceso de producción, puede ser utilizado para generar reportes estadísticos de la producción. El control estadístico de la producción le permitiría a este tipo de industria, optar por un certificado internacional de calidad; haciendo que las empresas sean más competitivas dentro y fuera de sus fronteras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo electrónico, de las variables de proceso en la industria química productora de adhesivos, gomas, y mezclas similares, basado en un sistema electrónico PLC – Panel View; él cual permita elaborar reportes estadísticos que garanticen la estandarización del proceso de producción de las mezclas químicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Conocer el proceso de producción de mezclas químicas, como adhesivos, gomas, resinas, etc.
- b. Especificar las variables de campo que se deben sensar en el proceso de producción de mezclas.
- c. Especificar un Controlador Lógico Programable (PLC) para monitorear electrónicamente las variables de campo sensadas durante el proceso de producción.
- d. Diseñar un programa para el PLC capaz de monitorear en forma electrónica las variables de campo.

- e. Especificar el protocolo físico y lógico entre el PLC y la PC de programación para la transmisión de datos, basado en aspectos físicos y electrónicos.
- f. Especificar el tipo de sensores para monitorear electrónicamente las variables de campo generadas en la producción basándose en aspectos electrónicos.
- g. Realizar pruebas con la interfaz entre el PLC y la PC de programación.
- h. Evaluar las pruebas realizadas con la interfaz entre el PLC y la PC de programación.
- i. Realizar pruebas con el PLC seleccionado para monitorear electrónicamente las variables de campo.
- j. Evaluar las pruebas realizadas con el PLC seleccionado.
- k. Realizar pruebas con los sensores seleccionados para sensor las variables de producción.
- l. Evaluar las pruebas realizadas con los sensores seleccionados.
- m. Diseñar el software de la interfaz entre el usuario y el Panel View para el monitoreo electrónico de las variables de campo.

- n. Realizar un protocolo de pruebas finales en un prototipo.
- o. Ejecutar pruebas finales en un prototipo.
- p. Demostrar si el funcionamiento del sistema responde a los requerimientos establecidos.
- q. Preparar la documentación para la transferencia del conocimiento tecnológico adquirido durante la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

2.1 Estudio del problema

En la industria química de adhesivos, la lectura de algunas variables de campo, tales como: la temperatura y la velocidad de agitación de las mezclas químicas, por lo general, es realizada en forma manual por los operarios; lo cual no le permite a este tipo de industria, garantizar un estándar de su proceso de producción al intervenir el factor humano y no un sistema automatizado, como el electrónico.

El monitoreo electrónico de las variables de campo le permite a las industrias dedicadas a la producción de resinas, gomas, pintura, etc; implementar un sistema de control de las variables, altamente eficiente. Algunas de las variables que se pueden monitorear en un proceso de producción de mezclas químicas son: temperatura, velocidad de agitación de las sustancias, tiempo de agitación del proceso de mezclado, presión, etc.

El control y el monitoreo eficiente de las variables de campo, le permite a las industrias estandarizar sus procesos de producción de mezclas químicas. A la vez, estas industrias podrían realizar reportes estadísticos con los datos generados a partir del monitoreo de las variables de campo, lo cual les permitiría garantizar la estandarización de sus procesos de producción.

Este tipo de monitoreo en la industria química productora de adhesivos, hace uso de una serie de dispositivos electrónicos, tales como: sensores, paneles de operador, controladores lógicos programables, etc, con el fin de facilitar el proceso de sensado de las variables de campo. Los paneles son la interfaz visual para los

operadores, en donde se muestra el estado de las variables sensadas; por lo tanto, estos deben ser de fácil entendimiento y acceso para los operadores.

Debido a las condiciones físicas que existen en las plantas de producción, se pensó en desarrollar el proyecto con equipo especial, diseñado para ambientes industriales, el cual no fuese a sufrir daños estructurales o lógicos por encontrarse en este medio de operación.

En ocasiones la distancia de separación entre los tanques de batido de sustancias químicas y los controladores, supera los veinte metros, por lo tanto este aspecto físico se debió considerar en el diseño de la interfaz de comunicación de los equipos electrónicos y en la elección del respectivo protocolo de comunicación.

2.2 Requerimientos de la empresa

ELVATRON S.A, Automatización, fue la empresa encargada de impulsar la investigación para desarrollar un sistema de monitoreo electrónico de variables de campo, enfocada hacia la industria química productora de adhesivos, gomas, resinas y mezclas similares. El fin de obtener un sistema electrónico, capaz de monitorear las variables de campo, como la temperatura y la velocidad de agitación de las mezclas químicas, fue el poder ofrecer a este tipo de industria una herramienta que le garantice la estandarización de su proceso de producción de manera automatizada.

Entre los requerimientos que debía tener el sistema de monitoreo, estaba la necesidad de que las variables de campo seleccionadas para el monitoreo de la

producción, fuesen variables comunes para los diferentes tipos de mezclas químicas mencionadas anteriormente, pero no iguales en magnitud.

El sistema debía presentar facilidad de lectura de las magnitudes de las señales sensadas, ya que en cualquier momento, el operador encargado de llevar el control de la producción de las mezclas, debía leer los valores reales del proceso, para fines verificativos y de registro.

El manejo estadístico de la información que suministrara el sistema de monitoreo electrónico, se utilizaría para garantizar la estandarización del proceso de producción.

2.3 Solución propuesta

Debido a que las variables de campo seleccionadas para el monitoreo de la producción debían ser comunes para los diferentes tipos de mezclas químicas que se realicen, se eligió la velocidad de agitación, la temperatura en los tanques de producción y el tiempo total de agitación de la mezcla, como las señales que se debían monitorear.

Se estimó que instalando en los agitadores de las sustancias, una serie de sensores de temperatura y otros de proximidad, se podría generar una señal analógica de la temperatura y una señal discreta en forma de pulsos de la velocidad de agitación, para cada una de las señales monitoreadas.

Esta información sería recogida en un concentrador I/O de señales de entrada y salida como lo es un Controlador Lógico Programable (SLC 5/03), el cual mediante el

diseño y programación de aplicaciones en RSLogix, procesa y transfiere la información a dos Panel View.

Por medio de una base de conexión (rack), se le debe acoplar al controlador un módulo de 8 entradas digitales a 24VCC, donde se reciben las señales de pulsos que permitan calcular la velocidad de los agitadores. También se debe acoplar al chasis (rack), una tarjeta de 8 entradas para señales analógicas, la misma que se utiliza para leer las temperaturas de cada tanque.

Los dos paneles de observación son el medio por el cual los operarios podrán observar fácilmente el estado de las variables de campo, y darles un adecuado seguimiento.

Al no ser siempre de igual magnitud las variables sensadas para diferentes procesos de mezclado; se estimó que el sistema de monitoreo no solo debía de ser capaz de mostrar las magnitudes de las señales monitoreadas en los paneles, si no también debía permitirle al operario establecerles su rango de operación en forma manual.

Para lograr lo anterior, el programa residente en el PLC, debía ser capaz de leer los parámetros que el operador, ingrese manualmente al programa, por medio de los Panel View. Este programa de monitoreo también debe controlar el tiempo máximo de agitación para cada sustancia, el cual puede ser seleccionado por el operario en forma manual, al igual que con los rangos de operación.

El manejo estadístico de la información que suministre el sistema de monitoreo electrónico, debía estar a cargo de la Oficina de Producción de la empresa química interesada en contratar los servicios de Elvatron S:A. Esta información, manejada estadísticamente ha de utilizarse para garantizar la estandarización del proceso de producción de las mezclas químicas.

El PLC deberá ser montado en un gabinete metálico tipo NEMA 4, para su protección, en los casos en que el ambiente de producción pueda entorpecer el funcionamiento del sistema de monitoreo. El panel metálico estará ubicado en el área de tanques de proceso para disminuir la distancia entre este y los dispositivos de sensado. Además, este panel debe incluir un transformador de aislamiento para protección de los equipos electrónicos instalados en el interior.

En la **figura 2.1**, se puede observar el esquema general del sistema propuesto. El cual tiene la capacidad de ser expandido a futuro según se necesite, incluso los valores monitoreados podrían ser llevados fácilmente a una PC para su almacenamiento.

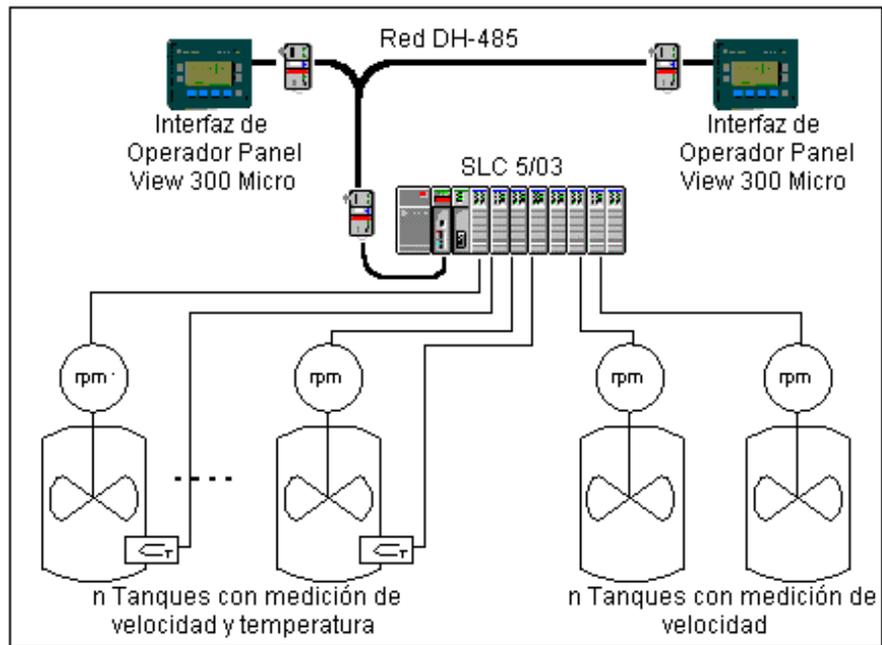


Figura 2.1: Esquema del sistema de monitoreo de variables de campo.

CAPITULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El desarrollo del sistema de monitoreo de variables de campo, tuvo como fin práctico, la integración de una solución común para todas aquellas empresas que se dedican a la producción de sustancias adhesivas, como: gomas, pegamentos, resinas y que comparten la misma problemática: al no contar con un sistema de sensado de variables de campo, que les garantice la homogeneidad o estandarización del proceso de producción.

Para el desarrollo del proyecto se siguieron una serie de actividades basadas en los objetivos específicos que se plantearon, de tal manera que para poder conocer el proceso de producción de las mezclas en la industria química de adhesivos, se necesitó de una serie de visitas a este tipo de plantas productoras, las cuales se llevaron a cabo durante el comienzo del proyecto. Por medio de las visitas a la industria productora de gomas y adhesivos, se logró conocer la infraestructura que se utiliza en el proceso de producción de mezclas químicas, como lo son: los tanques de agitación de sustancias, la tubería que los comunica y su ubicación física. Además las visitas sirvieron para entrevistar a los empleados y operadores y obtener información para conocer más acerca del proceso de producción de mezclas químicas. Con esto se logró determinar que la mejor ubicación para colocar los sensores es directamente en los tanques, como se puede observar en la **figura 2.1** del capítulo anterior. Las dimensiones de los tanques de agitación y la separación entre ellos, sugieren la utilización de una red de comunicación para distancias superiores a los 30 metros. El medio ambiente de la industria obliga a la colocación de un gabinete metálico Nema 4, para la protección del equipo electrónico que se instale.

El conocimiento generado por las entrevistas con los Agentes de Ventas de Elvatron S.A., encargados del estudio y desarrollo del Plan de Venta a este tipo de industria, permitieron determinar que los dispositivos electrónicos destinados para

esta aplicación debía ser de tipo industrial, capaz de soportar una fuerte manipulación.

A partir de las visitas realizadas a este tipo de planta de producción y el alcance que debía tener este proyecto, se logró determinar las variables de campo que se deben sensar en el proceso de agitación de las mezclas. Estas son la temperatura de las mezclas agitadas y la velocidad de agitación de las mezclas.

La temperatura de las mezclas se debía medir directamente en los tanques de agitación y no en las tuberías, para garantizar una medición más cercana a la realidad; mientras que la velocidad de agitación, se debe sensar en el eje del agitador.

Se debió consultar manuales de hardware y software de Controladores Lógicos Programables, para poder especificar acertadamente el PLC que se utilizaría en el proyecto; de forma que el dispositivo propuesto se adaptase a cambios de programación y nuevas aplicaciones que pudieran surgir. A pesar de las similitudes en el set de instrucciones con otros controladores, se eligió el SLC 5/03 para esta aplicación, porque se determinó que este controlador cumplía con los requerimientos del hardware y daba la opción de expandirse a nuevas aplicaciones. A este controlador se le pueden agregar diversos módulos de entrada y salida con solo cambiar el rack de montaje de los módulos; lo que constituye una característica fundamental para el monitoreo de múltiples señales analógicas o discretas. A pesar que el PLC 5 también posee esta característica; por su capacidad de manejo de memoria, manejo de archivos internos, tipos de conexiones a redes, etc, se determinó que este controlador estaba sobrevaluado para los requerimientos del proyecto. Adicionalmente su costo era mayor que el costo del SLC 5/03.

Una vez conocido el set de instrucciones del SLC 5/03 se pudo proceder a desarrollar las rutinas de programación para el monitoreo de las variables de campo. Se inició con el desarrollo rutinas de programación independientes, una rutina para el monitoreo de la temperatura y posteriormente una rutina para el monitoreo de la velocidad de agitación. Por último se unieron ambos conceptos en una sola rutina de programación; y de esta forma se obtuvo un programa que sirvió para monitorear eficientemente el comportamiento de las variables de campo, pero que aún no interactuaba con el panel de operador o Panel View.

El conocimiento del set de instrucciones no es suficiente para programar el controlador, por lo que fue necesario conocer dos aspectos más: el protocolo de comunicación con la PC de programación y el lenguaje de programación para los PLC's, de la marca Allen Bradley.

El RSLogix 500, perteneciente a Rockwell fue el software utilizado en la programación del controlador. Dicho software cuenta con manuales de usuarios los cuales fueron utilizados como medio de investigación para el aprendizaje de esta herramienta. Gracias a este análisis se identificó que la programación en RSLogix 500 tiene forma de escalera y la ejecución del programa se realiza en forma secuencial.

La consulta de manuales sobre hardware del SLC 5/03, permitió conocer el tipo de interfaz que este soporta. Así se determinó que el tipo de red que debe utilizar el controlador es DH-485 con Acoplador de Interface Avanzado (AIC) que permite un alcance máximo de 1219 metros con otros dispositivos. Para alcanzar este rendimiento máximo en este tipo de red, se necesita de una fuente de 24VCC de alimentación para el AIC, lo cual hace posible la comunicación entre dispositivos a esas distancias.

Las variables de campo que se debían sensar a través de dispositivos especiales, capaces de interpretar las señales que las variables generan. Luego de consultar manuales sobre sensores y sus características, se determinó que para el monitoreo de la temperatura, la termocupla tipo J se adaptaba perfectamente a los requerimientos del diseño. Para el caso del monitoreo de la velocidad, se determinó que se podía utilizar sensores de proximidad, pero los manuales indicaron que se debía cumplir con dos requisitos:

- 1) Se debían hacer unas muescas en el eje del agitador, lo cual produciría una variación de inductancia.
- 2) Este tipo de sensor debe colocarse próximo a las muescas hechas en el eje.

Una vez especificados los dispositivos de sensado, la red de comunicación y el protocolo a utilizar, se iniciaron las pruebas con las rutinas de programación, simulando el comportamiento de la temperatura de las mezclas y la velocidad de los agitadores. Inicialmente fue necesario verificar el funcionamiento de la interfaz de comunicación, leyendo y configurando los archivos de datos del SLC 5/03 y sus módulos de entrada y salida. La interfaz de comunicación permitió establecer la comunicación eficientemente entre la PC de programación y el controlador y por medio de RSLogix 500 se logró configurar el controlador y sus módulos correctamente.

Al simular el comportamiento de las variables de campo, se logró realizar pruebas de verificación de funcionamiento de las rutinas de programación, diseñadas para el monitoreo de la temperatura de las mezclas y la velocidad de agitación. Al forzar las condiciones de entrada de las termocuplas a valores conocidos, por medio de RSLogix 500, y prediciendo el resultado que debía tener la rutina de programa

para el monitoreo de la temperatura, se logró verificar el correcto funcionamiento de esta rutina. De forma similar se realizaron las pruebas para verificar el funcionamiento de la rutina de programación para el monitoreo de la velocidad de agitación. Esta rutina también respondió a la prueba en la forma que se había previsto; lo cual permitió integrar ambas rutinas de programación en una sola y repetir el mismo procedimiento de pruebas señalado anteriormente, pero en forma simultánea. La integración de la nueva rutina de programación para el monitoreo de ambas señales, registró el comportamiento de las variables de campo simuladas, exitosamente; quedando lista para incorporarle dos modificaciones posteriores.

La primera de estas modificaciones fue la incorporación de una rutina, capaz de manejar el tiempo total que debe durar un proceso. Esta nueva ampliación se probó forzando el comportamiento del tiempo de proceso por medio de RSLogix 500, obteniendo los resultados esperados; lo cual verificó el buen funcionamiento de toda la rutina de monitoreo final.

En este punto, la realización de las pruebas con los sensores se hizo de forma muy sencilla; bastó con cablear los sensores en las direcciones indicadas por la rutina de programa de monitoreo y observar el comportamiento del programa. Los resultados obtenidos fueron los mismos que los arrojados por la rutina de monitoreo cuando se forzaron las variables sensadas. Estos resultados permitieron garantizar el buen funcionamiento de los sensores seleccionados para el monitoreo de la temperatura de las mezclas y la velocidad de agitación.

La segunda modificación la componen la incorporación de los paneles de operación los cuales no solo son dispositivos de visualización; si no también son empleados para enviar información al controlador que los maneje. Esta característica fue la explotada en el diseño de las pantallas de operación para Panel View 300.

El Panel View 300, es una pantalla de operador, en la cual se pueden recibir datos del controlador para su despliegue en pantalla, se pueden enviar datos al controlador para su procesamiento, o ambas. El Panel View fue la interfaz visual utilizada para la lectura de las magnitudes de las variables de campo y para el control de sus parámetros. Su forma de programación y características, así como su interfaz de comunicación son temas que se pudieron investigar en el manual de usuario del Panel View 300. Según lo investigado en manuales, este dispositivo también puede conectarse a una red DH-485 y comunicarse con el SLC 5/03 haciendo uso del AIC; esta es la misma red que fue especificada para la comunicación entre el SLC 503 y la PC de programación. El software de programación utilizado para este dispositivo fue el PanelBuilder, perteneciente a Rockwell y fue necesario aprender a manejarlo para diseñar las pantallas de operación. El manual de usuario sobre PanelBuilder permitió conocer los aspectos básicos de programación para Panel View 300 y como se debe descargar o transferir la información al panel.

CAPITULO 4

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

El hardware de este proyecto, lo componen todos aquellos dispositivos electrónicos que formaron parte del sistema de monitoreo de las variables de campo. Estos dispositivos electrónicos fueron seleccionados de acuerdo a los requerimientos mismos del proyecto y a las características propias de cada uno de ellos. El hardware lo compone: el controlador lógico programable SLC 5/03, los módulos de entrada y salida que se acoplan al controlador, la red de comunicación, las termocuplas tipo J, los sensores de proximidad y el panel de operador. Adicionalmente se tuvo que utilizar un transductor para acoplar la señal generada por la termocupla al módulo de entrada del controlador.

4.1 Controlador Lógico Programable SLC 5/03

El primero de los dispositivos especificados fue el Controlador Lógico Programable SLC 5/03, utilizado como concentrador de señales de entrada y salida. En la memoria de este dispositivo reside el programa para el monitoreo de las señales producidas por las variables de campo.

El controlador SLC 5/03, tiene una capacidad para configurar hasta tres chasis (rack), para un total de 30 ranuras de E/S, lo que le proporciona una capacidad de ampliación según sea necesario. Tiene la capacidad para acoplarle diversos tipos de módulos de entrada y salida, como los que se muestran en el [anexos 4.1](#), lo que permite el rápido reemplazo de módulos dependiendo de la necesidad que se tenga en el momento.

Posee dos canales de comunicación, el RS-232 y el DH-485, lo que le permite control y programación remotos, conexión por modem y comunicación directa a

dispositivos ASCII, tipo Full Duplex o Half Duplex. Además, posee la capacidad de programación en línea, lo que permite la edición en tiempo de ejecución. Este controlador proporciona 12Kbytes para memoria de programa y un espacio de memoria adicional de 4Kbytes, control de hasta 960 E/S. Posee reloj/calendario en tiempo real incorporado. Algunas de las especificaciones mencionadas anteriormente se muestran en el [anexo 4.2](#), la cual lista en forma resumida las principales características de la familia de controladores SLC 500.

4.2 Módulo analógico combinado 1746 NIO4I de E/S

Los módulos de entrada y salida analógicos convierten señales analógicas de entrada en valores binarios de 16 bits que se almacenan en la tabla de imagen de entrada del procesador SLC. El rango decimal, el número de bits significativos y la resolución de convertidor dependen del rango de entrada que se utilice para el canal.

El módulo analógico combinado de E/S 1746 NIO4I proporcionan dos canales de entrada de corriente o voltaje, seleccionables por el usuario de acuerdo al canal que este elija y dos canales de salida de corriente; todo en un módulo de una sola ranura.

Este módulo fue utilizado para leer la señal analógica de la temperatura de las mezclas, que era sensada por medio de la termocupla tipo J. Este módulo fue configurado para una entrada de corriente, con un rango de 0mA a 20mA, como se indica en las funciones A/D de entrada analógica el [anexo 4.3](#), en la sección de anexos.

La configuración del módulo analógico de entrada necesitó de un escalamiento o conversión de escalas para su adecuado funcionamiento. El escalamiento se realizó por software en el programa de escalera, con los valores especificados en el [anexo 4.3](#). En este 4mA representa 0 °C y 20mA representa 90 °C.

El diagrama de la [figura 4.1](#) muestra un ejemplo de relación lineal, como el utilizado para el escalamiento del módulo de entrada analógico tipo NIO4I, vía software.

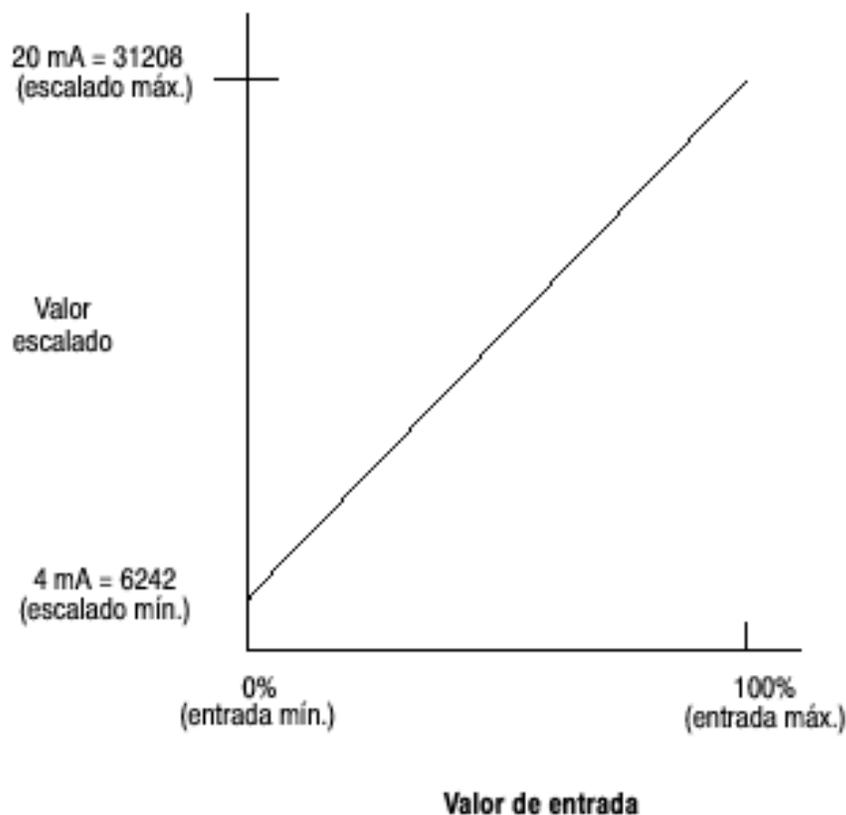


Figura 4.1: Esquema de un sistema lineal utilizado para el escalamiento de una señal analógica de entrada a un módulo de entrada NIO4I.

Las entradas analógicas se alambraron al módulo de acuerdo a lo indicado en el diagrama de conexión de la **figura 4.2**.

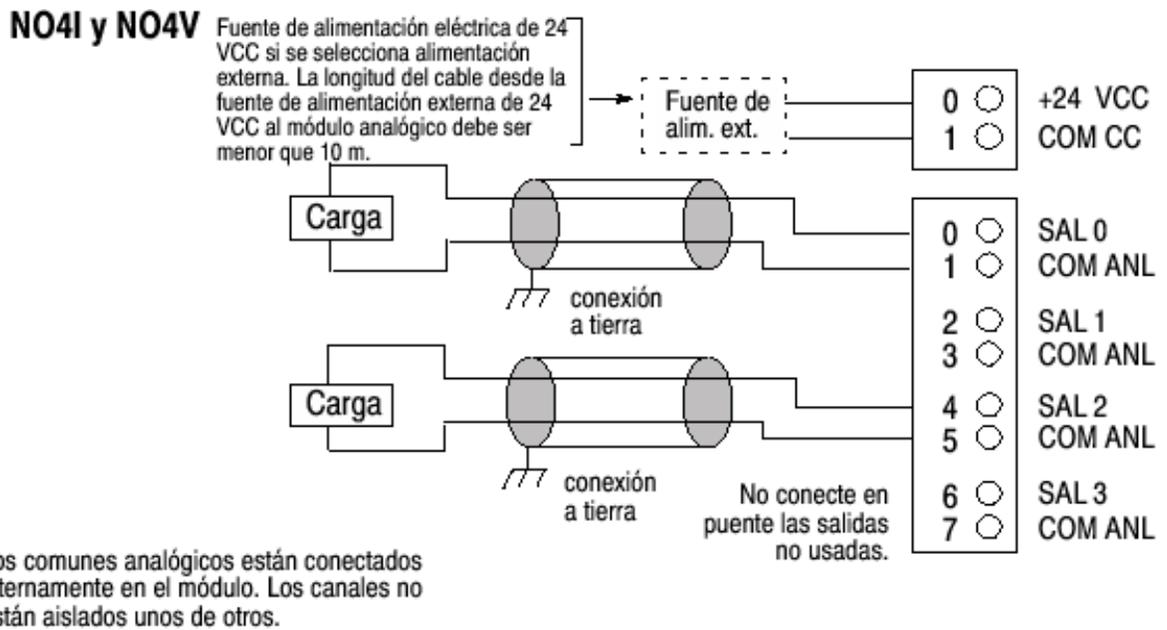


Figura 4.2: Diagrama de alambado para un módulo analógicas NIO4I

4.3 Módulo digital de entrada 1746-IB8

Este tipo de módulo fue el utilizado para sensar la señal de pulsos generada por los sensores de proximidad. Cuenta con un filtro de entrada, para limitar el efecto de los transcientes de voltaje causados por el ruido; lo que evita la producción de datos falsos, también posee un LED de entrada que indica el estado del dispositivo. Y que además cuenta con ocho (8) entradas digitales, las cuales se deben alambrear según lo mostrado en el [anexo 4.4](#). Según las especificaciones de la [figura 4.3](#) de los apéndices, este módulo trabaja con señales de entrada, entre los 10 VCC y los 30 VCC.

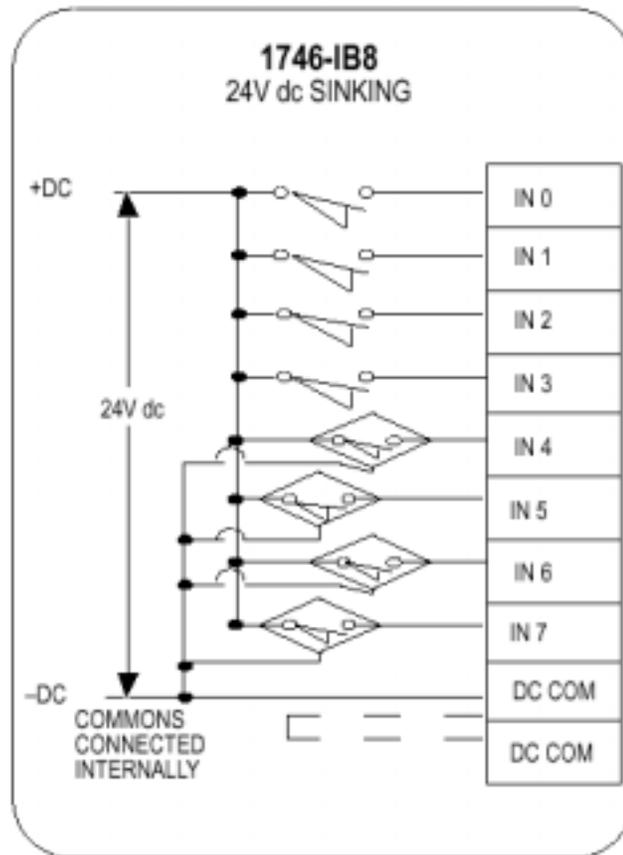


Figura 4.3: Diagrama de alambrado para un módulo 1746-IB8

4.4 Módulo digital de salida 1746-OW8

El 1746-OW8 es un módulo de ocho salidas tipo relay; cada una de estas salidas es un contacto seco que puede manejar de 0 a 240 voltios en AC o CC; a los que se puede conectar diferentes tipos de dispositivos electrónicos, como: variadores de frecuencia, contactores, relés, etc; con el fin de manejar motores o indicadores luminosos como lámparas incandescentes.

La **figura 4.4** muestra la forma en la que se encuentra el controlador SLC 5/03 acoplado a sus módulos de entrada por medio de su chasis, así como el aspecto de la fuente de 24 VCC, el controlador y varios módulos de entrada y salida.



Figura 4.4: Chasis con fuente de 24 VCC, controlador de la familia SLC 500 y seis módulos de entrada y salida

4.5 Acoplador de Interfaz Avanzada

La interfaz que se utilizó para la comunicación entre dispositivos fue DH-485. con Acoplador de Interfaz Avanzada (AIC). El protocolo DH-485 define la comunicación entre múltiples dispositivos que coexisten en un solo par de cables. Este protocolo usa Half-Duplex RS-485 como su interface física, donde RS-485 es una definición de características eléctricas y no es un protocolo de comunicación. La red DH-485 posee la capacidad de interconexión de 32 dispositivos, control de acceso de paso de testigo, capacidad de añadir o eliminar nodos sin perturbar la red, una longitud de red máxima de 1219 metros y capacidad de maestros múltiples. Para esta última capacidad, utiliza un algoritmo de paso de testigo para determinar qué iniciador tiene el derecho de transmitir. Este tipo de red con AIC, necesita de una fuente de 24 VCC de alimentación externa.

El AIC esta compuesto por un puerto tipo DB9 RS-232, un puerto tipo mini DIN 8, un puerto RS-485, un selector de modo de alimentación externa o interna y un selector para rangos de transmisión de datos, cuya apariencia se puede observar en la [figura 4.5](#). Este dispositivo tiene la capacidad de trabajar en tres modos de operación: punto a punto, de RS-232 a RS-485 y de RS-232 a dispositivos tipo ASCII half duplex. Lo anterior evidencia que es compatible con diversos tipos de controladores, tales como los de la familia SLC 500, micrologix, paneles de operador, etc.

Identificación de los puertos

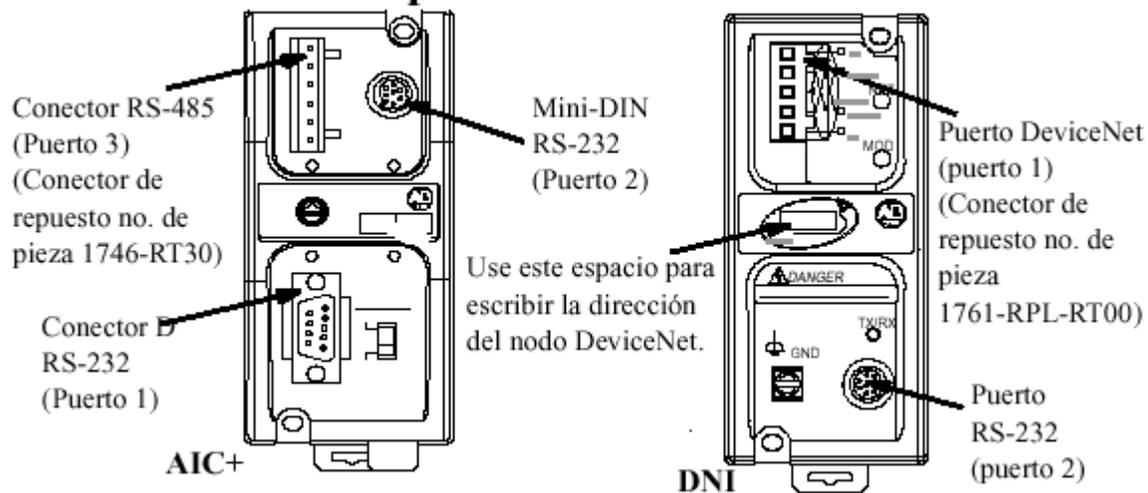


Figura 4.5: Acoplador de Interfaz Avanzada

4.6 Termocupla tipo J

Los sensores especificados para temperatura y velocidad fueron conectados a los módulos para transferir así, la magnitud de las variables de campo al controlador; donde fueron escaladas y procesadas.

Por su parte el sensor de temperatura, no se conectó directamente al módulo analógico de entrada; se ocupó de un transductor de milivoltios a miliamperios, ya que la termocupla genera diferencias de voltaje del orden de los milivoltios, los cuales no son detectados por el módulo de entrada, ya que este se configuró para un lazo de corriente de 4mA a 20mA.

Una termocupla es un termopar, el cual consiste en una unión entre dos metales diferentes lo cual produce una fuerza electromotriz con relación a los cambios de temperatura. La termocupla tipo J tienen un encapsulado metálico, que las protege del ambiente. En el [anexo 4.5](#) se puede observar la configuración de para el alambrado de la serie 185, y en la tabla del [anexo 4.6](#) se puede observar los rangos de trabajo este dispositivo.

4.7 Sensor de Proximidad 872C 2 hilos CC

Los sensores de proximidad inductivos son dispositivos autónomos, de estado sólido, diseñados para detectar la presencia de objetos de metal ferroso sin tocarlos. El circuito eléctrico se encuentra totalmente encapsulado, para protección del ambiente. Posee un indicador visible en la parte contraria a su cara de detección, la cual es plástica y su diámetro es de 12mm. Su conexión se realiza por dos hilos,

tiene un rango de trabajo entre los 10 VCC y los 30VCC, su salida es normalmente abierta y trabaja a una frecuencia de conmutación de 2KHz. El [anexo 4.7](#) muestra una tabla de especificaciones sobre este dispositivo, mientras que la [figura 4.6](#) muestra el diagrama de cableado.

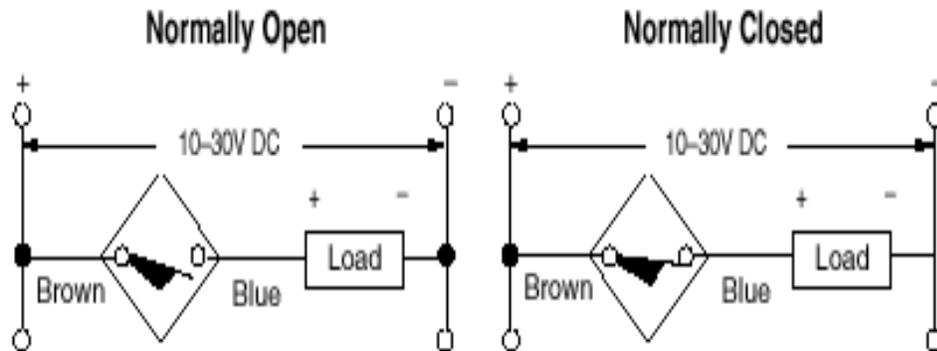


Figura 4.6: Diagrama de cableado para un sensor de proximidad 872C de dos hilos, CC

4.8 Transductor

Este dispositivo convierte la señal generada por la termocupla de milivoltios a miliamperios, al ser pasivo, se debe alimentar con una fuente de 24 VCC, con un rango de operación de 12 voltios a 42 voltios en corriente continua. Existen de montaje en riel o superficial. La tabla mostrada en el [anexo 4.8](#) muestra una serie de características, como opciones de entrada, precisión y estructura, cuando se encuentra operando con termocupla. La [figura 4.7](#) muestra una serie las posibles conexiones con diferentes dispositivos de sensado, donde la utilizada fue la que se indica para termocupla.

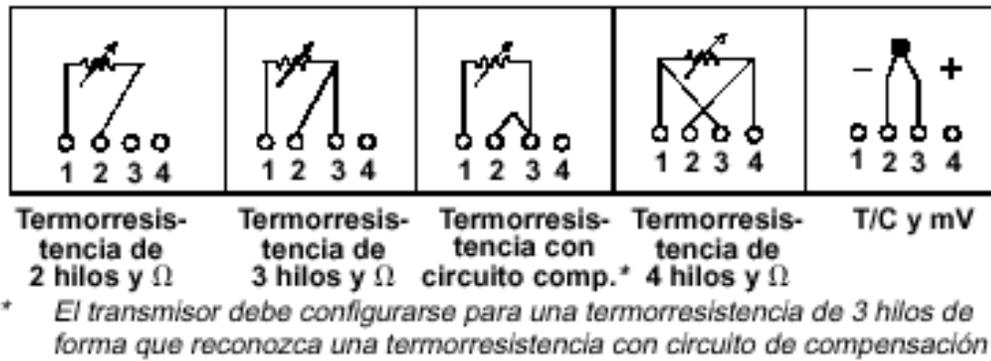


Figura 4.7: Tipos de conexión para diferentes dispositivos de sensor.

La [figura 4.8](#) muestra un diagrama típico de conexión de un transductor con un dispositivo de sensado, conectado a un módulo de entrada analógico.

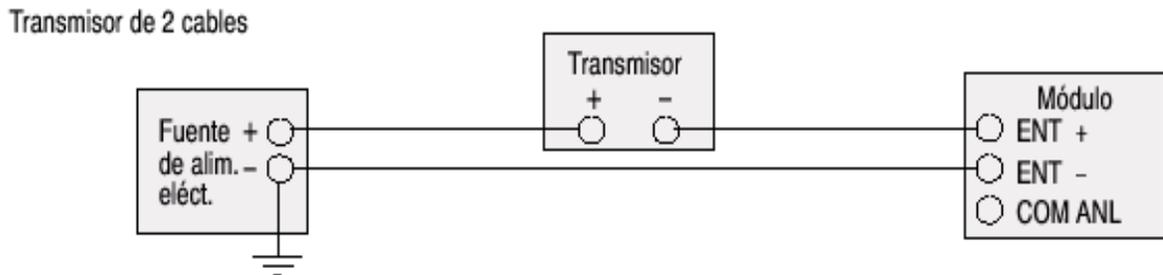


Figura 4.8: Conexión típica de un transductor a un módulo de entrada.

4.9 Panel View

El Panel View o panel de operador de teclado posee opciones para graficar, puerto de comunicación DH-485 y RS-232, ambos con protocolo DH-485. Este dispositivo utiliza un display de tipo LCD monocromático, maneja ocho teclas de funciones para entrada de datos, reloj de tiempo real y un teclado extendido para el ingreso de datos numéricos, tal y como se especifica en el [anexo 4.9](#) de los apéndices.

Es capaz de leer direcciones directamente del programa que se esté ejecutando en el controlador, e incluso puede enviar datos a controlador, para lo cual utiliza sus dos diferentes teclados.

Este dispositivo fue utilizado para manejar algunas funciones del programa, como arranque, paro, pausa y variar los parámetros de las variables de campo.

CAPITULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA

En el desarrollo de este proyecto se utilizaron varios paquetes de software, todos con un propósito específico para la realización de distintas tareas del proyecto. Estos lenguajes de programación permiten la configuración, la programación y la simulación de dispositivos. Por medio del puerto serie y un protocolo de comunicación específico, generalmente el mismo de programación, se establece la comunicación entre la PC de programación y los dispositivos.

5.1 RSLogix 500

RSLogix 500, es un software de programación para controladores lógicos programables; cuyos derechos reservados pertenecen a la compañía Rockwell Software. RSLogix 500 permite realizar programación en escalera, utilizando mnemónicos o moviendo objetos gráficamente directamente sobre la pantalla de programación. Dependiendo del dispositivo periférico, también es posible realizar programación en línea y poner el dispositivo en modo de ejecución (run).

Cuenta además con facilidades para la configuración de diferentes tipos de dispositivo, como módulos de E/S, módulos de interfaz para redes de comunicación DeviceNet, etc., que se pueden conectar al controlador lógico programable. Estas características hacen que RS Logix 500, sea un lenguaje muy flexible para la programación de controladores.

Una rutina realizada en RSLogix 500 se dice que es una escalera, pues esta formado por una sucesión de instrucciones descendentes al igual que una escalera y que se ejecuta en forma cíclica. La ejecución del programa cuenta con tres recorridos para las instrucciones: el primero es el barrido o scan de la instrucciones

de entradas, luego el scan de instrucciones de proceso y ejecución y por último se realiza un scan de las salidas.

En la **figura 5.1** se muestra la pantalla principal de este paquete de programación, en la cual se muestra algunas de las instrucciones del programa en escalera y algunos de los archivos de datos, configuración y registros internos que se crean cuando se está dentro de la aplicación.

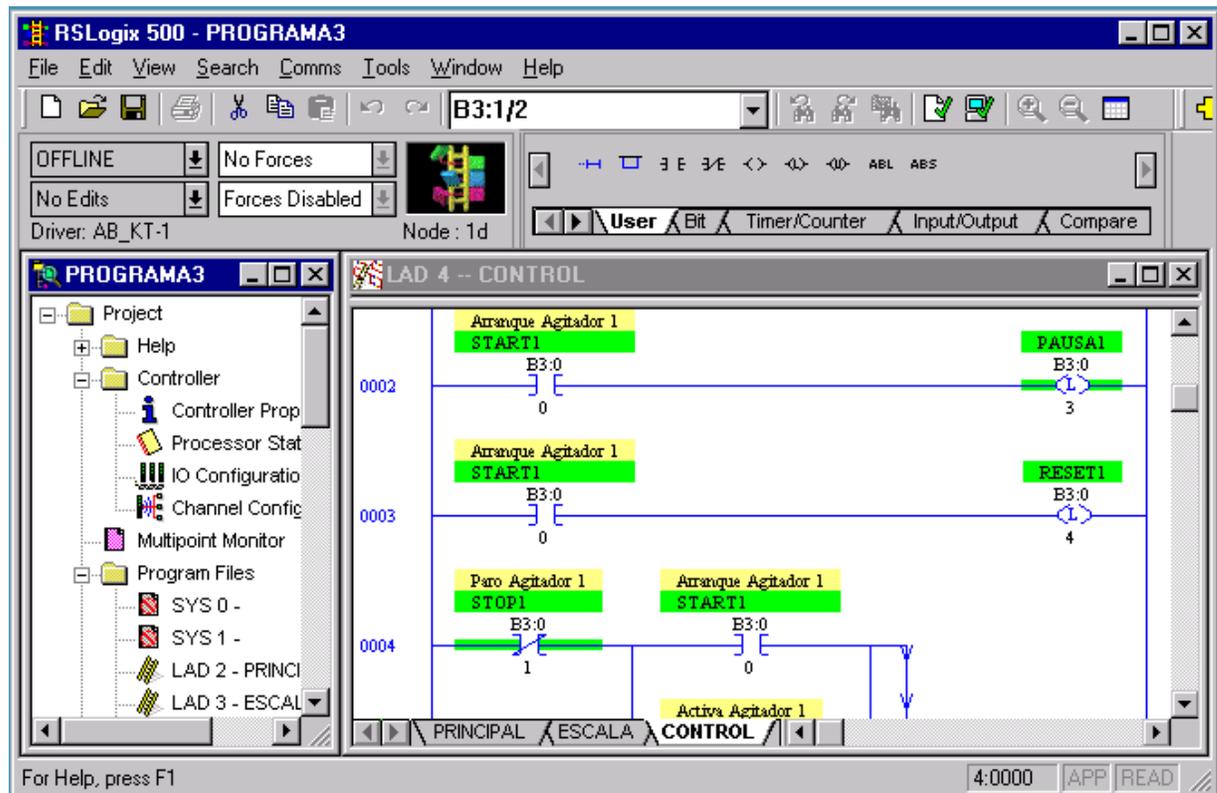


Figura 5.1: Pantalla principal del RSLogix 500

5.2 RSLink

RSLink es un software cuyos derechos reservados también pertenecen a Rockwell Software. Este es un paquete de software que se utiliza para la comunicación en 32 bits y se utiliza para crear y verificar el correcto funcionamiento de los enlaces entre los diferentes nodos (dispositivo electrónico) dentro de una red. RSLink soporta productos Rockwell, Allen Bradley y Man Machine Interface (MMI); con los que puede intercambiar datos en tiempo real. También permite realizar ligas para el Intercambio de Datos Dinámico (DDE), para la transferencia de datos desde un dispositivo electrónico con DDE hacia paquetes de computo, como hojas de Microsoft Excel y Access.

RS Link puede utilizar redes DH-485, DeviceNet, RS-232, DH+, o combinaciones de estas. También puede interpretar diferentes tipos de protocolo, tales como DF1 Half-Duplex, DF1 Full-Duplex, DH-485, etc

Existen varias versiones disponibles para los usuarios: Lite, OEM, Profesional, SDK y la utilizada en la realización de este proyecto, la versión Gateway.

En la [figura 5.2](#) se puede observar la pantalla principal de esta versión, donde se muestra el tipo de red y los nodos conectados a ella.

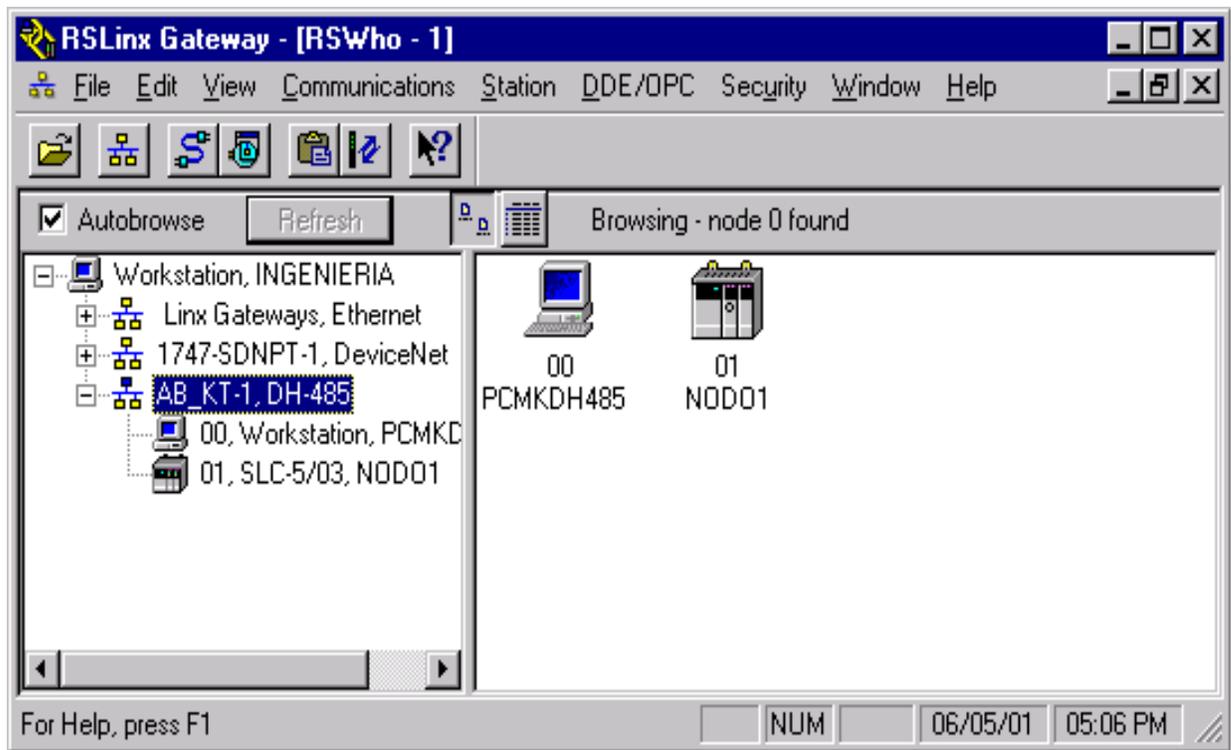


Figura 5.2: Pantalla principal de RSLinx Gateway

5.3 Panel Builder

Panel Builder es un software que permite desarrollar aplicaciones para los diferentes tipos y versiones de Panel View de la marca Allen-Bradley. Además permite configurar diferentes tipos de paneles de operador, desde el Panel View 300 hasta el Panel View 1400. El diseño de las “pantallas”, como se muestra en la [figura 5.3](#), se realiza directamente en Panel Builder y luego se descargan al panel. Para la realización de las pantallas se cuenta con una serie de herramientas, que permiten simular gráficamente el comportamiento físico de dispositivos como pulsadores, botones, flip-flop, etc.

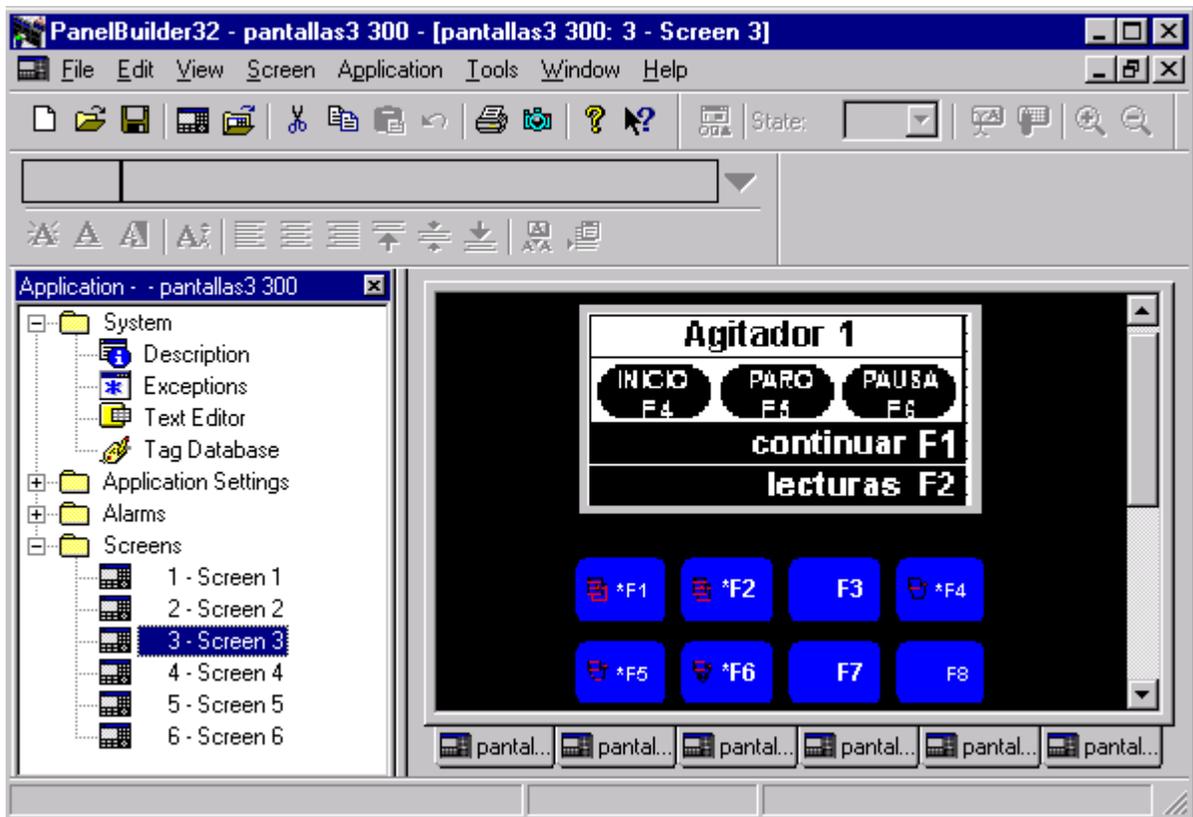


Figura 5.3: Pantalla principal del Panel Builder

5.4 Programación de las rutinas de monitoreo

Las rutinas de programación que conforman el programa de escalera, realizadas en RSLogix 500 se componen de tres barridos; el primero es el barrido o scan de las entradas, el segundo es el scan del programa y el tercero es el scan de las salidas. Las variables que el scan de entradas lee son: la temperatura de las mezclas, la velocidad de los agitadores, la señal de inicio, la señal de paro y la señal de pausa. De acuerdo a la magnitud o el estado de estas señales el scan de programa decide como actualizar las salidas.

En el [apéndice 5.1](#) se muestra un diagrama de la lógica seguida para el monitoreo de las señales de entrada. Si la temperatura o la velocidad se encuentra fuera de los rangos permitidos, la lógica detecta ese estado durante el scan de programa y durante el scan de salida detiene el proceso de agitación, manteniendo el tiempo de proceso transcurrido. El tiempo de proceso transcurrido se mantiene con el fin de continuar el proceso sin tener que reiniciarlo desde cero. Lo mismo sucede cuando se da una pausa intencional desde el panel de operador, donde se encuentran situados tres botones: inicio, paro y pausa. El scan de programa detecta que ocurrió una orden de pausa y detiene el temporizador y el proceso. Si se da una orden de paro se detiene el proceso y se reinicia la cuenta. Con una señal de inicio se inicia el proceso de agitación y el temporizador. Durante el scan de programa se esta chequeando que la cuenta del temporizador no haya llegado a su fin, si fuese así, se detiene el proceso y se espera por una nueva señal de inicio para iniciar nuevamente el proceso y la cuenta del temporizador. La forma en la que el scan de programa valida las condiciones de la temperatura, es por medio de una lógica de escalamiento y límites de funcionamiento. El escalamiento consiste en un cambio de escalas; se convierten los miliamperios generados por el transductor en grados

centígrados de la forma mostrada en la **figura 4.1**. Los pulsos generados por el sensor de proximidad se procesan con la siguiente ecuación 1, de la **figura 5.4**:

$$\frac{\text{numero de pulsos}}{\text{segundos}} \times \frac{60\text{segundos}}{1\text{min}} \times \frac{1\text{rev}}{10\text{pulsos}} = \text{revoluciones}/\text{min}$$

Figura 5.4: Fórmula programa en la escalera para la conversión de los pulsos sensados en velocidad de rotación.

para obtener la velocidad del agitador en revoluciones por minuto. De la ecuación se observa que si aumentamos el número de pulsos (9 en este ejemplo) requeridos por segundo, se puede aumentar la precisión del sistema. El valor con que se carga el temporizador es el tiempo máximo de agitación del sistema y este valor, la igual que los parámetros de la temperatura y la velocidad son establecidos por medio del panel de operador, lo que le da mayor flexibilidad al sistema de monitoreo. Esta función, al igual que las ordenes de paro, inicio y pausa, le dan al sistema de monitoreo cierto grado de control necesario.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1 Explicación del diseño

El monitoreo electrónico de las variables de campo del proceso de producción, se realizó por medio de dos tipos de sensores. Para sensar la velocidad de rotación de los agitadores de las sustancias, se utilizó sensores inductivos; los cuales generan pulsos de voltaje cuando detectan una variación de la inductancia. La variación de la inductancia la debe proporcionar una serie de muescas en el eje de los agitadores. Como no fue posible realizar muescas en el eje de alguno de estos agitadores, se simuló el comportamiento de la variación de inductancia por medio de un tornillo montado en un volante plástico, de un pequeño motor controlado por un variador de velocidad modelo 1335.

La señal discreta generada por los sensores de proximidad inductivos fue introducida a un módulo de ocho entradas discretas. Este módulo se acoplado al chasis del controlador SLC 5/03 y se configurado por medio de RSLogix 500, para este tipo específico de controlador.

Para sensar la temperatura de las mezclas químicas se utilizaron termocuplas tipo J, conectada a un transductor tipo 664R. El transductor se encargó de convertir la señal de milivoltios generada por la termocupla en miliamperios, que fue la señal introducida al módulo analógico de dos pares de entradas / salidas.

El módulo analógico de entradas / salidas fue configurado para que trabajara con el controlador SLC 5/03, al igual que el módulo de entradas discretas.

Mediante el diseño de rutinas programadas en RSLogix 500 y almacenadas en la memoria EEPROM del controlador SLC 5/03, se realiza un ciclo de lectura del

estado de las señales monitoreadas por los sensores y a partir de dicho estado, el controlador actualiza la señal de salida para cada uno de los agitadores que se estén monitoreando. La actualización de una señal de salida consiste en activar o desactivar un contacto seco de un módulo de salida tipo relay, al cual puede conectársele una serie de dispositivos electrónicos, con el fin de encender o apagar el agitador.

La información procesada se transfiere a los dos Panel View, donde es desplegada para visualización de los operarios. Desde estos paneles también se pueden enviar información al controlador, como bits o bytes.

Como se comentó en capítulos anteriores, el tipo de red utilizada fue DH-485, que permite un alcance máximo de 1219 metros entre dispositivos electrónicos, lo que garantiza también la comunicación a distancias menores entre el controlador y el panel de operador, 50 metros aproximadamente para el caso de las industrias productoras de adhesivos.

6.2 Alcances y limitaciones

Por lo general un sistema de monitoreo de un determinado proceso, únicamente sensa el estado de las variables por medio de dispositivos especiales y despliega la magnitud registrada por medio de algún dispositivo visual que permita la interpretación de dicha magnitud. Bajo ese marco, el proyecto desarrolló un sistema estandar de monitoreo de variables de campo para la industria productora de adhesivos donde las variables seleccionadas fueron: la temperatura a la que se encuentre la mezcla y la velocidad de agitación de esta. Este proyecto no solo alcanzó los requerimientos establecidos al inicio del mismo, sino que también amplió

sus límites y le concedió al sistema de monitoreo desarrollado, algunas facultades de mando remotas; tales como:

- A) Tener el control para iniciar, parar y/o pausar el proceso de producción desde el panel de operador.
- B) Se estableció la opción de auto-pausa del sistema, cuando alguna de las variables sensadas se saliera de los límites permitidos.
- C) Se instauró la posibilidad de variar los rangos de funcionamiento de la temperatura y la velocidad.

CONCLUSIONES

- El desarrollo de un sistema estándar de monitoreo de las variables de campo, enfocado a la industria química productora de gomas, adhesivos, resinas, etc, permite concluir que la temperatura de las mezclas químicas es un factor crítico para la producción y puede causar la pérdida de la producción si no se chequea adecuadamente.
- Por su parte, la velocidad de agitación tampoco puede sobrepasar ciertos límites porque la agitación en ciertas mezclas es determinante para la homogeneidad del producto final.
- El monitoreo de las variables de este tipo de producción, se pueden monitorear eficientemente con un sistema basado en un controlador lógico programable SLC 5/03.
- El controlador SLC 5/03 es un dispositivo versátil ya que puede variar un sistema de control con solo cambiar el programa que ejecuta.
- La comunicación entre dispositivos de campo y el SLC 5/03 se debe realizar por medio de protocolos a distancias aproximadas de 1200 metros en forma eficiente.
- El sistema de conexión de módulos a los controladores SLC 5/03 por medio de un chasis permite una fácil expansión o su reemplazo en caso de daños.

- El panel de operación permite el intercambio de información con el controlador, lo que lo convierte en un dispositivo remoto de control y visualización muy eficiente.

- Es más rentable sensar velocidad de rotación utilizando sensores inductivos de proximidad que utilizando encoders.

- El protocolo DH-485 permite conectar varios nodos a la red en forma simultánea.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda cambiar el módulo analógico de entradas / salidas por uno para termocupla, el cual no ocupa de transductor para funcionar adecuadamente.
- A pesar del costo, se recomienda el cambio del sensor inductivo de proximidad por un encoder en los casos donde se requiera mayor precisión.

BIBLIOGRAFÍA

Curso de Controles Lógicos Programables, SLC 500 Programación. Dirección de Capacitación, Elvatron. San José. 1995

www.rockwellsoftware.com

www.ab.com

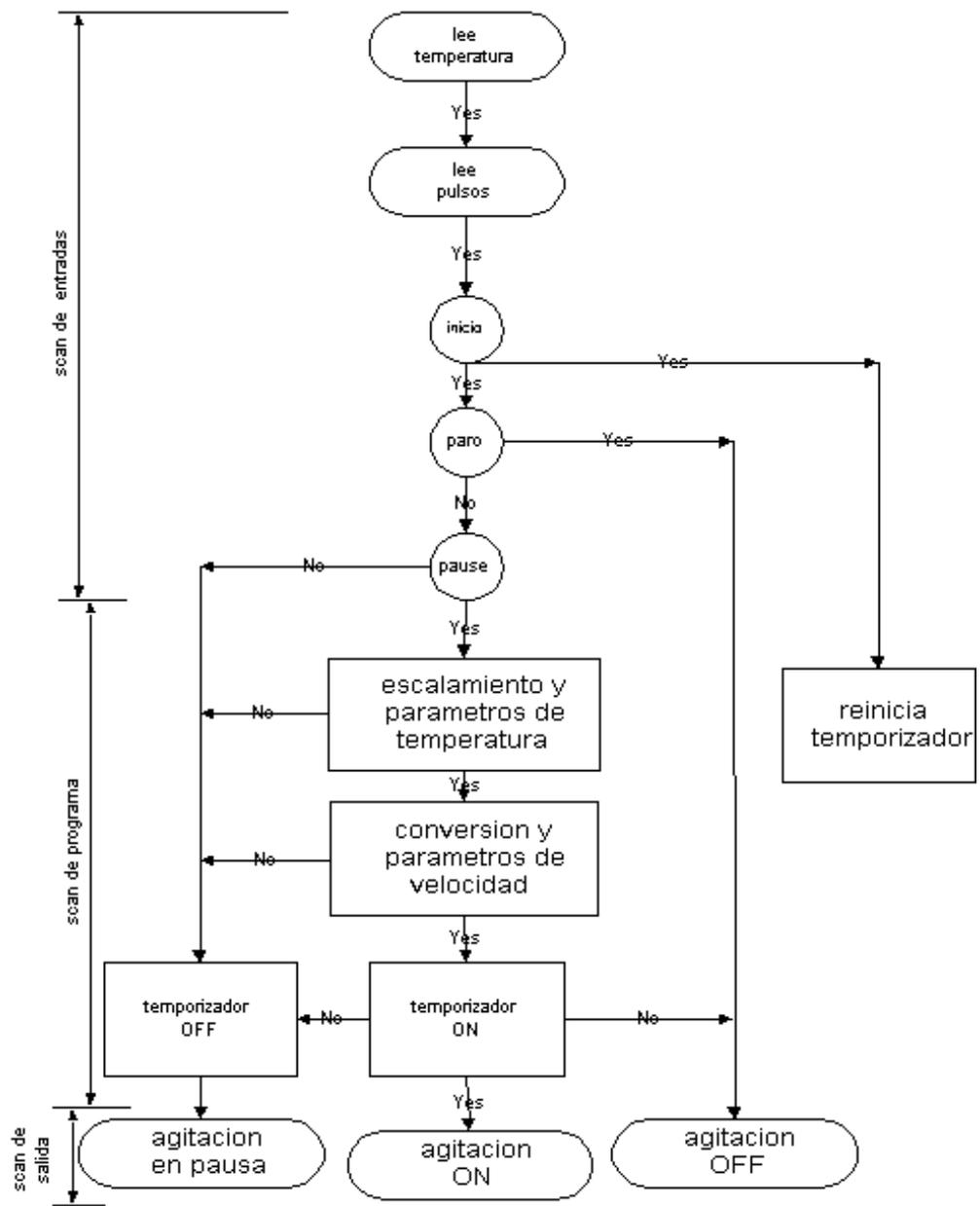
www.rockwellautomation.com

Catálogo sobre Sensores. Allen Bradley, Publicación C113ES- febrero 2000

RTD and thermocouple. Rosemount, Product Data Sheet 00813-0100-2654

Common Reference Information, Conversions, and Tables. Rosemount Measurement, 00816-0100-3061

APÉNDICE



Apéndice 1: Diagrama de flujo del sistema de monitoreo de variables de campo

Glosario

Automatización

Forma de controlar la operación de maquinaria y equipo para la producción de mercancías en la que la entrada y las salida de las maquinas se controla con el empleo de dispositivos y circuitos electrónicos.

Control de Proceso

Control automático de procesos u operaciones.

Controladores Lógicos Programables

Dispositivo electrónico basado en un microcontrolador programable mediante software y el cual pertenece a la primera generación de controladores programables.

Full Duplex

Una forma de transmisión de datos que permite comunicación simultanea en dos sentidos entre un computador y periféricos.

Hardware

Dispositivo físico, eléctrico, electrónico y mecánico que forma una computadora.

LED

Semiconductor que emite luz cuando es recorrido por una corriente.

Modulo I/O

Modulo de entradas / salidas, es una colección de circuitos electrónicos que proveen las condiciones para conectar a un dispositivo de entradas o salidas a un controlador.

Protocolo Especificación de detalles físicos (ejemplo: numero de líneas), niveles de señal y tiempo para una estandarización de datos de la transmisión de entre un computador y sus periféricos.

Relay

Tipo de interruptor electromecánico. Contiene una bobina como electroimán que utiliza para cerrar o abrir contactos.

Scan

Proceso por el cual el microprocesafor acepta entradas, manipula los datos y actualiza las salidas en un periodo de tiempo base.

Software

Subrutinas de programación utilizadas para el control del hardware.

Termocupla

Dispositivo que produce un voltaje CD proporcional a una temperatura.

Abreviaturas

I/O Abreviación para entrada / salida.

HIM Interfaz Hombre Maquina.

LED Diodo emisor de luz.

PC Computador personal.

PLC Controlador Lógico Programable

SLC Tipo especial de PLC de la marca Allen Bradley.

DC Corriente directa.

AC Corriente alterna

ANEXOS

Módulos de E/S	SLC 5/01	SLC 5/02	SLC 5/03 y SLC 5/04
1746-Entrada/salida discreta CA/CC	•	•	•
1746-BAS Módulo Basic	•	•	•
1746-HSCE Módulo contador encoder de alta velocidad		•	•
1747-DSN Módulo explorador de E/S distribuida	•	•	•
1747-SN Módulo explorador de E/S remota		•	•
1746-HS IMC 110 Módulo controlador servo	•	•	•
1747-KE DH-485/RS232-C Módulo KE	•	•	•
1746-Módulos analógicos	•	•	•
1746-NT4 Módulo de entrada de termopares/mV	•	•	•

Anexo 4.1: Diversos tipos de módulos E/S y su compatibilidad con los procesadores SLC 500

Especificación	SLC 5/01 (1747-L511, -L514)	SLC 5/02 (1747-L524)	SLC 5/03 (1747-L532)	SLC 5/04 (1747-L542)
Memoria del programa	1 K o 4 K instrucciones	4 K instrucciones	12 K palabras	20 K palabras
Almacenamiento adicional para datos	0	0	hasta 4 K palabras	hasta 4 K palabras
Capacidad de E/S	256 discretas	480 discretas	960 discretas	960 discretas
Chasis/ranuras máx.	3/30	3/30	3/30	3/30
RAM estándar	Condensador – 2 semanas ^① Batería de litio – 2 años ^②	Batería de litio – 2 años	Batería de litio – 2 años	Batería de litio – 2 años
Opciones de memoria de reserva	EEPROM o UV PROM	EEPROM o UV PROM	EPROM Flash	EPROM flash
Indicadores LED	RUN, FAULT, FORCED I/O, BATTERY LOW	RUN, FAULT, FORCED I/O, BATTERY LOW, COMM.	RUN, FAULT, FORCED I/O, BATTERY LOW, DH485, RS232	RUN, FAULT, FORCED I/O, BATTERY LOW, DH+, RS232
Programación	APS o HHT	APS o HHT	APS	APS
Instrucciones de programación	52	71	85	85
Tiempo de exploración típica ^③	8 ms/K	4.8 ms/K	1 ms/K	0.9 ms/K
Ejecución de bits (XIC)	4 microsegundos	2.4 microsegundos	0.44 microsegundos	0.37 microsegundos

① Para el L511 solamente, el capacitor de reserva tiene una capacidad nominal de 35°C (95°F).

② La batería de litio es opcional para el L511; estándar para el L514.

③ Los tiempos de exploración son típicos para un programa de lógica de escalera de 1 k que consta de lógica de escalera simple y servicio de comunicación. Los tiempos de exploración dependen del tamaño de su programa, las instrucciones usadas y el protocolo comunicación.

Anexo 4.2: Especificaciones detalladas para los procesadores de la familia SLC 500

Rango de entrada NI4, NIO4I y NIO4V	Rango decimal (tabla de imagen de entrada)	Número de bits significativos	Resolución nominal
± 10 VCC -1 bit menos significativo	de -32,768 a +32,767	16	305.176 V/bit menos significativo
de 0 a 10 VCC -1 bit menos significativo	de 0 a 32,767	15	
de 0 a 5 VCC	de 0 a 16,384	14	
de 1 a 5 VCC	de 3,277 a 16,384	13,67	
± 20 mA	± 16,384	15	1.22070 A/bit menos significativo
de 0 a 20 mA	de 0 a 16,384	14	
de 4 a 20 mA	de 3,277 a 16,384	13.67	

Publicación 1746-5.18 ES

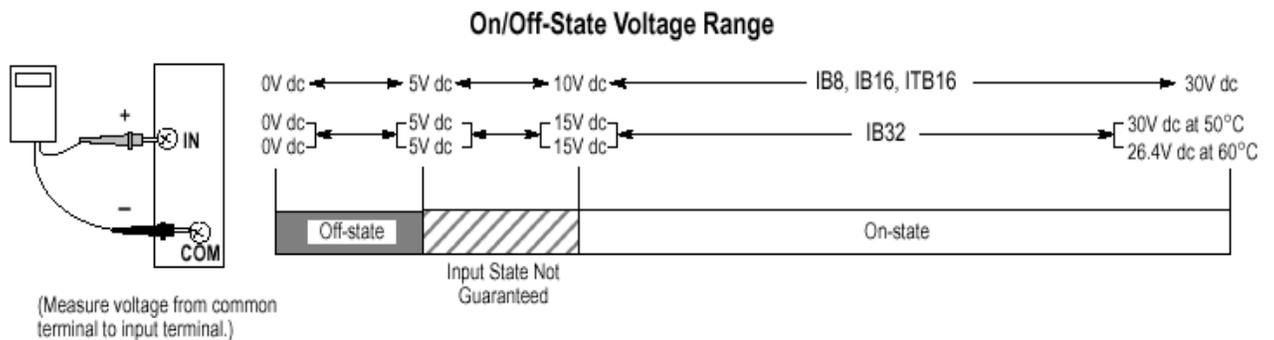
Anexo 4.3: Funciones A/D de entrada analógica del módulo NIO4I

Specification	Catalog Number			
	1746-IB8	1746-IB16 (RTB)	1746-ITB16 (RTB) (Fast Response)	1746-IB32 ^①
Voltage Category	24V dc sink			
Operating Voltage	10 to 30V dc sink			15 to 30V dc at 50°C sink 15 to 26.4V dc at 60°C sink
Number of Inputs	8	16	16	32
Points per Common	8	16	16	8
Backplane Current Draw	5V	0.050A	0.085A	0.085A
	24V	0.0A	0.0A	0.0A
Signal Delay (max.)	on = 8 ms off = 8 ms	on = 8 ms off = 8 ms	on = 0.3 ms ^② off = 0.5 ms	on = 3 ms off = 3 ms
Off-State Voltage (max.)	5V dc	5V dc	5V dc	5V dc
Off-State Current (max.)	1 mA	1 mA	1.5 mA	1.6 mA
Nominal Input Current	8 mA at 24V dc			

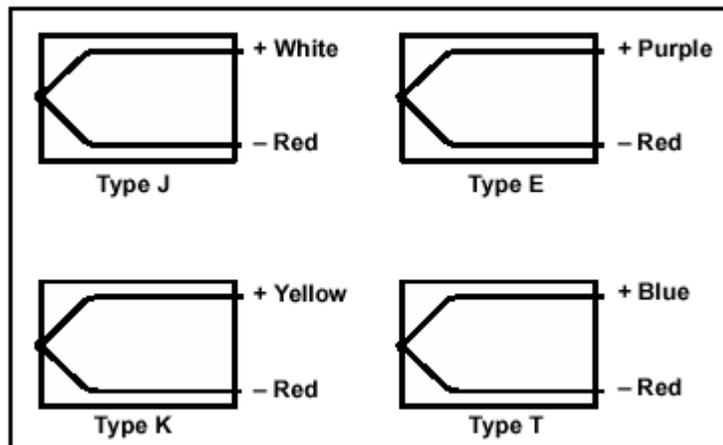
① The 32-point input modules are fused to protect external wiring, one fuse per common. These fuses are non-replaceable and are rated at 2.5A.

② Typical signal delay for these modules: on=0.10 ms, off=0.25 ms at 24V dc.

RTB = Removable Terminal Block.



Anexo 4.4: Especificaciones para un módulo de entrada de señales digitales 1746-IB8



Anexo 4.5: Configuración de alambrado para la termocupla tipo J

Tipo	Aleaciones (color del cable)	Material de funda	Rango de tempera- tura (C)	Intercambiabi- lidad
J	Hierro (+ negro)/ Constantan (- blanco)	AISI 321	-40 a 750	2,5 °C y 0,75% lectura ⁽¹⁾
E	Chromel (+ violeta)/ Constantan (- blanco)	AISI 321	-40 a 800	2,5 °C y 0,75% lectura ⁽¹⁾
T	Cobre (+ marrón)/ Constantan (- blanco)	AISI 321	-40 a 350	1,0 °C y 0,75% lectura ⁽¹⁾
K	Chromel (+ verde)/ Alumel (- blanco)	Inconel 600	-40 a 1100	2,5 °C y 0,75% lectura ⁽¹⁾
N	Nicrosil (+ rosa)/ Nisil (- blanco)	Nicrobell	-40 a 1200	2,5 °C y 0,75% lectura ⁽¹⁾

(1) La que sea más alta.

Anexo 4.6: Característica de los termopares 185

Load Current	≤100mA
Minimum Load Current	5mA
Leakage Current	≤0.9mA
Operating Voltage	10–30V DC
Voltage Drop	≤6V
Repeatability	≤2%
Hysteresis	10% typical
Reverse Polarity Protection	Incorporated
Transient Noise Protection	Incorporated
Short Circuit Protection	Incorporated
Overload Protection	Incorporated
False Pulse Protection	Incorporated
Approvals	UL listed, c-UL certified for Canada, and CE marked for all applicable directives
Enclosure	NEMA 1, 2, 3, 4, 6P, 12, 13 IP67 (IEC529) Nickel-plated brass barrel, plastic face (PBT)
Connections	Cable: 2m (6.5ft) length, 4.4mm (0.175in) diameter, 2-conductor #26AWG PVC Quick-Disconnect: 4-pin micro style
LED	Red: Output energized, 360° visibility
Operating Temperature	–25°C to +70°C (–13°F to +158°F)
Shock	30g, 11ms
Vibration	55Hz, 1mm amplitude, 3 planes

Anexo 4.7: Especificaciones para el sensor de proximidad 872C

Opciones de sensor	Referencia de sensor	Rangos de entrada		Span mínimo ⁽⁹⁾		Precisión digital ⁽¹⁰⁾		Precisión de D/A ⁽¹¹⁾
Termopares	(Ver las notas)	°C	°F	°C	°F	°C	°F	
Tipo B	4, 6, 7	100 a 1820	212 a 3308	25	45	±0,77	±1,39	span de ±0.03%
Tipo E	4, 7	-50 a 1000	-58 a 1832	25	45	±0,20	±0,36	span de ±0.03%
Tipo J	4, 7	-180 a 760	-292 a 1400	25	45	±0,35	±0,63	span de ±0.03%
Tipo K	4, 7	-180 a 1372	-292 a 2502	25	45	±0,70	±1,26	span de ±0.03%
Tipo N	4, 7	0 a 1300	32 a 2372	25	45	±0,50	±0,90	span de ±0.03%
Tipo R	4, 7	0 a 1768	32 a 3214	25	45	±0,75	±1,35	span de ±0.03%
Tipo S	4, 7	0 a 1768	32 a 3214	25	45	±0,70	±1,26	span de ±0.03%
Tipo T	4, 7	-200 a 400	-328 a 752	25	45	±0,35	±0,63	span de ±0.03%
DIN Tipo L	5, 7	-200 a 900	-328 a 1652	25	45	±0,35	±0,63	span de ±0.03%
DIN Tipo U	5, 7	-200 a 600	-328 a 1112	25	45	±0,35	±0,63	span de ±0.03%
Entrada de milivoltios	8	-10 a 80 mV		3 mV		±0,015 mV		span de ±0.03%
Entrada de ohmios de 2, 3, 4 hilos		0 a 2000 ohmios		20 ohmios		±0,45 ohmios		span de ±0.03%
NOTAS:								
1. IEC 751, 1995.		6. La precisión digital para NIST tipo B T/C es de ±3.0 °C de 100 a 300 °C.						
2. JIS 1604, 1981.		7. Precisión digital total para la medición de termopares: la suma de la precisión digital +0,5 °C (precisión de junta fría).						
3. Curva Edison nº7.		8. Las entradas en milivoltios no están aprobadas para su uso con la opción CSA código 16.						
4. NIST Monograph 175.		9. No hay restricciones de span mínimo o máximo con los rangos de entrada. El span mínimo recomendado retendrá el ruido dentro de las especificaciones de precisión con la amortiguación en cero segundos.						
5. DIN 43710		10. Precisión digital: Se puede acceder a la salida digital por medio del comunicador HART o el sistema de control Rosemount.						
		11. La precisión analógica total es la suma de las precisiones digital y de D/A						

Anexo 4.8: Generalidades del transductor 644R

Display	
Type	Graphic Monochrome LCD with integral LED Backlight (100,000 hour life)
Size	73x42mm (2.87x1.67 in.)
Pixels	128x64
Input Keys	8 function keys, numeric keypad and cursor keys
Application Memory	256K Flash (application screen storage)
Real Time Clock	Battery-backed clock timestamps critical data
Electrical	
Communications Port	DeviceNet, DF-1, DH-485, RS-232 (DH-485 protocol)
RS-232 Port	1200, 2400, 9600, 19200 baud rate
Power Requirements	18-32V dc (0.75A @ 24V dc)
Power Consumption	8 VA Watts maximum
Environmental	
Operating Temperature	0 to 55°C (32 to 131°F)
Storage Temperature	-20 to 85°C (-4 to 188°F)
Humidity Rating	5 to 95%, non-condensing
Ratings	NEMA Type 12, 13, 4x (indoor only), IP54, IP65
Approvals	UL, CSA approved; Class I, Div 2 Groups A, B, C, D certified; CE marked, Demko
Weight	673 g (1.484 lbs.)
Dimensions	197mm (h) x 140mm (w) x 82mm (d) (7.76 in. x 5.53 in. x 3.21 in.)

Anexo 4.9: Panel View