

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE
CONFIGURACIÓN MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE UNA
RED HART DE TRANSMISORES SMART PARA EL
LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE
PROCESOS DE LA
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN
LATACUNGA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**EDWIN DAVID SALAZAR JÁCOME
ÁNGEL FERNANDO ZAMBRANO JIMÉNEZ**

Latacunga, Abril del 2011

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores EDWIN DAVID SALAZAR JÁCOME Y ÁNGEL FERNANDO ZAMBRANO JIMÉNEZ bajo nuestra supervisión.

Latacunga, abril del 2011

Ing. Julio Acosta
DIRECTOR

Ing. Galo Ávila
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Edwin David Salazar J. y Ángel Fernando Zambrano J.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE UNA RED HART DE TRANSMISORES SMART PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN LATACUNGA” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril 2011

DAVID SALAZAR J.

CI: N°.- 050270257-4

ÁNGEL ZAMBRANO J.

CI: No.- 050314764-7

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Edwin David Salazar J. y Ángel Fernando Zambrano J.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE CONFIGURACIÓN MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE UNA RED HART DE TRANSMISORES SMART PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN LATACUNGA” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril 2011

DAVID SALAZAR J.
CI: N°.- 050270257-4

ÁNGEL ZAMBRANO J.
CI: No.- 050314764-7

AGRADECIMIENTO

Un sentido de eterna gratitud a aquellas personas que con su amor, paciencia, cuidados y comprensión me ayudaron para seguir adelante dándome ánimos y muchas razones para continuar durante toda mi vida universitaria y aun mas en la culminación de la misma; a todos los docentes que supieron brindarnos e impartirnos sus vastos conocimientos y en especial a nuestros Directores de tesis que nos colaboraron de una manera especial formándonos tanto en lo personal como en lo profesional.

Para Ustedes mi sincero agradecimiento!!

David S.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada en primer lugar, al ser más divino y todopoderoso, Dios, quien ha guiado mi camino y ha puesto la sabiduría en mí, para poder culminar este trabajo y a dos angelitos, que ya no están junto a mí pero que siempre les recordaré, mi hermanita y mi abuelita que se que están cuidándome en cada uno de los pasos que doy.

Para mi hermosa familia, un pilar fundamental en mi vida, que desde niño me inculco el valor del estudio y lo más importante que siempre han estado a mi lado apoyándome y dándome fuerzas, a cada uno de ellos les debo todo lo que ahora soy, pero de manera especial para un ser mágico que ha dado todo por los suyos sin esperar nada a cambio una personita única a quien amo con todo mi ser, MI MADRE.

A mi novia, un ser muy especial que con su amor, ternura y comprensión, día a día ha ido ocupando un lugar muy importante en mi corazón, enseñándome el significado del verdadero amor.

David S.

AGRADECIMIENTO

A mis Coordinadores Académicos, por sus enseñanzas y diferentes propuestas de solución a mis problemas, no solo durante la tesis, sino a lo largo de mis años de estudios.

A toda mi familia, por darme fuerzas para culminar mis estudios y el proyecto de tesis, al recordarme cada día que debía esforzarme y concentrarme en mi trabajo, obviando todo aquello ajeno a éste.

A mi novia, por toda su ayuda, el apoyo moral en las noches sin fin y su cariño siempre presente.

Ángel Z.

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi obra de Trabajo de Grado plasmada en el presente Informe, en primera instancia a mis padres, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

A mis Hermanos porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido, por el apoyo y amistad.

A mi querida Dianita Bustos por su colaboración durante todo el proyecto de tesis y convertirse en uno de los pilares en mi vida.

Y no me puedo ir sin antes decirles, que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está el fruto. Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos tristes, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean, los quiero mucho y nunca los olvidaré.

Ángel Z.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
PROTOCOLO HART	1
1.1. TEORÍA DE OPERACIÓN	1
1.1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.2. FUNDAMENTO TECNOLÓGICO DE HART	3
1.2. MODOS DE COMUNICACIÓN.	4
1.2.1. COMUNICACIÓN HART	4
1.3. RED HART	6
1.3.1. HART Y PROCESO DE LAZO CONVENCIONAL	6
1.3.2. SEÑALIZACIÓN	10
1.3.3. EL PROCESO DEL TRANSMISOR HART EN DIAGRAMA DE BLOQUES	13
1.4. COMANDOS HART	14
1.5. BENEFICIOS DE LA COMUNICACIÓN HART.	15
1.6. COMUNICACIÓN DIGITAL.	15
1.6.1. OBJETIVOS DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL	16
1.7. SEÑALES INTRÍNSECAMENTE SEGURO.	17
1.7.1 DISEÑO EN SEGURIDAD INTRÍNSECA (S.I.)	17
CAPÍTULO II	20
TECNOLOGÍA SMART	20
2.1. MULTIPUNTO Y MULTIPLEXOR	20
2.1.2. PERSPECTIVAS: HART Y EL FIELDBUS (BUS DE CAMPO)	24
2.2. INTERFACES DE SISTEMAS DE CONTROL.	24
2.2.1. LAZO ABIERTO Y CERRADO	25
2.2.2. ESQUEMA DE UN SISTEMA TÍPICO	28
2.2.3. DEFINICIONES DEL SISTEMA	29
2.2.4. INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA	31

2.2.5. SOLUCIONES DE HARDWARE	31
2.2.6. COMPONENTES DEL SISTEMA	32
2.2.7. APLICACIONES SCADA	36
2.3. DISEÑO DE UNA RED HART	37
2.3.1. CONSTRUCCIÓN DE REDES	37
2.3.2. PROTOCOLO	39
2.4. TRANSMISORES SMART	42
2.4.1. INTRODUCCIÓN	42
2.5. FUNCIONAMIENTO DE LOS TRANSMISORES SMART	43
2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSMISORES SMART	45
2.7. VENTAJAS DE LOS TRANSMISORES SMART	47
2.7.1. LOS INSTRUMENTOS DE TIEMPO REAL	48
2.7.2. TRANSMISORES INTELIGENTES O CONVENCIONALES?	49
CAPÍTULO III	51
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	51
3.1. PACTWARE	51
3.1.1. INICIACIÓN	53
3.1.2. AGREGAR UN DTM	57
3.1.3. ELIMINAR UN DTM	58
3.2. GENERALIDADES DEL PLC KOYO DL 06	59
3.2.1. DirectSOFT en Windows	60
3.2.2. PLC – PC pasos de conexión	60
3.2.3. Conexión con la interfaz del operador	62
3.2.4. Conexión a dispositivos de programación	62
3.2.5. Configuración del hardware de la CPU	63
3.2.6 Lazos de Control PID Con El PLC DI06	66
3.2.7. Introducción al control PID con el PLC DL06	68
3.3. PROGRAMACION EN EL PLC KOYO DL- 06	68
3.3.1. Cargar el programa en el PLC	71
3.3.2. Formas de onda de la sintonización	77
3.4. INSTALAR EL SERVIDOR OPC PARA HART	80

3.5. OPC KEPSERVER	84
3.6. INTOUCH	88
3.6.1. Wonderware InTouch	88
3.6.2. Características y Prestaciones	90
3.6.3. Inicialización del software	90
CAPÍTULO IV	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1. CONCLUSIONES	97
4.2. RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: La señal de Comunicación FSK es superpuesta en la señal analógica de 4-20 Ma	2
Figura 1.2. Configuración con dos maestros para acceder a la información de campo.	3
Figura 1.3. Comunicación HART modo "Burst". (Opcional).	4
Figura 1.4. Comunicación HART maestro-esclavo.	5
Figura 1.5. Conexión de dispositivos HART en red multipunto.	6
Figura 1.6. Lazo Proceso convencional	7
Figura 1.7 - Proceso de lazo con HART añadido	7
Figura 1.8. Ráfaga Transportista HART	8
Figura 1.9. Separación de las señales analógicas y HART (Digital)	9
Figura 1.10. Ruta de la señal HART	10
Figura 1.11. Estructura de caracteres HART	11
Figura 1.12. Ilustración de FSK de fase continúa	12
Figura 1.13. Proceso típico diagrama de bloques del transmisor HART	13
Figura 1.14: Posicionador HART con aislador galvánico S. I. comunicación en el circuito S. I. o por medio del aislador	18
Figura 2.1: Posicionadores HART en multipunto	22
Figura 2.2: Combinación de señales 4-20 mA con multipunto FSK	22
Figura 2.3: Multiplexor HART sin seguridad intrínseca	23
Figura 2.4: Multiplexor HART en una estación de campo	23
Figura 2.5. Ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales.	25
Figura 2.6. Red HART con múltiples instrumentos de campo se redujo	38
Figura 2.7 Red HART listado de libre disposición de los Dispositivos	39

Figura 2.8. Ráfagas portadora durante la transacción HART	40
Figura 2.9. Conversión Analógica / Digital	43
Figura 2.10. Señales de Entrada y Salida de un Transmisor "Intelligent" o de un "Smart"	44
Figura 2.11. Conexión de Transmisor "Smart"	44
Figura 3.1. Pantalla de PACTware 3.6 en Windows XP	53
Figura 3.2. Inicialización del PACTware	53
Figura 3.3. Inicio de Sesión PACTware	54
Figura 3.4. Pantalla de proyecto	54
Figura 3.5. Agregación de Dispositivos	55
Figura 3.6. Selección del Puerto de Conexión	56
Figura 3.7. Modificación de la información del dispositivo	56
Figura 3.8. Agregación de DTM's	58
Figura 3.9. Mensaje de confirmación de eliminación	59
Figura 3.10. Estructura física del PLC Koyo Direct Logic 06	60
Figura 3.11. Conexión PLC/PC	60
Figura 3.12. Diagrama de Cableado.	61
Figura 3.13. Conexión en el PLC	61
Figura 3.14. Configuración del cable de conexión PLC/Touch Screen	62
Figura 3.15. Conectando dispositivos de programación	62
Figura 3.16. Características de los puertos de comunicación	63
Figura 3.17. Ranuras del PLC DL06	65
Figura 3.18. Enumeración de E/S para un sistema	66
Figura. 3.19 Ejemplo de control PID	67
Figura 3.20. Fórmula de la Salida Analógica M(t)	68
Figura 3.21. Inicialización de DirectSoft	69
Figura 3.22. Pantalla Principal DirectSoft	69
Figura 3.23. Pantalla de Programación DirectSoft	70
Figura 3.24. Opción de Edición de Programa	70
Figura 3.25. Selección de Elementos para la programación	70
Figura 3.26. Programa para el Control PID	71
Figura 3.27. Conección con el PLC	71

Figura 3.28. Añadir un nuevo enlace	72
Figura 3.29. selección del Puerto de Conexión	72
Figura 3.30 Selección del Modelo del PLC	73
Figura 3.31. Tipo de Protocolo	73
Figura 3.31. Pantalla de los Datos Seleccionados	74
Figura 3.32. Nombre del enlace	74
Figura 3.33. Enlace creado	75
Figura 3.34. Edición del estado del PLC	75
Figura 3.35 Selección de Ejecución del Programa	76
Figura 3.36. Visualización del Estado del PLC	76
Figura 3.37. Escritura en el PLC	77
Figura 3.38. Formas de onda de sintonización	77
Figura 3.39. Variación del Set Point	78
Figura 3.40. Conexión en la estación de flujo	79
Figura 3.41. Conexión del módulo de salidas analógicas	79
Figura 3.42. Instalación del OPC HART	80
Figura 3.43. Instalación del OPC HART	80
Figura 3.43. Inicialización del OPC HART desde Windows XP	81
Figura 3.44. Pantalla principal de OPC HART	81
Figura 3.45. Selección del Tipo de Comunicación	82
Figura 3.46. Selección del Puerto de comunicación	82
Figura 3.47. Agregar dispositivos de red	83
Figura 3.48. Añadir dispositivos mediante Poll Address	83
Figura 3.49. Dispositivos agregados	84
Figura 3.50. Canal de comunicación con el PLC	84
Figura 3.51. Controlador del PLC KOYO DL – 06	85
Figura 3.52. Selección del Puerto de Comunicación	85
Figura 3.53. Selección del Modelo del PLC	86
Figura 3.54. Selección del Modelo del PLC	86
Figura 3.55. Selección de Memoria para las diferentes variables del proceso	87
Figura 3.56.a. Variables utilizadas en el proceso	88
Figura 3.56.b. Pantalla principal de In Touch WindowViewer	90

Figura 3.57. Pantalla principal de In Touch WindowMaker	91
Figura 3.58. Propiedades de la nueva ventana	91
Figura 3.59. Creacion de la nueva Ventana	92
Figura 3.60. Selección de los elementos	92
Figura 3.61. Selección de los elementos de fábrica	93
Figura 3.62. Simbolos de frabrica	93
Figura 3.63. Scripts de aplicación	94
Figura 3.64. Creación de tags de aplicación	94
Figura 3.65. Propiedades de los simbolos	95
Figura 3.66. Selección del tag de los simbolos	95
Figura 3.67. Lista de tags	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Diseño de seguridad intrínseca utilizando comparación de los valores máximos de seguridad	19
Tabla 2.1. Partes del mensaje HART	41
Tabla 2.2 Comparación de un Transmisor de presión Análogo y uno "Smart"	48
Tabla 2.3 Tiempos Muertos de Transmisores	49

RESUMEN

El actual proceso de digitalización de la información hace necesaria la existencia de equipos de campo para industrias que sean capaces de transmitir y recibir datos. En la era analógica una de las opciones eran lazos de corriente de 4 – 20 mA que indicaban el valor de la única variable que era posible transmitir. Pero en la actualidad se hace indispensable la comunicación digital; para ello Fisher Rosemount ideó el protocolo HART, que no solo permite la comunicación de los dispositivos de modo digital, sino también utiliza la instalación de cables de la antigua configuración. Este protocolo se basa en la transmisión de una señal de corrimiento en frecuencia de 1200Hz y 2200Hz, superpuesta en la señal analógica, que viaja del maestro hacia el esclavo y viceversa mediante una estructura de mensajes digitales estándar, lo que permite interconectar equipos de diversos fabricantes a un mismo dispositivo maestro.

En la Red Hart realizada se encuentran conectados cuatro estaciones de procesos LabVolt, cada una con Transmisores Smart y sus actuadores de 4 - 20 mA; dicha red se encarga del monitoreo, supervisión y control de los procesos a través de un maestro (PC), y un PLC que es el encargado del control de los PID`s de cada una de las estaciones.

Las variables de procesos están dentro de la red Hart y son monitoreadas en el computador a través de un Cable USB – HART para realizar el control de los procesos y su posterior visualización en Software de HMI (INTOUCH).

INTRODUCCIÓN

Debido al constante avance tecnológico en el control industrial cada vez se hace más indispensable innovar en la optimización de tiempo y recursos, además de cada día hacerlo más fiable; con la ayuda de este software lograremos realizar una configuración de manera remota ahorrando así tiempo y recursos ya que con la utilización del software evitaremos el uso de un calibrador externo.

En la carrera de Ingeniería Electrónica en Instrumentación el uso de protocolo HART es cotidiano y muy utilizado en la industria. Que mejor que la ESPE Extensión Latacunga brinde a sus estudiantes la posibilidad de familiarizarse con el ambiente real de trabajo brindando aún más conocimientos con nuevas alternativas de configuración de redes HART y centralización de procesos.

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente el proyecto se lo ha dividido en cuatro capítulos:

En el capítulo I, Protocolo HART, se presenta el marco teórico referente al proyecto, teoría de operación y beneficios de la comunicación HART

En el Capítulo II, Tecnología Smart, se presenta la conexión de una Red Hart Multidrop y las generalidades de los transmisores Smart

En el capítulo III, Se muestra los resultados obtenidos, las pruebas experimentales y los procedimientos realizados para alcanzar nuestros objetivos

Finalmente en el capítulo IV, se exponen las conclusiones y recomendaciones recopiladas a lo largo de la ejecución del proyecto, las mismas que podrán aportar al desarrollo de trabajos similares.

CAPÍTULO I

PROTOCOLO HART

1.4. TEORÍA DE OPERACIÓN

1.4.1. INTRODUCCIÓN

El protocolo de comunicación HART (HART= Transductor Remoto Direccional de Alta velocidad, por sus siglas en inglés) fue introducido por primera vez por la compañía Rosemount Inc. en 1986 como un estándar de Diseño exclusivo para la comunicación de transmisores. Poco después de su introducción, Rosemount decidió permitir su acceso para uso por parte de otros fabricantes. Desde esa fecha, ese protocolo ha adquirido amplia popularidad, y ahora constituye uno de los estándares de facto de mayor desarrollo para la instrumentación de campo de procesos. En la actualidad, más de 60 fabricantes ofrecen productos con el protocolo HART. El estándar está regulado en el presente y puede adquirirse en la HART Communication Foundation (HCF), un consorcio de proveedores y usuarios de HART.¹

El motivo de la aceptación obtenida por el protocolo se debe a las ventajas que ofrece HART al usuario. Es un protocolo de comunicación que puede usarse en los existentes sistemas de control de 4-20 mA con gastos mínimos para su implementación. Pueden utilizarse los actuales cableados de campo y las Salidas y Entradas de sistemas de control. Debido a que HART combina la señalización analógica y digital, el protocolo ofrece un control notablemente rápido de la variable primaria y permite la transmisión simultánea de información que no sea de control.

¹ BELA G Liptak. (1972) Instrument Engineers' Handbook. De Cihilton Book Co. USA

HART usa una técnica de codificación por modificación de frecuencia para sobreponer comunicación digital en el bucle de corriente de 4-20 mA que conecta el instrumento de campo con el sistema de control. Se utilizan dos frecuencias (1.200 Hz y 2.200 Hz) para representar un 1 y un 0 binarios. **(Ver Figura 1.1).**

HART también ofrece la posibilidad de funcionar en multipunto, pudiendo conectarse hasta 16 instrumentos en el mismo par de líneas. Sin embargo, la señalización digital de HART alcanza 1.200 baudios, lo cual limita el número de aplicaciones que pueden utilizar el multipunto para control de procesos. La función multipunto de HART podría tener una efectiva aplicación como transmisor múltiple de temperaturas permitiendo la vigilancia del proceso.

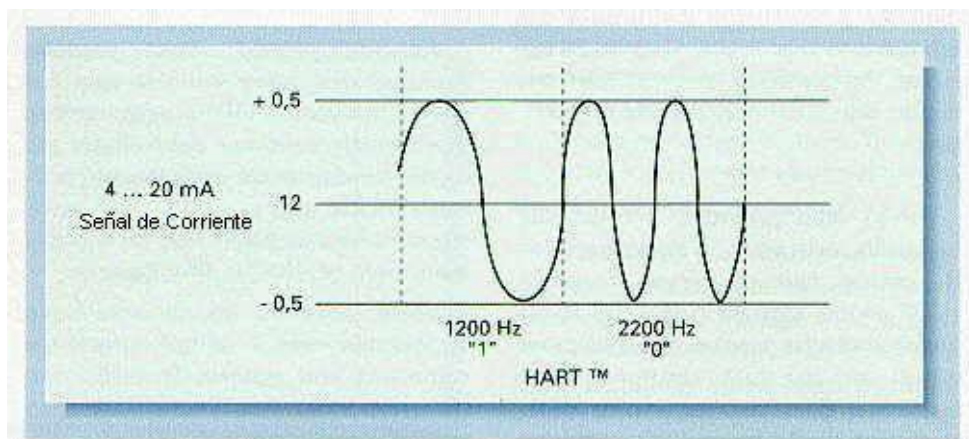


Figura 1.1: La señal de Comunicación FSK es superpuesta en la señal analógica de 4-20 mA

1.4.2. FUNDAMENTO TECNOLÓGICO DE HART

El protocolo HART utiliza el estándar Bell 202 FSK (Codificación por Cambio de Frecuencia) para superponer las señales de comunicación digital al bucle de corriente 4-20mA

La información binaria es representada mediante una señal de dos frecuencias distintas. Un cero lógico es representado por una frecuencia de 2200Hz, mientras un uno lógico es representado por una frecuencia de 1200Hz. Estos tonos se superponen a la señal de continua, y como la

señal de AC tiene un valor promedio cero, la señal de continua no es afectada. Fig. 1.1

HART es principalmente un protocolo maestro/esclavo lo que significa que el dispositivo de campo (esclavo) habla solo cuando es preguntado por un maestro. En una red HART dos maestros (primario y secundario) pueden comunicarse con un dispositivo esclavo. Los maestros secundarios pueden comunicarse con los dispositivos de campo sin distorsionar la comunicación con el maestro primario. Un maestro primario puede ser típicamente un DCS (Sistema Distribuido de Control), un PLC, o un sistema central de monitorización o control basado en PC, mientras un maestro secundario puede ser un comunicador portátil. Fig. 1.2

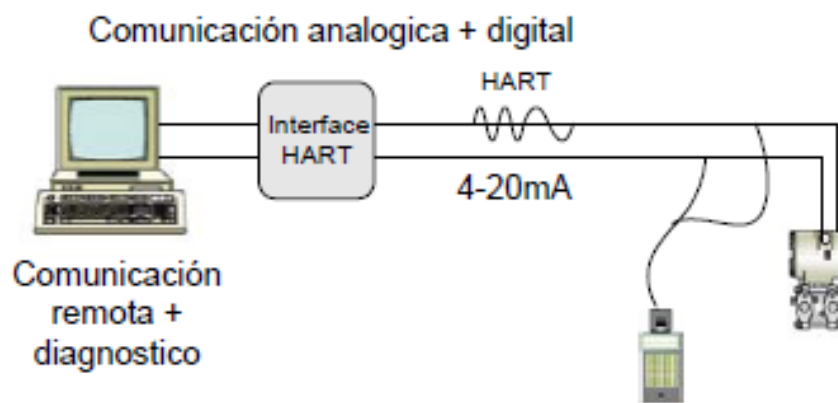


Figura 1.2. Configuración con dos maestros para acceder a la información de campo.

Otro modo de comunicación opcional es el modo "Burst", que permite que un único dispositivo esclavo emita continuamente un mensaje HART de respuesta. Fig. 1.3

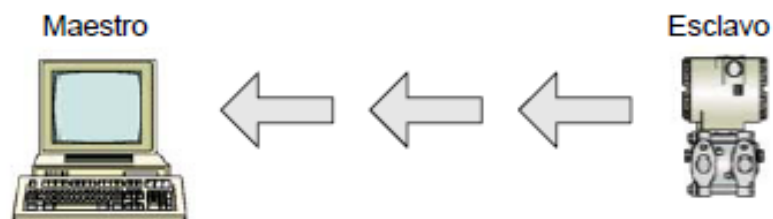


Figura 1.3. Comunicación HART modo "Burst". (Opcional).

1.5. MODOS DE COMUNICACIÓN.

1.5.1. COMUNICACIÓN HART

El protocolo HART permite la comunicación digital en los dos sentidos de forma que es posible enviar información adicional a la variable de proceso transmitida hacia o desde un instrumento de campo inteligente. La variable de proceso es portada por la señal analógica mientras que mediante la comunicación digital se accede a medidas adicionales, parámetros de proceso, configuración de instrumentos, calibración e información de diagnóstico que mediante el protocolo HART viaja sobre el mismo cable y simultáneamente a la señal analógica. Esto supone una gran ventaja a la hora de implantar esta tecnología de comunicación digital, frente a otras tecnologías digitales, ya que es compatible con los sistemas existentes.²

Dentro del protocolo HART existen varios modos para la comunicación de información desde/hacia instrumentos de campo inteligentes y el controlador central o equipos de monitorización. La comunicación digital maestro/esclavo simultánea con la señal analógica 4-20mA es la más común. Este modo, permite que el esclavo responda a los comandos-peticiones del maestro 2 veces por segundo, mientras que la señal analógica, que es continua, puede seguir portando la variable de control.

Fig. 1.4

² Foundation Fieldbus.(1998) Technical Overview Foundation Fieldbus.
FF. Austin. Texas. USA

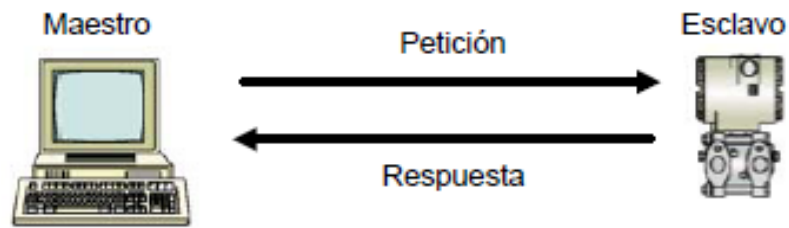


Figura 1.4. Comunicación HART maestro-esclavo.

El protocolo HART también tiene la capacidad de conectar múltiples dispositivos de campo sobre el mismo par de hilos en una configuración de red multipunto como la que se muestra en la Figura 1.5. En la configuración multipunto, la comunicación está limitada a la comunicación digital maestro/esclavo. La corriente a través de cada dispositivo esclavo se fija al mínimo valor para alimentar el dispositivo y no tiene ningún significado relativo al proceso.

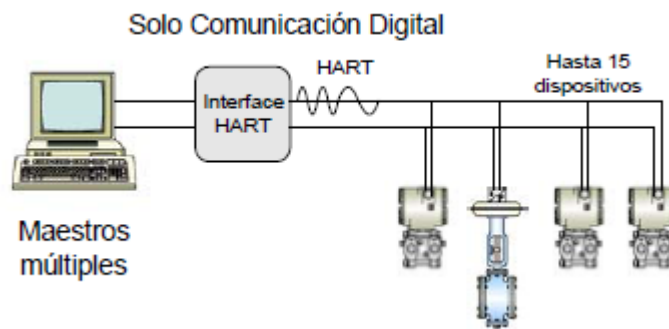


Figura 1.5. Conexión de dispositivos HART en red multipunto.

Desde la perspectiva de la instalación, para las señales de comunicación HART se utiliza el mismo cable usado para transmitir la señal analógica 4-20mA. Las longitudes de cable permitidas van a depender del tipo de cable utilizado y del número de dispositivos conectados.³

➤ ³http://www.ceaifac.es/actividades/jornadas/XXII/documentos/A_03_IC.pdf

1.6. RED HART

1.6.1. HART Y PROCESO DE LAZO CONVENCIONAL

El protocolo HART a veces se entiende mejor al observar la forma en que evolucionó a partir de un bucle de proceso convencional. En la Figura 1.6 se muestra un diagrama simplificado de la corriente conocida de lazo analógico. Las señales del transmisor de proceso mediante la variación de la cantidad de corriente fluyen a través de sí mismo. El controlador detecta esta variación actual midiendo la tensión en la resistencia. El bucle de corriente varía de 4 a 20 mA a frecuencias por lo general menores de 10 Hz.

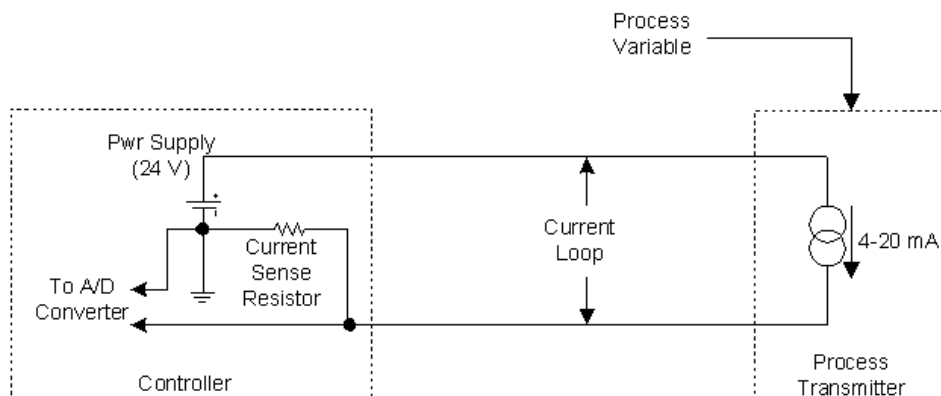


Figura 1.6. Lazo Proceso convencional

Los dos extremos del bucle ahora incluyen un módem y un "amplificador de recepción." El amplificador receptor tiene una impedancia de entrada relativamente alta para que no se cargue el circuito de corriente. El transmisor de proceso también tiene una fuente de corriente AC, y el controlador tiene un acoplador voltaje de la fuente de AC. El interruptor en serie con la fuente de voltaje (XMIT Fuente voltios) en el controlador de HART está normalmente abierto. Fig. 1.7 ⁴

➤ ⁴ <http://www.forosdeelectronica.com/f12/funcionamiento-protocolo-hart-2721/>

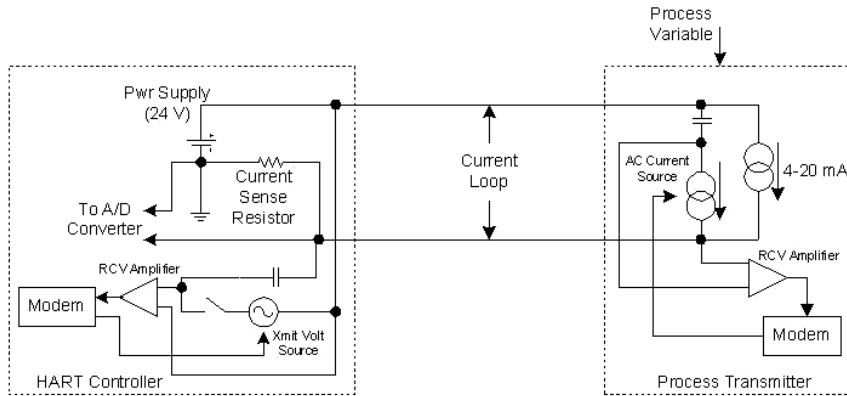


Figura 1.7 - Proceso de lazo con HART añadido

Sin importar qué dispositivo está enviando el mensaje HART, el voltaje a través de los conductores del circuito será similar a la de la figura 1.8

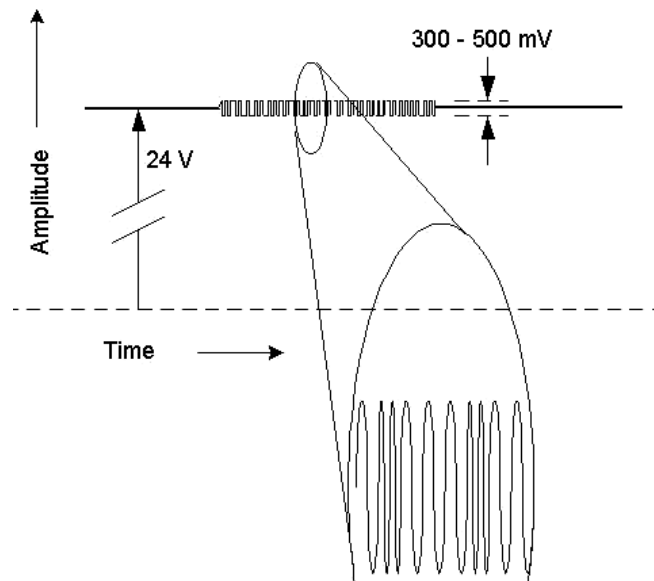


Figura 1.8. Ráfaga Transportista HART

La señal HART es normalmente aislada con un filtro pasa alto con una frecuencia de corte en el rango de 400 Hz a 800 Hz. La señal analógica es igualmente aislada con un filtro pasa bajo. Esto se ilustra en la figura 1.9

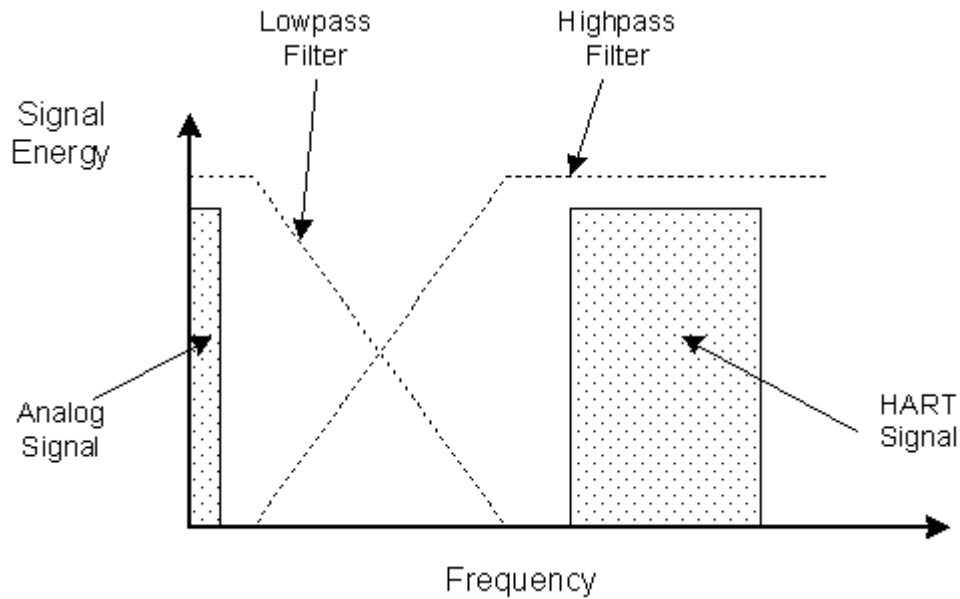


Figura 1.9. Separación de las señales analógicas y HART (Digital)

Para mayor comprensión, la Figura 1.9 muestra las señales analógicas y señales HART en el mismo nivel. Por lo general, esto no es cierto. La señal analógica puede variar de 4 a 20 mA ó 16 mA pp (inusual, pero posible), que es mucho más grande que la señal HART. Esto, a su vez, puede llevar a algunas dificultades en la separación de ellos.⁵

HART se destina a adaptar a las aplicaciones existentes y el cableado. Esto significa que debe haber dos hilos para dispositivos HART. También significa que los dispositivos deben estar en condiciones de ser intrínsecamente seguros.

Estos requisitos implican relativamente baja potencia y la capacidad de transmitir a través de barreras de seguridad intrínseca. Esto se logra a través de una tarifa de datos relativamente bajo, amplitud de la señal de baja, y la superposición de la HART y señales analógicas. El consumo de energía se reduce aún más a través de la naturaleza de dúplex medio de HART. Es decir, un dispositivo no al mismo tiempo de transmisión y recepción.

⁵ Samson AG.(1999). L450EN. Communication in the Field. Samson AG. Frankfurt

La seguridad intrínseca y la modernización de las aplicaciones existentes y el cableado también explican por qué HART se desarrolló en absoluto, a pesar de otros sistemas de comunicación avanzados y las técnicas que existían en ese momento.

1.6.2. SEÑALIZACIÓN

El recorrido de la señal HART del procesador en un dispositivo que envía al procesador de recepción se muestra en la figura 1.10 los Amplificadores, filtros, etc. se han omitido por simplicidad. En este nivel, el esquema es el mismo, independientemente de si un Maestro o Esclavo está transmitiendo. Tenga en cuenta que, si la señal de que empieza como corriente en la "red" se convierte a voltaje. Pero si se comienza como una tensión se mantiene en tensión.

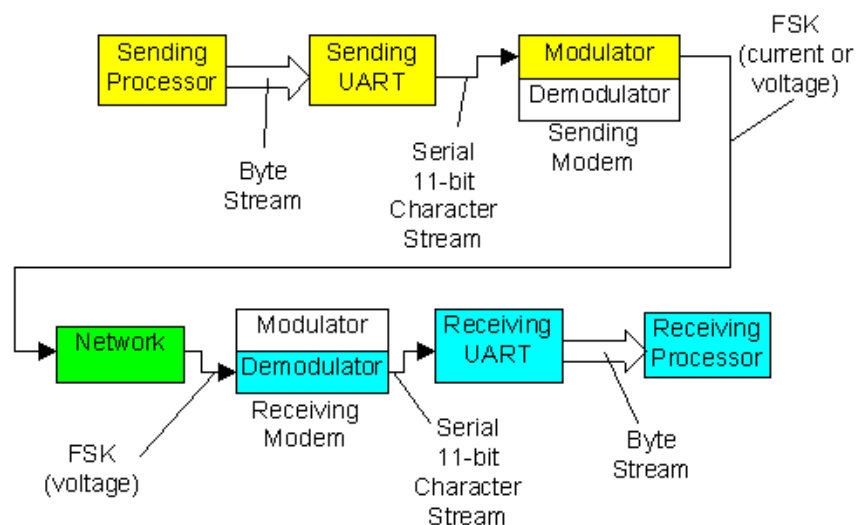


Figura 1.10. Ruta de la señal HART

El dispositivo de transmisión empieza girando sobre su portador y la carga del primer byte a ser transmitido en su UART. Se espera que el byte a ser transmitido se envíe y luego carga la siguiente. Esto se repite hasta que todos los bytes del mensaje se han agotado. El transmisor a continuación, espera a serializar el último byte y finalmente se apaga su portador. Con

pequeñas excepciones, el dispositivo que transmite no permite que se produzca una brecha en la corriente de serie.

La UART convierte cada byte transmitido en una serie de 11 caracteres, como en la figura 1.11 El byte original se convierte en el que aparece como "datos de bytes (8 bits)". El inicio y bits de parada se utilizan para la sincronización. El bit de paridad es parte de la detección de errores HART. Estos 3 bits que se agregan contribuyen a la "sobrecarga" en la comunicación HART.

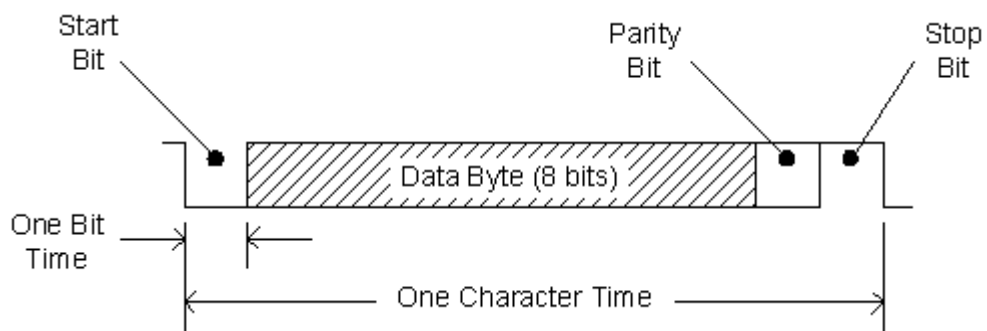


Figura 1.11. Estructura de caracteres HART

El flujo de caracteres de serie se aplica al modulador del módem que envía. El modulador opera de tal manera que un 1 lógico aplicado a la entrada genera una señal de 1.200 Hz periódico a la salida del modulador. Un "0" lógico produce 2.200 Hz. El tipo de modulación utilizado se denomina fase continua Frequency Shift Keying (CPFSK). "Fase continua" significa que no hay discontinuidad en la salida del modulador.

Una visión ampliada de lo que pasa está ilustrada en la figura 1.12.

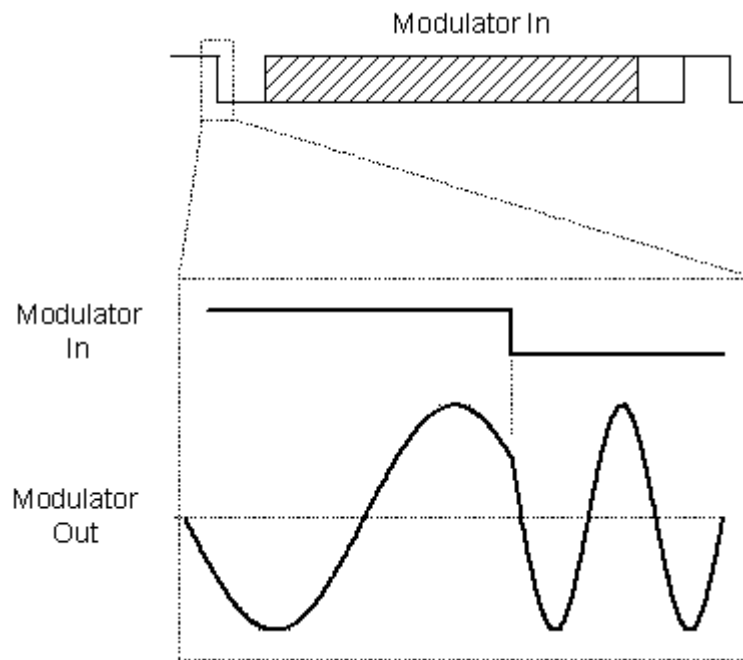


Figura 1.12. Ilustración de FSK de fase continúa

La forma de la modulación utilizada en HART es la misma que la utilizada en el "canal hacia adelante" de Bell-202. Sin embargo, existen suficientes diferencias entre HART y Bell 202 que varios módems han sido diseñados específicamente para HART. ⁶

En el receptor extremo, la sección de demodulador de un módem FSK convierte de nuevo en un flujo de bits en serie a 1200 bps. Cada bit de 11 caracteres se convierte de nuevo en un byte de 8 bits y la paridad está activada. El procesador recibe, lee los bytes entrantes UART y la paridad de los controles para cada uno hasta que no haya más o hasta que el análisis del flujo de datos indica que este es el último byte del mensaje. El procesador receptor acepta los mensajes entrantes con amplitud lo suficientemente alta como para causar detección de portadora que se afirma. ⁷

⁶ Hart Communication Foundation.(1999) Hart Application Guide.HCF.
Austin.Texas.USA

⁷ ISA.(1997)The ISA Fieldbus Guide, ed Research Triangle Park
Instrument Society of America

1.6.3. EL PROCESO DEL TRANSMISOR HART EN DIAGRAMA DE BLOQUES

Un diagrama de bloques de un proceso típico de transmisor HART se da en la figura 1.13

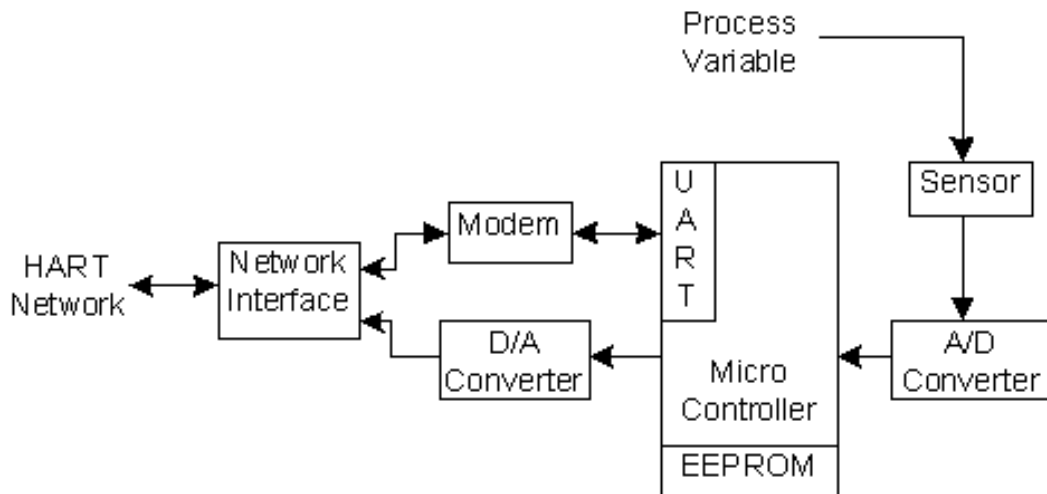


Figura 1.13. Proceso típico diagrama de bloques del transmisor HART

La "interfaz de red" en este caso es el regulador de corriente. El regulador de corriente implementa las dos fuentes de corriente como se muestra en el "transmisor" de proceso de la figura 1.14. La EEPROM es necesaria en un transmisor HART para almacenar los parámetros fundamentales HART. La UART, que se utiliza para convertir datos en serie y en paralelo, se construye a menudo en el micro-controlador y no tiene que ser agregado como un tema separado.

El diagrama ilustra parte del atractivo de HART: la simplicidad y la facilidad relativa con la que los instrumentos de campo HART pueden ser diseñados.

1.4. COMANDOS HART

La comunicación HART está basada en comandos. Hay tres tipos de comandos que van a proporcionar acceso de lectura-escritura a la

información disponible en los instrumentos de campo compatibles con HART. Los comandos pueden ser Comandos Universales (Universal Commands), Comandos de Practica Común (Common Practice Commands) y Comandos Específicos del Dispositivo (Device Specific Commands).

Los Comandos Universales aseguran la interoperabilidad entre los productos de distintos fabricantes, y proporcionan el acceso a la información útil en la operación habitual en planta. Todos los esclavos compatibles HART deben responder a todos los Comandos Universales.

Los Comandos de Practica Común proporcionan acceso a funciones que son implementadas en muchos dispositivos, pero no en todos. Son opcionales, pero si se implementan, debe ser como se especifica.

Los Comandos Específicos del Dispositivo ofrecen la libertad para que cada aparato particular tenga parámetros o funciones exclusivos.⁸

1.8. BENEFICIOS DE LA COMUNICACIÓN HART.

Los **Factores de la comunicación** son el conjunto de todos los conceptos que se necesitan para establecer la comunicación. En los cuales:

- El **emisor** es quien está de acuerdo con la intención de expresar un mensaje, es quien lo emite
- El **referente** es el objeto, la idea o la cosa física o abstracta a la que alude el mensaje comunicativo y es de carácter extralingüístico. Es el objeto, la idea, el conocimiento, la fantasía, etc., en sí mismo.
- El **receptor** es quien recibe el mensaje.
- El **código** es un sistema de signos que se utiliza para expresar ideas

⁸ Profibus NPO.(1999) Profibus Technical Description.Profibus NPO.

- El **mensaje** es la información representada por medio de código que el emisor transmite o quiere transmitir al receptor. Es la idea o cosa "referente" desde un punto de vista intrínsecamente material aunque lo fuese abstracto.
- El **canal** es el medio que se utiliza para hacer llegar el mensaje, por ejemplo: un teléfono móvil.
- El **contexto** es la situación que se crea cuando se haya comunicación, es decir, el alrededor.

1.9. COMUNICACIÓN DIGITAL.

Los primeros sistemas de comunicaciones fueron digitales, tal es el caso del telégrafo, pero con la invención del teléfono las comunicaciones se tornaron básicamente analógicas.

Con el paso del tiempo, el uso masivo de computadoras hizo que los esfuerzos se centraran de nuevo en la comunicación digital, que es la predominante en estos días.⁹

El amplio desarrollo experimentado por los sistemas de comunicaciones ha originado consecuencias sociales significativas, dando lugar en la actualidad a una mayor disponibilidad de información de todo tipo, situación que se ha visto favorecida por los avances de la electrónica digital.

Los estudios relativos a los sistemas de comunicaciones tienen sus orígenes en dos ramas de la ingeniería: la electrónica y las telecomunicaciones, y el tema fundamental es la transmisión de mensajes.

⁹ DUPERUT, Gabriel, FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN Y COMUNICACIONES. 3ra edición. Abril 2003.

1.9.1. OBJETIVOS DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL

- Traducir un número de su expresión decimal a la binaria y viceversa.
- Comprender la lógica presente en las operaciones con números expresados en forma binaria.
- Operar con números expresados en el sistema binario.
- Comprender que los códigos transforman la información para adaptarla al medio en el que circulará o a través del cual será transmitido, relacionando cada elemento del mensaje original con un elemento del mensaje codificado.
- Entender que decodificar un mensaje es retransformarlo (para que recupere su forma original) mediante la aplicación de un código conocido.
- Interpretar el modo en que trabaja un fax y la posibilidad de comunicación entre computadoras utilizando un módem telefónico.
- Asociar el uso de códigos con el significado de los mismos, a fines de que puedan traducirlos y obtener la información que transportan.
- Descubrir y comprender algunas necesidades de orden técnico que llevan a codificar la información.
- Valorar el resguardo y la transmisión de la información en formato digital frente al deterioro natural que ella puede sufrir.

1.10. SEÑALES INTRÍNSECAMENTE SEGURO.

1.7.1 DISEÑO EN SEGURIDAD INTRÍNSECA (S.I.)

La protección contra explosiones de "Seguridad Intrínseca" se diseña generalmente de manera tal que una interfase S.I. esté conectada entre la salida analógica DCS y el posicionador. Durante la fase de ingeniería, es necesario asegurarse de que las funciones requeridas del circuito no sean

afectadas por la interfase de S.I. y que no se superen los valores del límite de seguridad.¹⁰

En términos de la salida HART, esto significa que la interfase S.I. debe transferir la señal 4...20 mA de DCS al posicionador, permitir el paso de la señal HART-FSK en ambas direcciones, y que en mayor medida no esté atenuada. Además, se puede mejorar el funcionamiento del filtro HART con su incorporación en la interfase de S.I.

Si el posicionador se operara con salidas analógicas convencionales de 4...20 mA, por ejemplo, que no están especialmente equipadas para la comunicación HART, la interfase de S.I. también deberá incorporar conexiones apropiadas para un terminal manual o módem. En campo, debería poder conectarse un HHT aprobado para S.I.; de modo alternativo, en el área correspondiente al DCS debería poder conectarse un HHT o un Módem **(Ver Figura 1.14)**.

Para el sencillo circuito de Seguridad Intrínseca considerado en este trabajo, el Diseño se efectúa en términos de los valores máximos de seguridad **(Ver Figura 1.15)**. Estos valores máximos están especificados en la interfase y en las certificaciones del posicionador.

Si existe la posibilidad de usar un HHT en el área peligrosa, debe tomarse en cuenta que desde el punto de vista de la Seguridad Intrínseca hay una interconexión de dos dispositivos activos. Asimismo, la interconexión no debe superar los valores máximos del posicionador. Por ejemplo: Si $I_{m \text{ HHT(out)}} = 5 \text{ mA}$ e $I_{m \text{ Interface I. S. (out)}} = 105 \text{ mA}$, entonces $I_{\text{max posicionador (in)}}$ debe ser igual o mayor que 110 mA.

¹⁰ <http://www.texca.com/hart.htm>

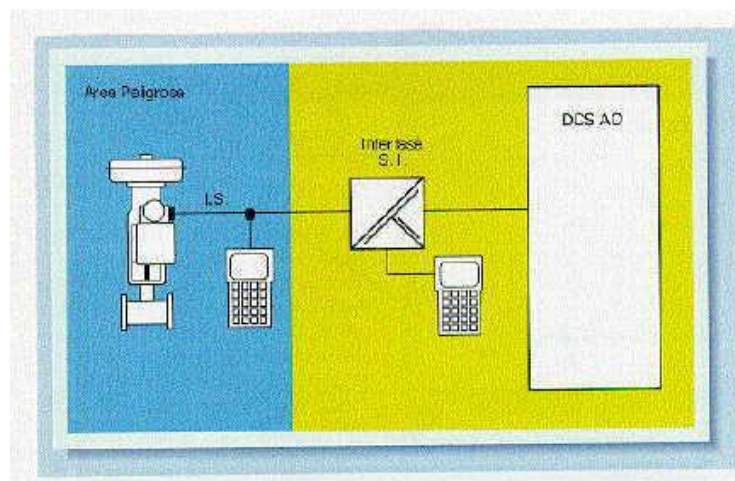


Figura 1.14: Posicionador HART con aislador galvánico S. I. comunicación en el circuito S. I. o por medio del aislador

Tabla 1.1. Diseño de seguridad intrínseca utilizando comparación de los valores máximos de seguridad

Posicionador		Interfase S. I.
U _{max}	mayor ó igual	U _m
I _{max}	mayor ó igual	I _m
P _{max}	mayor ó igual	P _m
C _i	menor ó igual	C _a
L _i	menor ó igual	L _a
U _{max} , I _{max} , P _{max} , C _i y L _i son los valores máximos (parámetros de entrada) del posicionador		U _m , I _m , P _m , C _a y L _a son los valores máximos de seguridad (parámetros de salida) de la interfase S. I.

CAPÍTULO II

TECNOLOGÍA SMART

2.1. MULTIPUNTO Y MULTIPLEXOR

La conexión de punto a punto de una válvula HART como la descrita con anterioridad, posiblemente con el uso de una interfase de Seguridad Intrínseca, es el método más sencillo - y desde el punto de vista de la seguridad intrínseca - también el más directo. Su uso es apropiado sólo si se operan válvulas HART individuales en una instalación o si las válvulas pueden operarse directamente en salidas compatibles con HART. Tales salidas DCS pueden obtenerse en la actualidad en el mercado. La interfase de Seguridad Intrínseca convencional para salidas analógicas no es en general adecuada para salidas HART debido a los cocientes de impedancia.¹¹

Además de la conexión de punto a punto, se pueden diseñar otras estructuras para circuitos de campo intrínsecamente seguros. Normalmente, éstas son de particular interés cuando solo se pueden usar salidas analógicas convencionales para un gran número de salidas.

La configuración multipunto, ampliamente conocida en los transmisores HART, también puede utilizarse con posicionadores (**Ver Figura 2.1**). Multipunto significa que todos los transmisores reciben una corriente constante de 4 mA; un posicionador puede utilizar una cantidad un poco mayor de corriente, por ejemplo, 5...6 mA, debido al consumo de energía técnicamente factible. La señal "analógica" sólo se utiliza para objetivos de suministro de energía. El valor de medición de un transmisor o el punto fijado de un posicionador sería entonces transmitido digitalmente. Las

¹¹ BELA G Liptak. (1972) Instrument Engineers' Handbook. De Cihilton Book Co. USA

propiedades físicas de HART limitan la velocidad aproximadamente a una variable de proceso por segundo.

Esto puede mejorarse con la combinación de dos modos de operación: el punto fijado es transmitido con la velocidad de una señal analógica de 4...20 mA; toda la información restante es transmitida vía multipunto FSK a través de un módem HART de simple canal. Esto requiere de la disponibilidad de un filtro HART o una interfase de Seguridad Intrínseca que tenga un puerto de comunicación exclusivamente para la señal FSK **(Ver Figura 2.2)**. De esta manera pueden accesarse desde una PC central un pequeño número de válvulas con direcciones HART 0,1...

Si ha de controlarse un número grande de unidades HART desde una central, puede emplearse un multiplexor HART. Debido a que sólo se alimenta la señal FSK a través del multiplexor, la señal de 4...20 mA es asequible para uso general del DCS. Las entradas y salidas pueden mezclarse de manera completamente arbitraria, debido a que no existe diferencia desde el punto de vista de las comunicaciones tanto si la unidad de campo representa una entrada o una salida. Una PC permite la ejecución de la configuración, mantenimiento y actividades de calibración **(Ver Figura 2.3)**.

Cuando se utilizan estaciones de campo en áreas de riesgo, puede resultar ventajoso el uso de un multiplexor HART **(Ver Figura 2.4)**.

Estas variables de proceso no se intercambian en este caso como en las señales de 4...20 mA, sino en serie entre el DCS y una estación de campo. Se proporciona un enlace en serie para la comunicación HART. Los aisladores especiales de Seguridad Intrínseca también permiten una operación intrínsecamente segura de la transmisión de datos.

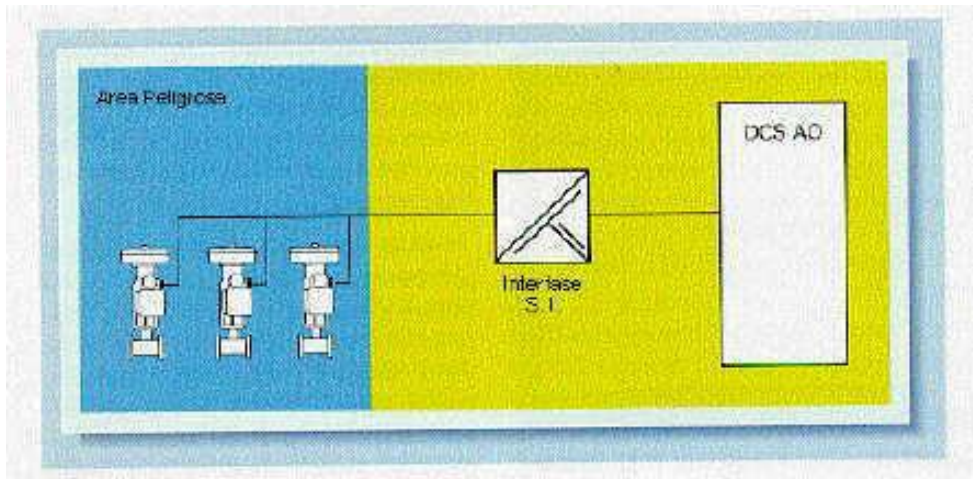


Figura 2.1: Posicionadores HART en multipunto

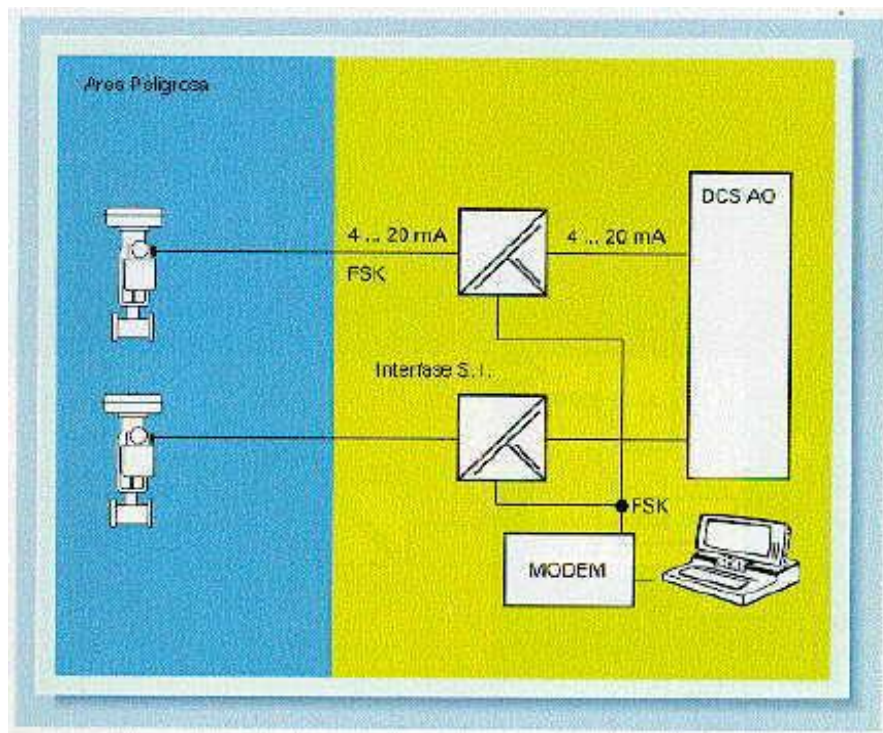


Figura 2.2: Combinación de señales 4-20 mA con multipunto FSK

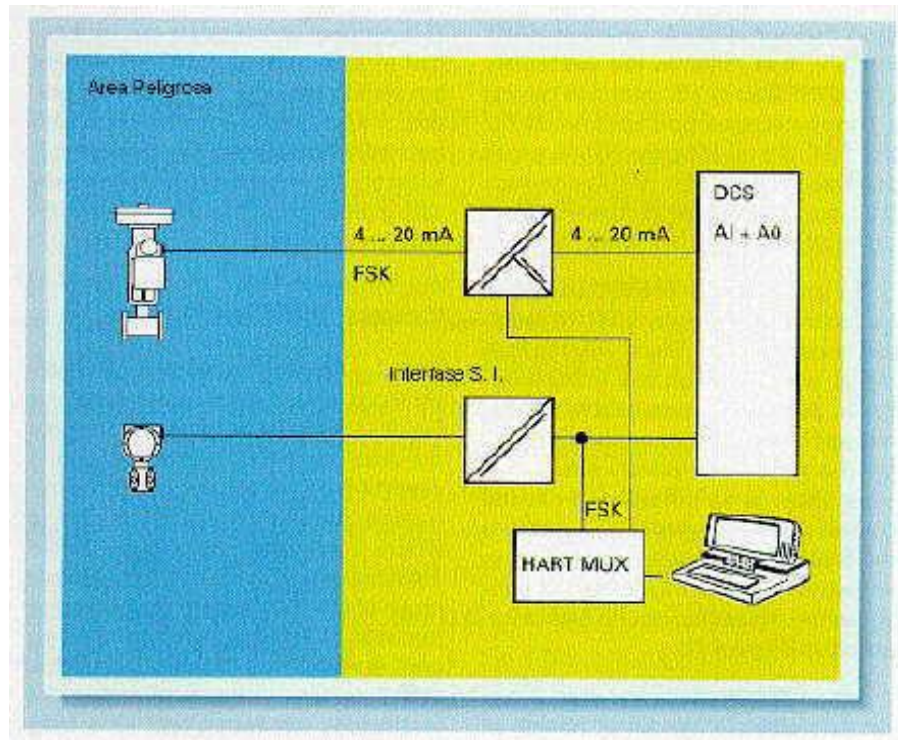


Figura 2.3: Multiplexor HART sin seguridad intrínseca

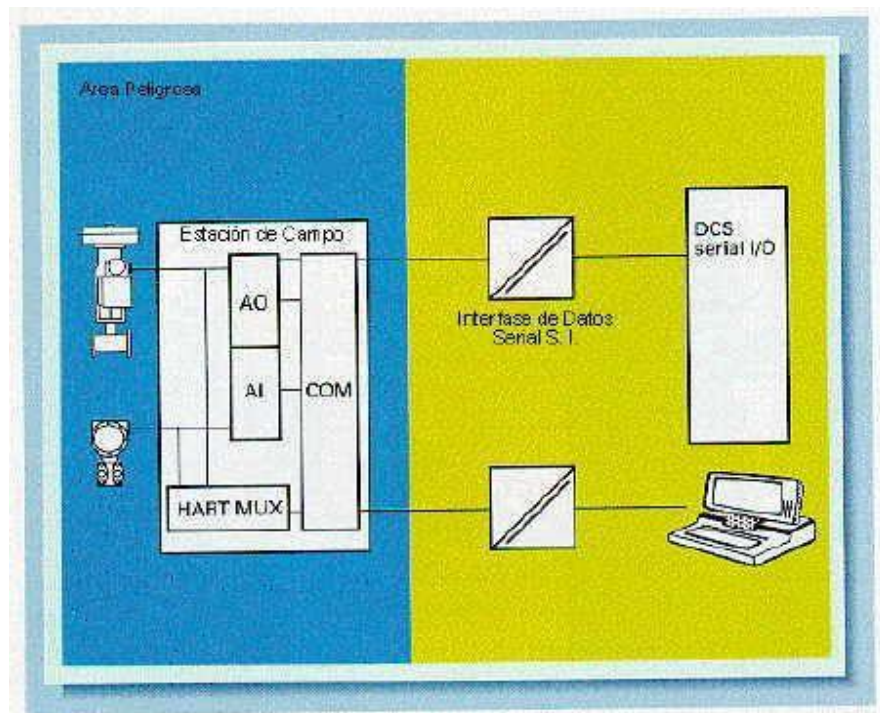


Figura 2.4: Multiplexor HART en una estación de campo

2.1.1. PERSPECTIVAS: HART Y EL FIELDBUS (BUS DE CAMPO)

La alta velocidad, el multipunto, todos los protocolos digitales que son desarrollados por la Fieldbus Foundation no significan el fin de HART. El Fieldbus (bus de campo) será el catalizador de una nueva arquitectura de sistemas de control y permitirán al usuario decidir dónde ocurrirá el proceso de control. Los dispositivos de campo HART permiten a los usuarios aprovechar los beneficios del diagnóstico y vigilancia que ofrece el Fieldbus con su actual sistema de control. Con más de medio millón de dispositivos HART utilizados hoy en día en el campo, esta tecnología tendrá todavía vigencia por bastante tiempo.¹²

2.2. INTERFACES DE SISTEMAS DE CONTROL.

Es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.).

La realimentación, también denominada retroalimentación o feedback es, en una organización, el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la mejora continua sea posible, en el escalafón jerárquico, de arriba para abajo y de abajo para arriba.

¹² <http://www.texca.com/hart.htm>

En teoría de la cibernética y de control, la realimentación es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema. Los ejemplos de la realimentación se pueden encontrar en la mayoría de los sistemas complejos, tales como ingeniería, arquitectura, economía, y biología. Arturo Rosenblueth, investigador mexicano y médico en cuyo seminario de 1943 hizo una ponencia llamada "Behavior, Purpose and Teleology" ("comportamiento, propósito y teleología"), de acuerdo con Norbert Wiener, fijó las bases para la nueva ciencia de la cibernética y propuso que el comportamiento controlado por la realimentación negativa, aplicada a un animal, al ser humano o a las máquinas era un principio determinante y directivo, en la naturaleza o en las creaciones humanas.¹³

2.2.1. LAZO ABIERTO Y CERRADO

Existen dos tipos de sistemas principalmente. Los no realimentados o de lazo abierto y los realimentados o de lazo cerrado. Los sistemas de control realimentados se llaman de lazo cerrado. El lazo cerrado funciona de tal manera que hace que el sistema se realimente, la salida vuelve al principio para que analice la diferencia y en una segunda opción ajuste mas, así hasta que el error es 0. Cualquier concepto básico que tenga como naturaleza una cantidad controlada como por ejemplo temperatura, velocidad, presión, caudal, fuerza, posición, y cuplas, etc. son parámetros de control de lazo cerrado. Los sistemas de lazo abierto no se comparan a la variable controlada con una entrada de referencia. Cada ajuste de entrada determina una posición de funcionamiento fijo en los elementos de control. Visión general

¹³ KASCHEL C. Héctor, "Análisis del Estado del Arte de los Buses de Campo Aplicados al Control de Procesos Industriales", Santiago de Chile, 2009

La realimentación es un mecanismo, un proceso cuya señal se mueve dentro de un sistema, y vuelve al principio de éste sistema ella misma como en un bucle. Este bucle se llama "bucle de realimentación". En un sistema de control, éste tiene entradas y salidas del sistema; cuando parte de la señal de salida del sistema, vuelve de nuevo al sistema como parte de su entrada, a esto se le llama "realimentación" o retroalimentación.

La realimentación y la autorregulación están íntimamente relacionadas. La realimentación negativa, que es la más común, ayuda a mantener estabilidad en un sistema a pesar de los cambios externos. Se relaciona con la homeostasis. La realimentación positiva amplifica las posibilidades creativas (evolución, cambio de metas); es la condición necesaria para incrementar los cambios, la evolución, o el crecimiento. Da al sistema la capacidad de tener acceso a nuevos puntos del equilibrio.

Tipos de realimentación:

- Realimentación negativa: la cual tiende a reducir la señal de salida o a reducir la actividad.
- Realimentación positiva: La cual tiende a aumentar la señal de salida, o actividad
- Realimentación bipolar: La cual puede aumentar o disminuir la señal o actividad de salida.

La realimentación bipolar está presente en muchos sistemas naturales y humanos. De hecho generalmente la realimentación es bipolar es decir, positivo y negativo según las condiciones medioambientales, que, por su diversidad, producen respuestas sinérgicas y antagónicas como respuesta adaptativa de cualquier sistema. Realimentación negativa

Es la más utilizada en sistemas de control Se dice que un sistema está retroalimentado negativamente cuando tiende a estabilizarse, es decir cuando nos vamos acercando a la orden de consigna hasta llegar a ella.

Ejemplos

- Un automóvil conducido por una persona en principio es un sistema realimentado negativamente; ya que si la velocidad excede la deseada, como por ejemplo en una bajada, se reduce la presión sobre el pedal, y si es inferior a ella, como por ejemplo en una subida, aumenta la presión, aumentando por lo tanto la velocidad del automóvil.
- Un sistema de calefacción está realimentado negativamente, ya que si la temperatura excede la deseada la calefacción se apagará o bajará de potencia, mientras que si no la alcanza aumentará de fuerza o seguirá funcionando.

Es un mecanismo de realimentación por el cual una variación en la salida produce un efecto dentro del sistema, que refuerza esa tasa de cambio. Por lo general esto hace que el sistema no llegue a un punto de equilibrio sino más bien a uno de saturación.

Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):

- Estado actual del proceso. Valores instantáneos;
- Desviación o deriva del proceso. Evolución histórica y acumulada;

Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):

- Generación de alarmas;
- HMI Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina);
- Toma de decisiones:
 - Mediante operatoria humana;
 - Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos).

2.2.2. ESQUEMA DE UN SISTEMA TÍPICO

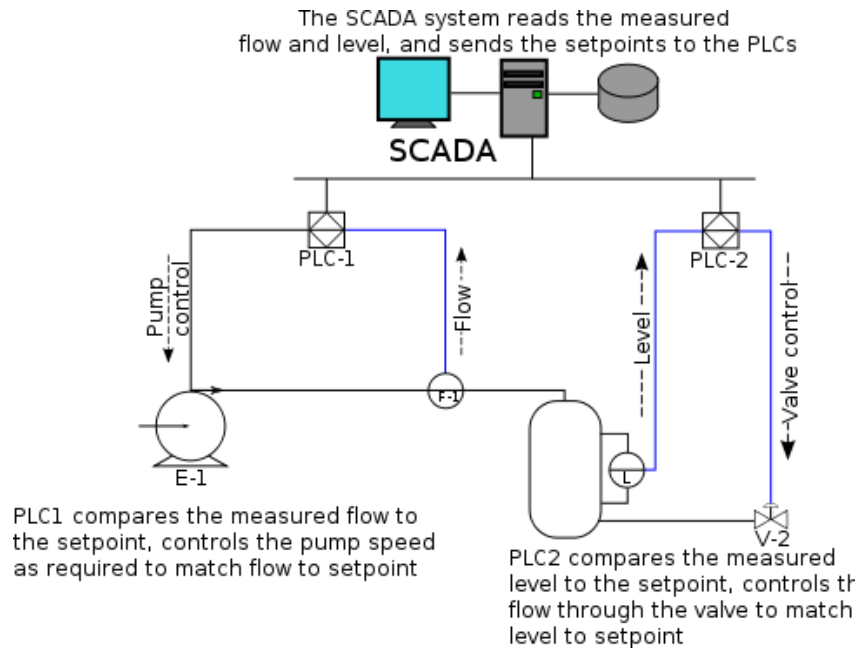


Figura 2.5. Ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales.

Estas áreas pueden ser:

- Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).
- Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción CP y CPK, tolerancias, índice de piezas NOK/OK, etc).
- Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP (Enterprise Resource Planning o sistema de planificación de recursos empresariales), e integrarse como un módulo más).

- Tratamiento histórico de información (mediante su incorporación en bases de datos).

2.2.3. DEFINICIONES DEL SISTEMA

Supervisión: acto de observar el trabajo o tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad, supervisar no significa el control sobre el otro, sino el guiarlo en un contexto de trabajo, profesional o personal, es decir con fines correctivos y/o de modificación.

Automática: ciencia tecnológica que busca la incorporación de elementos de ejecución autónoma que emulan el comportamiento humano o incluso superior.

Principales familias: autómatas, robots, controles de movimiento, adquisición de datos, visión artificial, etc.

PLC: Programmable Logic Controller, Controlador Lógico Programable.

PAC: Programmable Automation Controller, Controlador de Automatización Programable.

Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

El término SCADA usualmente se refiere a un sistema central que monitoriza y controla un sitio completo o una parte de un sitio que nos interesa controlar (el control puede ser sobre máquinas en general, depósitos, bombas, etc.) o finalmente un sistema que se extiende sobre una gran distancia (kilómetros / millas). La mayor parte del control del sitio es en realidad realizada automáticamente por una Unidad Terminal Remota (UTR), por un Controlador Lógico Programable (PLC) y más actualmente por un Controlador de Automatización Programable (PAC).

Las funciones de control del servidor están casi siempre restringidas a reajustes básicos del sitio o capacidades de nivel de supervisión. Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema SCADA puede permitirle a un operador cambiar el punto de consigna (set point) de control para el flujo, y permitirá grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. La realimentación del lazo de control es cerrada a través del RTU o el PLC; el sistema SCADA monitoriza el desempeño general de dicho lazo. El sistema SCADA también puede mostrar gráficas con históricos, tablas con alarmas y eventos, permisos y accesos de los usuarios...

Necesidades de la supervisión de procesos:

- Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.
- Control software. Cierre de lazo del control.
- Recoger, almacenar y visualizar la información.

2.2.4. INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA

Una interfaz Hombre - Máquina o HMI ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o

DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

SCADA es popular debido a esta compatibilidad y seguridad. Ésta se usa desde aplicaciones pequeñas, como controladores de temperatura en un espacio, hasta aplicaciones muy grandes como el control de plantas nucleares.¹⁴

2.2.5. SOLUCIONES DE HARDWARE

La solución de SCADA a menudo tiene componentes de sistemas de control distribuido, DCS (Distributed Control System). El uso de RTUs o PLCs o últimamente PACs sin involucrar computadoras maestras está aumentando, los cuales son autónomos ejecutando procesos de lógica simple. Frecuentemente se usa un lenguaje de programación funcional para crear programas que corran en estos RTUs y PLCs, siempre siguiendo los estándares de la norma IEC 61131-3. La complejidad y la naturaleza de este tipo de programación hace que los programadores necesiten cierta especialización y conocimiento sobre los actuadores que van a programar. Aunque la programación de estos elementos es ligeramente distinta a la programación tradicional, también se usan lenguajes que establecen procedimientos, como pueden ser FORTRAN, C o Ada95. Esto les permite a los ingenieros de sistemas SCADA implementar programas para ser ejecutados en RTUs o un PLCs.

2.2.6. COMPONENTES DEL SISTEMA

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

➤ ¹⁴http://www.dav.sceu.frba.utn.edu.ar/homovidens/gomezgomez_paz/PROYECTIN/PAGINA/index.htm

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como UTR, RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación.

a. Unidad de Terminal Remota (UTR)

La UTR se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un interruptor, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo el UTR puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo, intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba, ponerla en marcha, pararla.

La UTR puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos.¹⁵

Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor NORMAL o ALARMA. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten. Un ejemplo de un alarma es la luz de "tanque de combustible vacío "del automóvil. El operador de SCADA pone atención a la parte del sistema que lo requiera, por la alarma. Pueden enviarse por correo electrónico o mensajes de texto con la activación de una alarma, alertando al administrador o incluso al operador de SCADA.

a.1. Estación Maestra

El término "Estación Maestra" se refiere a los servidores y al software responsable para comunicarse con el equipo del campo (UTRs, PLCs,

¹⁵ BELA G Liptak. (1972) Instrument Engineers' Handbook. De Cihilton Book Co. USA

etc.) en estos se encuentra el software HMI corriendo para las estaciones de trabajo en el cuarto de control, o en cualquier otro lado. En un sistema SCADA pequeño, la estación maestra puede estar en un solo computador, A gran escala, en los sistemas SCADA la estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres.

El sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada. Por ejemplo un dibujo de una bomba conectada a la tubería puede mostrar al operador cuanto fluido está siendo bombeado desde la bomba a través de la tubería en un momento dado o bien el nivel de líquido de un tanque o si la válvula está abierta o cerrada. Los diagramas de representación puede consistir en gráficos de líneas y símbolos esquemáticos para representar los elementos del proceso, o pueden consistir en fotografías digitales de los equipos sobre los cuales se animan las secuencias.

Los bloques software de un SCADA (módulos), permiten actividades de adquisición, supervisión y control.

a.1.1 Características

- Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.

- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

El paquete HMI para el sistema SCADA típicamente incluye un programa de dibujo con el cual los operadores o el personal de mantenimiento del sistema pueden cambiar la apariencia de la interfaz. Estas representaciones pueden ser tan simples como unas luces de tráfico en pantalla, las cuales representan el estado actual de un campo en el tráfico actual, o tan complejas como una pantalla de multiproyector representando posiciones de todos los elevadores en un rascacielos o todos los trenes de una vía férrea. Plataformas abiertas como GNU/Linux que no eran ampliamente usados inicialmente, se usan debido al ambiente de desarrollo altamente dinámico y porque un cliente que tiene la capacidad de acomodarse en el campo del hardware y mecanismos a ser controlados que usualmente se venden UNIX o con licencias OpenVMS. Hoy todos los grandes sistemas son usados en los servidores de la estación maestra así como en las estaciones de trabajo HMI.

b. Filosofía Operacional

En vez de confiar en la intervención del operador o en la automatización de la estación maestra los RTU pueden ahora ser requeridos para operar ellos mismos, realizando su propio control sobre todo por temas de seguridad. El software de la estación maestra requiere hacer más análisis de datos antes de ser presentados a los operadores, incluyendo análisis históricos y análisis asociados con los requerimientos de la industria particular. Los requerimientos de seguridad están siendo aplicados en los sistemas como un todo e incluso el software de la estación maestra debe implementar los estándares más fuertes de seguridad en ciertos mercados.

Para algunas instalaciones, los costos que pueden derivar de los fallos de un sistema de control es extremadamente alto, es posible incluso haya riesgo de herir las personas. El hardware del sistema SCADA es generalmente lo suficientemente robusto para resistir condiciones de temperatura, humedad, vibración y voltajes extremos pero en estas instalaciones es común aumentar la fiabilidad mediante hardware redundante y varios canales de comunicación. Una parte que falla puede ser fácilmente identificada y su funcionalidad puede ser automáticamente desarrollada por un hardware de backup. Una parte que falle puede ser reemplazada sin interrumpir el proceso. La confianza en cada sistema puede ser calculado estadísticamente y este estado es el significado de tiempo medio entre fallos, el cual es una variable que acumula tiempos entre fallas. El resultado calculado significa que el tiempo medio entre fallos de sistemas de alta fiabilidad puede ser de siglos.

b.1. Infraestructura y Métodos de Comunicación

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de módem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET (fibra óptica) es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de energía eléctrica. Es más, los métodos de conexión entre sistemas puede incluso que sea a través de comunicación wireless (por ejemplo si queremos enviar la señal a una PDA, a un teléfono móvil,...) y así no tener que emplear cables.

Para que la instalación de un SCADA sea perfectamente aprovechada, debe de cumplir varios objetivos:

1. Deben ser sistemas de arquitectura abierta (capaces de adaptarse según las necesidades de la empresa).
2. Deben comunicarse con facilidad al usuario con el equipo de planta y resto de la empresa (redes locales y de gestión).

3. Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware. También tienen que ser de utilización fácil.

2.2.7. APLICACIONES SCADA

Para desarrollar un sistema SCADA es necesario:

- El aspecto que va a tener el SCADA
- Las funciones y eventos que debe ejecutar cuando se interactúa con su interfaz HMI
- Las operaciones y cálculos que debe realizar con los datos adquiridos

Así pues, una de las soluciones en el control SCADA es utilizar la aplicación creada junto con un programa para monitorizar, controlar y automatizar señales analógicas y digitales, capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos. Uno de los programas más utilizados para este fin es el LabView (National Instruments).

- pvBrowser - Aplicación "GPL" para monitorización SCADA con interfaz web.
- FreeSCADA - Aplicación "Open source" para proyectos SCADA
- Likindoy Profesional free GPL Scada system - Centrologic
- SCADA - Yokogawa FAST/TOOLS SCADA
- Acimut Scada Monitoriza - Creación de proyectos SCADA funcionales mediante "pinchar y arrastrar"
- Scada Argos - Proyecto de SCADA para linux

2.3. DISEÑO DE UNA RED HART

2.3.1. CONSTRUCCIÓN DE REDES

El tipo de red descrito hasta el momento, con un solo instrumento de campo que hace las dos cosas HART y señalización analógica, es

probablemente el tipo más común de la red de HART y se llama red punto a punto.

Un usuario también puede crear este tipo de red y luego comunicarse con el instrumento de campo con el comunicador de mano (HART maestro secundario). Este es un dispositivo que se sujeta a las terminales del dispositivo (o de otros puntos de la red) temporalmente permitiendo así una comunicación HART con el Instrumento de campo.

Un instrumento de campo HART es a veces configurado de manera que no tiene señal analógica - HART. Sólo tales instrumentos de campo pueden ser conectados entre sí (eléctricamente en paralelo) en la misma red, como en la figura 2.6

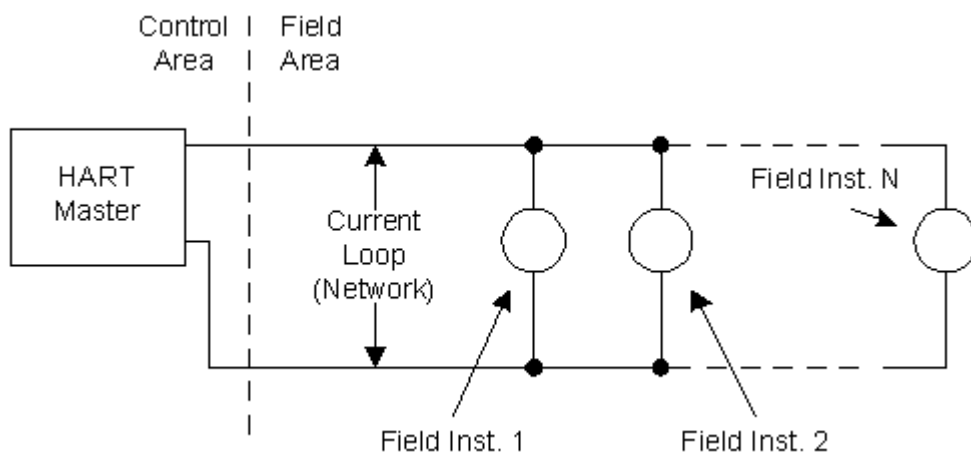


Figura 2.6. Red HART con múltiples instrumentos de campo se redujo

Estos instrumentos de campo se dice que son multi-caído. El Maestro es capaz de hablar y configurar cada uno de ellos. Cuando los equipos de campo son multi-caído no puede haber ninguna señalización analógica. El término "corriente de lazo" deja de tener significado.

Hay pocas restricciones en la construcción de redes. La topología puede ser descrita vagamente como un autobús, con archivos adjuntos. Esto se ilustra en la figura 2.7 Toda la colección se considera una sola red.

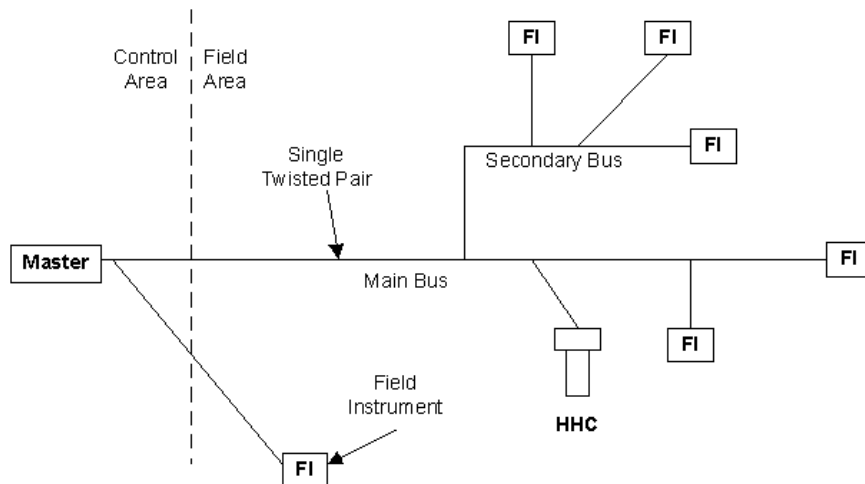


Figura 2.7 Red HART listado de libre disposición de los dispositivos

2.3.2. PROTOCOLO

Normalmente, se habla de dispositivos HART, mientras que otros escuchan. Un maestro normalmente envía un comando y luego espera una respuesta. Un esclavo espera de un comando y luego envía una respuesta. El comando y la respuesta de asociados se denominan transacción. Normalmente hay periodos de silencio (nadie habla) entre las transacciones. Los dos estallidos de la compañía durante una transacción se ilustran en la figura 2.8

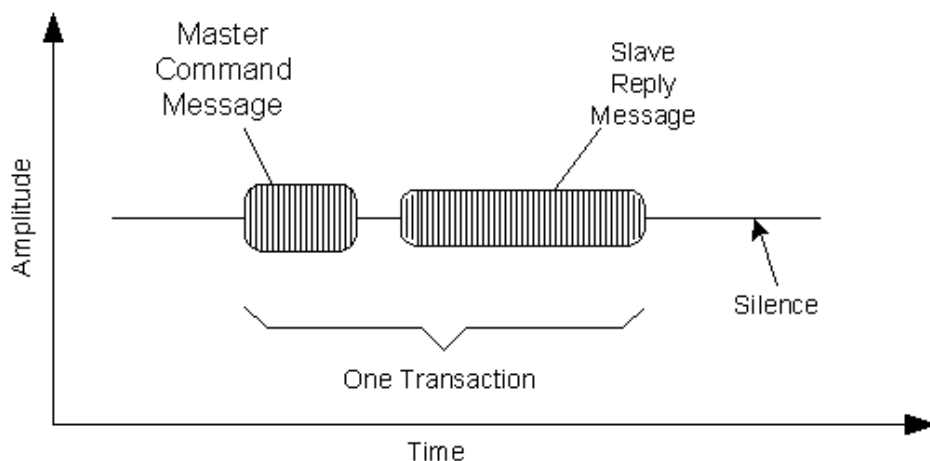


Figura 2.8. Ráfagas portadora durante la transacción HART

No puede haber uno o dos maestros (llamados Maestros Primaria y Secundaria) por la red. No puede ser (desde un punto de vista del protocolo), casi un número ilimitado de esclavos. (Para limitar el ruido en una red dada, el número de esclavos está limitado a 15. La adición de más esclavos es posible gracias a un repetidor de la señal digital, de manera que el ruido no pasa a través de él.)¹⁶

Un esclavo (normalmente) tiene una dirección única para distinguirlo de otros esclavos. Esta dirección se ha incorporado al mensaje de comando enviado por un maestro y se repite de nuevo en la respuesta del esclavo.

Cada comando o respuesta es un mensaje, que varían en longitud de 10 ó 12 bytes a 20 ó 30 bytes normalmente. El mensaje se compone de los elementos o áreas que se enumeran en la tabla 2.1, empezando por el preámbulo y terminando con la suma de comprobación.

Tabla 2.1. Partes del mensaje HART

Parte del mensaje	Longitud en bytes	Propósito
Preámbulo	5-20	Sincronización y detección de portadora
Delimitador de inicio	1	Sincronización con el maestro
Dirección	1 ó 5	Elige el esclavo, indica cuál Maestro, e indica el modo de ráfaga
Comando	1	Dice a Slave Qué hacer
Número de bytes de datos	1	Indica el número de bytes entre el aquí y de suma de comprobación

¹⁶ KASCHEL C. Héctor, "Análisis del Estado del Arte de los Buses de Campo Aplicados al Control de Procesos Industriales", Santiago de Chile, 2009

Condición Jurídica y Social	0 (si Máster) 2 (si Esclavo)	Esclavo indica su estado y si lo hizo como Maestro previsto
Datos	0-253	Argumento asociado con Command (Variable de Proceso, por ejemplo)
Suma de comprobación	1	Control de Errores

En el preámbulo se permite variar en longitud, dependiendo del Esclavo requisitos. Un maestro utilizará el preámbulo más largo posible al hablar con un esclavo, por primera vez.

Esclavos diferentes pueden tener diferentes requisitos de longitud de exposición de motivos, de modo que un maestro puede ser que necesite para mantener una tabla de estos valores.

2.4. TRANSMISORES SMART

2.4.1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace poco, los transductores y transmisores había sido de tipo analógico, convirtiendo movimientos mecánicos y cambios en propiedades eléctricas en señales normalizadas de 3-15 PSI. ó 4-20 mA DC. Un nuevo tipo de transmisores, basado en microprocesadores, ofrece una mayor capacidad y confiabilidad que sus antecesores.¹⁷

La tecnología aplicada al diseño de instrumentos de medida y control avanza y se mejora con gran rapidez, es así como los transmisores inteligentes vinieron a reemplazar a los transmisores electrónicos

¹⁷ <http://www.emersonprocess.com/Rosemount/document/qig/00825-0109-4728.pdf>

analógicos tradicionales mejorando su eficiencia, exactitud dándole más versatilidad a las comunicaciones y ahorrando costos de instalación.

El microprocesador incorporado en el transmisor mejora la precisión y la capacidad de comunicación. La exactitud total es mejorada eliminando las fuentes principales de error en transductor; como lo son aquellas debido a los cambios de temperatura y presión estática. Con el poder del microprocesador es posible ahora medir los efectos de la temperatura y la presión estática sobre cada sensor, individualmente. Esto caracteriza a cada sensor utilizando formulas complejas. El resultado es que se obtiene una exactitud aproximada de 0.1 %, comparada con 0.3 % para transmisores analógicos. Este tipo de transmisores ofrece además un modo de comunicación digital, que abre nuevas posibilidades en las prácticas operacionales y de mantenimiento; otra de las ventajas de este tipo de transmisores, es la posibilidad de poder verificar a distancia la calibración del transmisor, ajustar el cero y cambiar la calibración.

2.5. FUNCIONAMIENTO DE LOS TRANSMISORES SMART

Los Transmisores Smart digitalizan la señal análoga medida y utilizan un microprocesador. La señal analógica al ingresar al transmisor es digitalizada con un ADC. Debido al tiempo necesario para cuantificar una señal, los instrumentos digitales no realizan una medición continua, sólo se toman muestras (samples) de la señal.

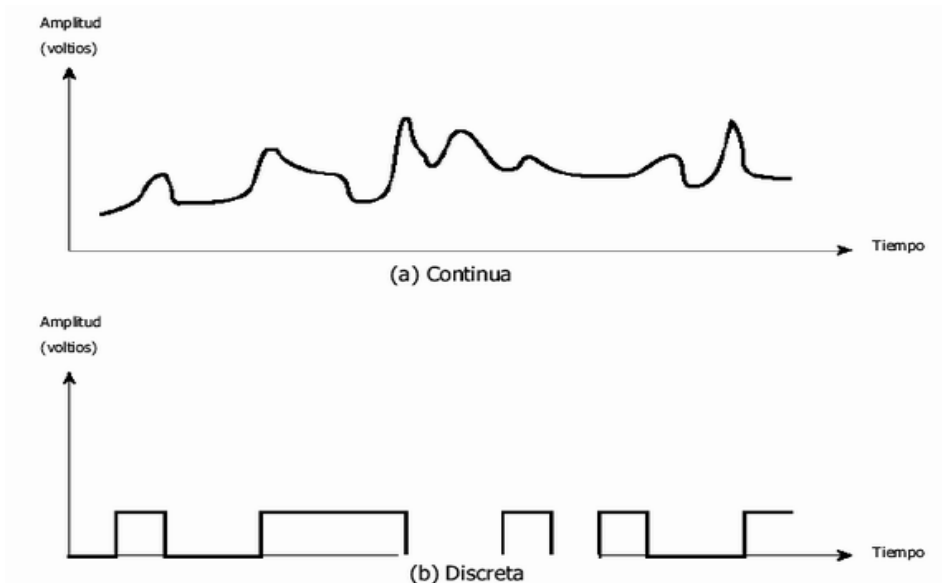


Figura 2.9. Conversión Analógica / Digital

Al poseer un microprocesador realiza funciones que no hacen los analógicos: linealiza, compensa en función de otra variable medida o algoritmos y otras.

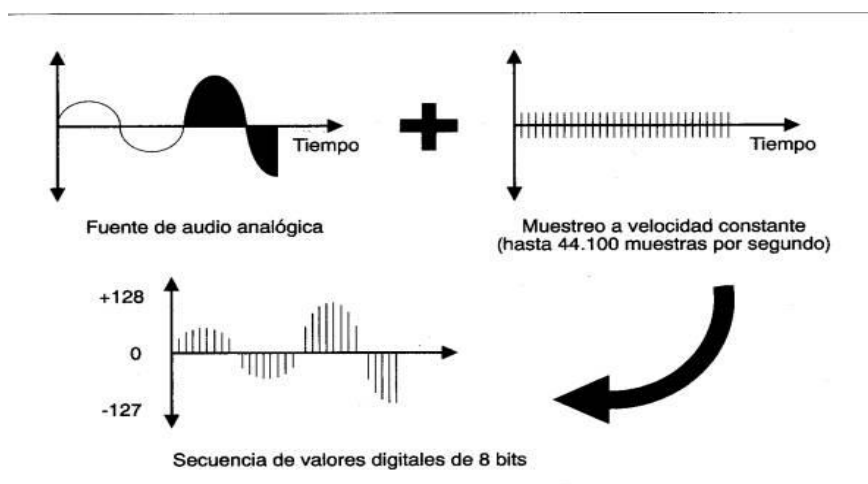


Figura 2.10. Señales de Entrada y Salida de un Transmisor "Intelligent" o de un "Smart"

Su salida es analógica de 4 a 20 mA, y se puede comunicar con un "hand-held" usando modulación en la salida.

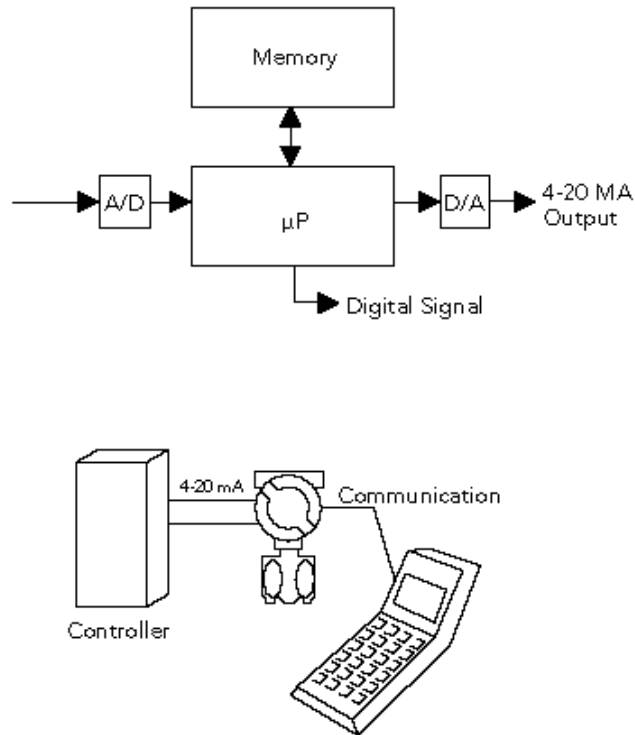


FIGURA 2.11. Conexión de Transmisor "Smart"

Totalmente digital, inclusive la salida. Aunque puede: tener salida analógica de 4 a 20 mA. Los instrumentos "fieldbus" (de campo) son de este tipo.

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSMISORES SMART

- Los transmisores Smart presentan mejoras en las prestaciones compensando los errores producidos por factores externos al transmisor, tales como variaciones de temperatura ambiente, presión estática, etc., que se detectan mediante sensores adicionales incorporados al instrumento. Estas variaciones se comparan con tablas o curvas almacenadas en los circuitos de memoria del microprocesador, procediendo a continuación a la corrección de la señal de salida.
- También pueden realizar cálculos matemáticos sencillos, tales como extracción de raíz cuadrada para cálculo de caudal en un transmisor

de presión diferencial o linealización de la curva de un termopar en un transmisor de temperatura.

- Además se puede caracterizar el sensor a utilizar. Para ello es necesario cargar en la memoria del transmisor una tabla creada específicamente para el sensor que incorpora, lo que permite corregir sus errores de linealidad en función de la señal de salida. Así pueden conseguirse precisiones del orden del 0.25 % a partir de sensores cuyo error sería superior al 25 % del SPAN calibrado en condiciones normales.
- La velocidad de actualización del microprocesador constituye un factor limitativo a este respecto. Las variables en las que se obtienen los mejores resultados por caracterización del sensor son aquellas que cambian con relativa lentitud. De otra forma, el microprocesador perdería el ritmo, apareciendo errores por falta de caracterización en la señal de salida del transmisor. Como es natural, cuanto mayor sea la calidad del sensor, menor será la compensación necesaria (aunque también los sensores de alta calidad pueden mejorar sus prestaciones mediante el procedimiento de caracterización).
- Los transmisores inteligentes, además de emitir una señal eléctrica (analógica o digital) proporcional a la variable medida, pueden comunicarse digitalmente con otros equipos, a los que envían informaciones diversas y de los que reciben instrucciones. El dispositivo de comunicación más utilizado suele ser un equipo manual de pequeño tamaño, dotado de un teclado y un display de cristal líquido o similar. En algunas marcas de transmisores inteligentes sólo se permite su conexión directa al propio transmisor o a algún punto del lazo donde esté instalado previamente una caja de conexionado especial. Otras requieren pasar el lazo a manual previamente para evitar las interferencias de las señales de comunicación sobre el equipo o sistema de control. En otros casos, el comunicador puede conectarse en cualquier parte del lazo, manteniéndose el mismo en automático sin afectar la regulación en lo más mínimo.

- En caso de trabajar con un sistema de control distribuido, también suele ser posible comunicar mediante el mismo con los transmisores inteligentes, disponiendo de la interface y software adecuados. Algunos sistemas permiten la configuración remota de los transmisores, mientras que otros sólo pueden recibir datos de los mismos.
- Por último, algunos fabricantes ofrecen una interface que permite la comunicación de un gran número de transmisores con un computador personal compatible. Aunque lo ideal sería que la señal correspondiente al valor medido se transmitiera al sistema de control en formato digital (evitando las conversiones D/A y A/D y aumentando así la precisión), la falta de un protocolo de comunicación normalizado ha hecho que prácticamente todos los usuarios prefieran continuar utilizando las señales analógicas de 4-20 mA para no quedar vinculados y en dependencia de un fabricante en particular. No obstante, la consecución de dicho standard se encuentra ya muy avanzada, gracias a los trabajos del comité SP-50 de ISA (presidido por Jay Warrior de Rosemount). Este protocolo normalizado permitir a los usuarios combinar sistemas de control con transmisores digitales de cualquier marca y viceversa.
- Las comunicaciones que se establecen entre el transmisor inteligente y los dispositivos portátiles o fijos anteriormente mencionados, pueden clasificarse en las siguientes categorías:
 - a. Valor de la variable medida (que puede leerse directamente en unidades de ingeniería).
 - b. Identificación del transmisor y su configuración (tag, número de serie, tipo de transmisor, rango, amortiguación, calibración, salida, unidades, materiales, e incluso mensajes recordatorios, fechas, etc.).
 - c. Estado funcional, diagnóstico e identificación de averías.

- d. Instrucciones al transmisor para cambiar su configuración, calibración, tipo de salida, amortiguación, extracción de raíz cuadrada u otras funciones, unidades, etc.

2.7. VENTAJAS DE LOS TRANSMISORES SMART

- Son flexibles en sus funciones: disponen de más funciones, por la facilidad de la manipulación de números por un microprocesador. Las funciones pueden ser modificadas o ampliadas cambiando el firmware.
- La salida analógica de 4 a 20 mA es independiente del circuito de medida, su rango puede ser distinto al del instrumento.
- La calibración y Idealización son realizados digitalmente.
- La idealización puede caracterizarse para ecualización de un sensor en particular.
- Las técnicas digitales de acondicionamiento son más poderosas.
- Mayor exactitud.

Tabla 2.2 Comparación de un Transmisor de presión Análogo y uno "Smart"

CARACTERÍSTICA	ANÁLOGO	SMART
Rango:	0-5/30 0-25/150 0-125/750	0-.83/25 "H ₂ O 0-8,3/250 0-33,3/1000
Exactitud: Linealidad: Histéresis	±0,2 % span ±0,1 % span±0,5 % span	±0,1 % span, incluye histéresis, linealidad y repetibilidad
Estabilidad:	±0,2 % URL - 6 meses	±0,1 % URL-12 meses

- Mayor rangeabilidad.
- Autodiagnóstico.

2.7.1. LOS INSTRUMENTOS DE TIEMPO REAL

Los instrumentos analógicos trabajan en tiempo real. Los instrumentos digitales se considera que trabajan en tiempo real si "sean time" es mucho

menor que las constantes de retardo del proceso controlado. El instrumento digital tiene tiempos muertos introducidos por el ADC y por el tiempo de ejecución del programa del microprocesador.

La transmisión digital agrega más tiempo muerto, por ser comunicación serial, y de acuerdo a la eficiencia del protocolo entre el transmisor y receptor. En la siguiente tabla se muestra una comparación de tiempos muertos en lazos con distintos tipos de transmisores:

Tabla 2.3 Tiempos Muertos de Transmisores

Lazo	A	B	C
Tipo de transmisor	Análogo	Smart(Rose mount)	Digital (fieldbus)
Razón de actualización (Actualizaciones/ s)		5,5 (s)	2,7 (s)
Tiempo muerto del transmisor (ms)	20 (ms)	400 (ms)	700 (ms)
Tiempo muerto del controlador (ms)	250 (ms)	250 (ms)	250 (ms)
Otros tiempos muertos (ms)	480 (ms)	480 (ms)	480 (ms)
Tiempo muerto total (ms)	750 (ms)	1130 (ms)	1680 (ms)

2.7.2. TRANSMISORES INTELIGENTES O CONVENCIONALES?

Las aplicaciones para las que los transmisores inteligentes ofrecen ventajas serán aquellas que se beneficien de su capacidad de comunicación o de su superior precisión, según los casos, como por ejemplo:

- a) Precisión: balance de materias, facturación, localizaciones donde haya grandes variaciones de temperatura ambiente, nivel, etc.

b) Comunicaciones: ubicaciones poco accesibles o peligrosas, procesos tipo batch que requieran frecuentes cambios de rango, lazos críticos donde deba minimizarse el tiempo de interrupción por posibles averías (ya que la capacidad de diagnóstico acelera la resolución de las mismas), plantas piloto, etc.

Por otra parte, es necesario tomar decisiones relacionadas con el número de instrumentos inteligentes a adquirir. Examinemos las opciones posibles:

Todos inteligentes: cuando exista el deseo de establecer una red digital total. No obstante, esto hoy en día todavía no resulta posible ya que no hay disponibles transmisores inteligentes para todas las variables a medir en una planta. Algunos fabricantes ofrecen una gama completa de transmisores inteligentes de presión, presión diferencial, temperatura y caudal magnético así como, en breve, pH, conductividad, potencial REDOX, densidad, nivel, etc. Sin embargo, todavía queda mucho camino por recorrer.

Mezcla de Inteligentes y convencionales: reservando los primeros para aquellas aplicaciones específicas donde se justifique la diferencia de coste. Con objeto de permitir una integración paulatina, hay fabricantes que ofrece la posibilidad de transformar sus transmisores convencionales instalados en inteligentes mediante un sencillo kit de conversión.

Todos convencionales: en algunas plantas son tan pocas las aplicaciones donde los transmisores inteligentes pueden tener un legítimo interés, que no se justifica la implantación de una red de comunicaciones digital. En estos casos, se continuarán utilizando los familiares y fiables transmisores convencionales, con inclusión de algún equipo inteligente en lazos esporádicos donde se requieran prestaciones muy elevadas.

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

3.1. PACTWARE

PACTware (Process Automation Configuration Tool) es un programa que permite reunir en proyectos dispositivos de campo de diferentes fabricantes, elegidos a partir un catálogo de dispositivos, con capacidad de comunicación y que satisfacen una estructura de comunicación definida en una planta de producción.

PACTware sirve según la especificación FDT 1.2 (Field Device Tool Specification) como programa de marco para DTMs (Device Type Manager), que es suministrado por los fabricantes de los dispositivos de campo como software de comunicación. Los DTMs permiten configurar los dispositivos de campo y modificar los parámetros de los dispositivos. Con PACTware se pueden guardar en archivos e imprimir la configuración y los valores de los parámetros. PACTware trabaja con DTMs que hayan sido implementados según la especificación FDT 1.2 o bien 1.2.1.

A través del CommDTM (Communication DTM) se lleva a cabo la comunicación con los dispositivos de campo utilizando protocolos tales como HART o Profibus. Entre el CommDTM y los DTMs de los dispositivos de campo se pueden colocar Gateway DTMs que establezcan los parámetros de las funciones de sistemas remotos I/O o Multiplexers. Un proyecto puede contener varios CommDTMs y reproducir así complejas estructuras de comunicación en una fábrica.

Gran parte de las funciones de PACTware se llevan a cabo en forma de add-ins, los que son parte del suministro y que pueden cargarse según se necesite. Para ejecutar funciones especiales de un proyecto se pueden desarrollar add-ins adicionales o ampliar add-ins existentes. El suministro de PACTware contiene los siguientes add-ins:

El Catálogo de dispositivos en el cual se encuentran registrados todos los DTMs instalados,

La Vista de proyecto, con la cual se puede visualizar la estructura de comunicación de un proyecto

La Vista de planta, que muestra la disposición de los dispositivos de campo dentro de una fábrica,

El Monitor de error, que recolecta por ejemplo los errores en la comunicación con los dispositivos de campo.

El Monitor de depuración, en el cual se registran todas las tareas de seguimiento de PACTware. PACTware ofrece asimismo add-ins adecuados para la adaptación de diferentes dispositivos de campo dentro de un proyecto.

El Add-in HART Advanced Scan, con el cual se puede reconocer dispositivos de campo HART en una línea de comunicación y generar automáticamente para un proyecto

El Add-in Up/Download Manager, que ayuda a cargar y escribir parámetros en diferentes dispositivos de campo de un proyecto.

3.1.1. INICIACIÓN

Se puede iniciar PACTware sea haciendo clic doble sobre este acceso directo o en menú de Inicio de Windows a través de <Programas> en el grupo de programa instalado con el nombre PACTware

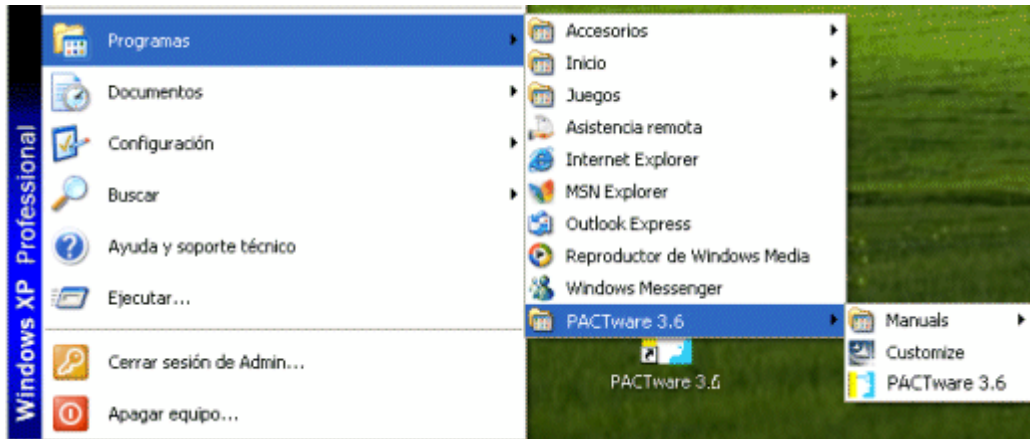


Figura 3.1. Pantalla de PACTware 3.6 en Windows XP

Durante la primera iniciación se generará el catálogo de dispositivos, buscándose y registrándose todos los DTMs instalados en el ordenador. De haberse instalado numerosos DTMs, el proceso de búsqueda puede durar algún tiempo.

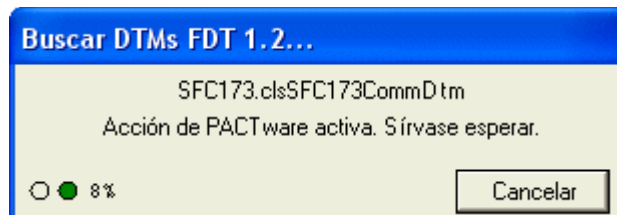


Figura 3.2. Inicialización del PACTware

De no haberse asumido las contraseñas de una instalación anterior, PACTware se iniciará de inmediato al arrancar por primera vez el programa, caso contrario, aparecerá un diálogo en el cuál se deberá ingresar una contraseña.

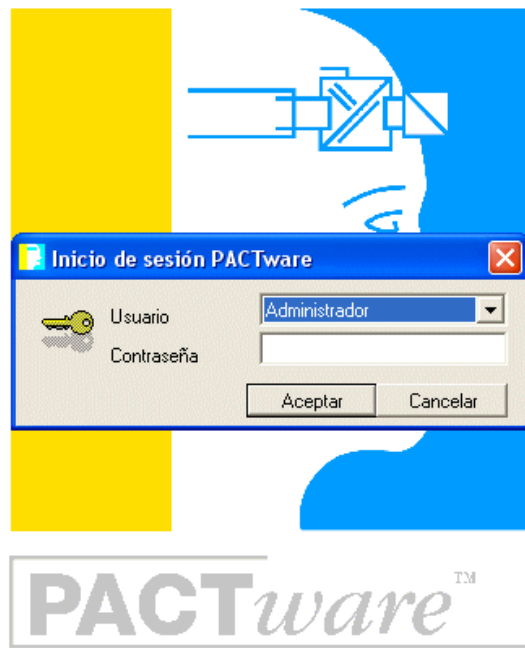


Figura 3.3. Inicio de Sesión PACTware

Con los dos DTMs incluidos en el suministro se pueden establecer parámetros en pocos pasos para un dispositivo de campo compatible con HART. Para ello se deberá conectar el dispositivo de campo al ordenador por ejemplo mediante un módem HART.

Se deberán abrir la ventana de proyecto y el catálogo de dispositivos:

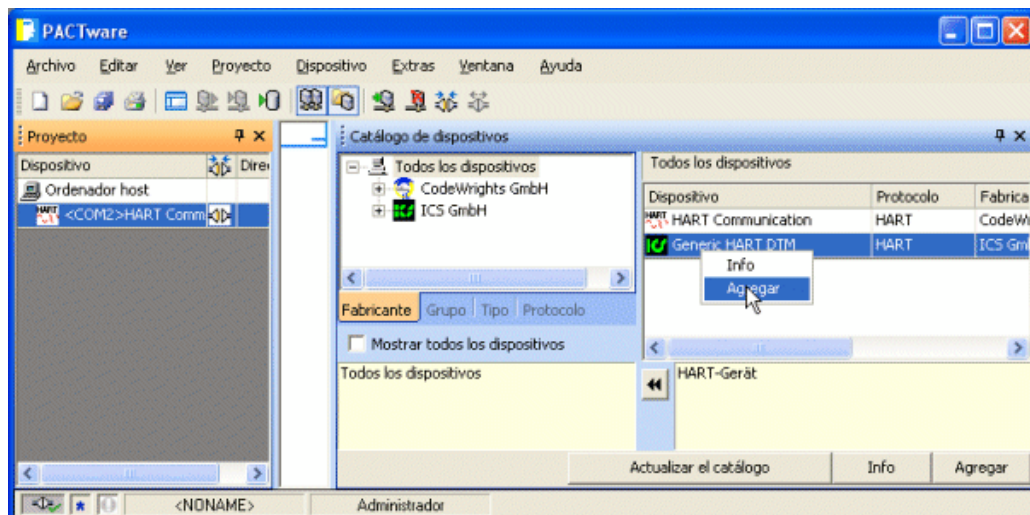


Figura 3.4. Pantalla de proyecto

Ambos DTMs se agregarán al proyecto en el orden HART Communication y Generic HART DTM a partir del catálogo de dispositivos usando la tecla

Agregar dispositivo, el punto Agregar en el menú de contexto de los DTMs o con el mouse utilizando Drag&Drop (arrastrar y soltar).

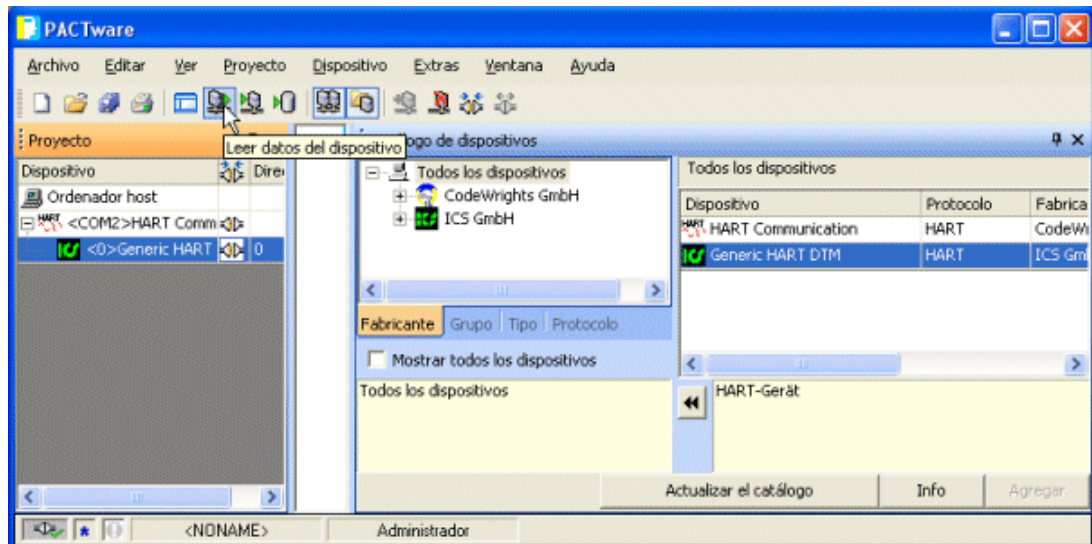


Figura 3.5. Agregación de Dispositivos

Con la herramienta Leer datos del dispositivo se leerán los datos del dispositivo de campo. Con ella se establecerá automáticamente una conexión con el dispositivo de campo.

En caso que no se pueda establecer la conexión, se deberá modificar por ejemplo la dirección de la interfaz COM en el DTM de HART Communication. A tal fin se deberá abrir la página de parámetros del DTMs haciendo doble clic en su registro en la ventana de proyecto.

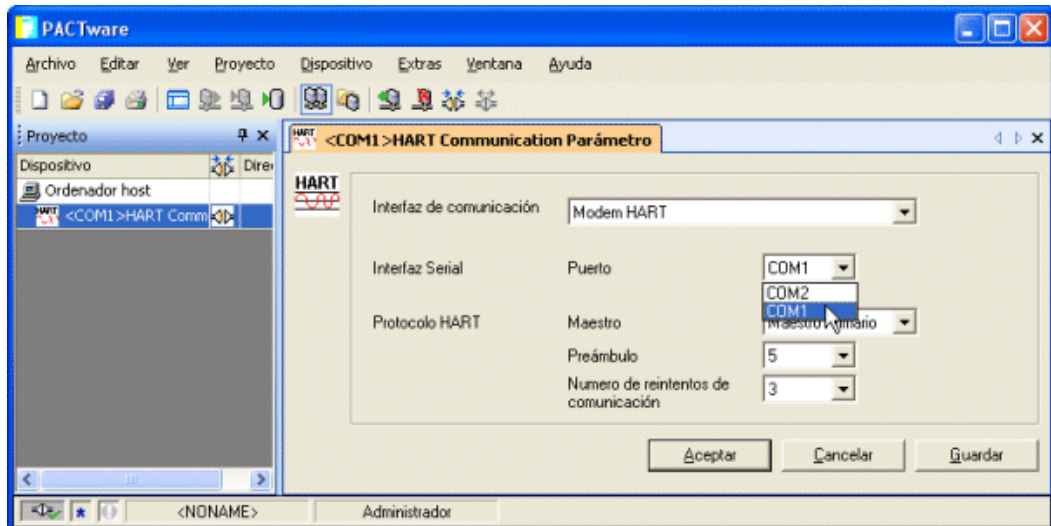


Figura 3.6. Selección del Puerto de Conexión

La página de parámetros del Generic HART DTM se abre también haciendo doble clic en su registro en la ventana de proyecto, mostrando entonces los valores leídos en el dispositivo de campo.

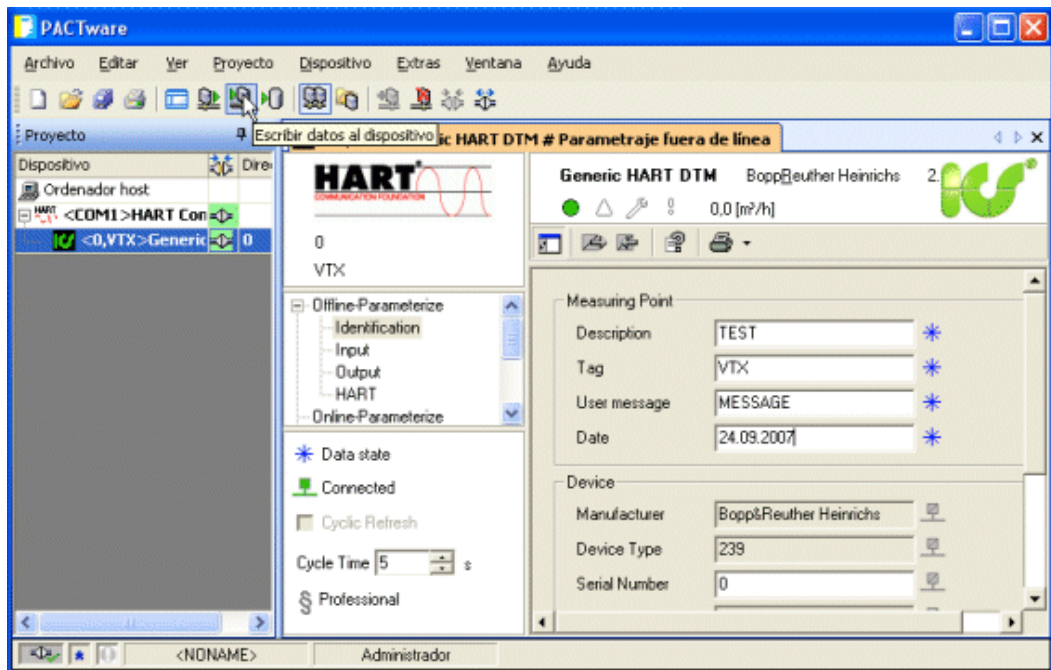


Figura 3.7. Modificación de la información del dispositivo

Los parámetros modificados se pueden escribir en el dispositivo de campo con la herramienta


Escribir datos al dispositivo.

Las funciones de PACTware se refieren al procesamiento de proyectos, el parametraje y el trabajo con dispositivos de campo, así como a la configuración del programa.

3.1.2. AGREGAR UN DTM

Primeramente se deberá elegir la posición en la estructura del proyecto en donde se quiera agregar un DTM adicional.

Existen diferentes maneras de agregar un DTM en el proyecto:

- Con el botón Agregar del catálogo de dispositivos
- Haciendo clic doble en un DTM del catálogo de dispositivos
- Arrastrándolo con Drag&Drop desde el catálogo de dispositivos hasta la ventana del proyecto
- Con el símbolo de herramienta que aparece al lado, que se encuentra en la barra de herramienta 

Con el punto Agregar dispositivo del menú de contexto en el menú de datos de dispositivo de un DTM

Si se aplica una de las últimas dos posibilidades, aparecerá una lista de los DTMs permitidos a partir de los cuales se podrá elegir el DTM deseado.

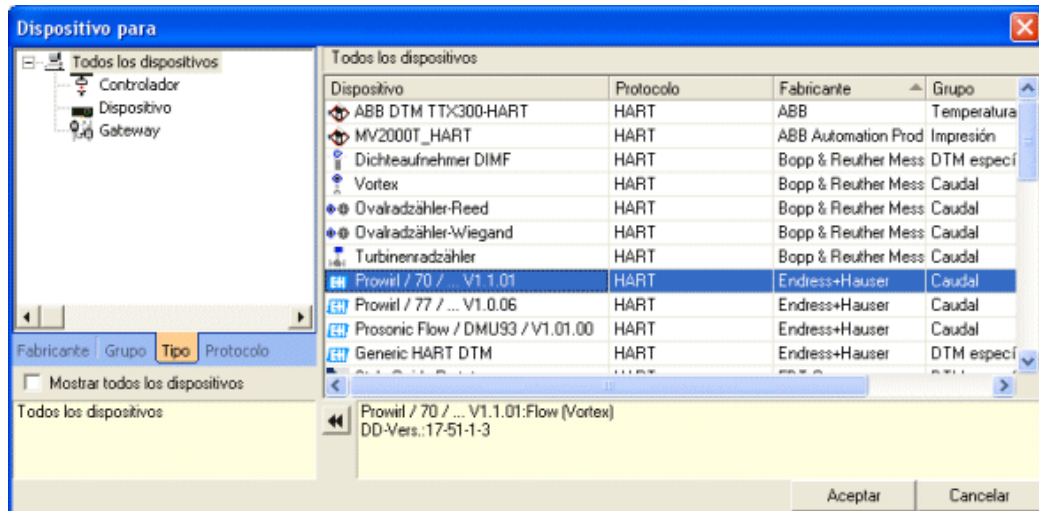


Figura 3.8. Agregación de DTM's


La posibilidad de inserción de un DTM en la posición elegida depende de las condiciones siguientes, las mismas que están controladas por PACTware:

- De los derechos de usuario
- Del tipo de DTM, al cual se desea agregar el nuevo DTM.

PACTware asegura que, por ejemplo, se pueda agregar únicamente DTMs para dispositivos aptos para Profibus de un Profibus CommDTM o dispositivos aptos para HART para un multiplexer HART. De no ser éste el caso, aparecerá un mensaje de error.

3.1.3. ELIMINAR UN DTM

Existen diferentes maneras de eliminar un DTM del proyecto:

- Con el símbolo de herramienta que aparece al lado, que se encuentra en la barra de herramienta 
- Con la tecla SUPR del teclado
- Con el punto Eliminar dispositivo en el menú de contexto del DTM

Antes de poder eliminar el DTM del proyecto, se abrirá un cuadro consultándole la decisión de eliminación a fin de evitar la eliminación accidental del DTM.

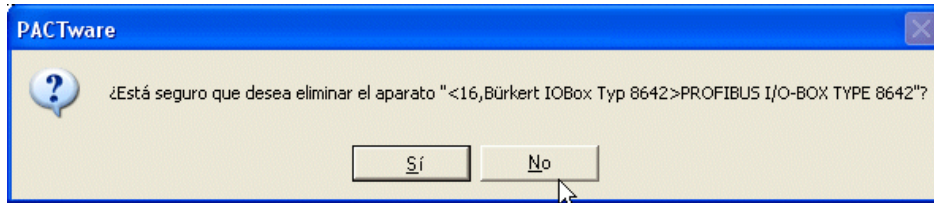


Figura 3.9. Mensaje de confirmación de eliminación

Si se elimina un CommDTM o un Gateway DTM al cual se han asignado otros DTMs se eliminará toda la porción del proyecto.

Atención: PACTware no ofrece la función Deshacer.

3.2. GENERALIDADES DEL PLC KOYO DL 06

La familia de PLCs DL06 es una línea de productos muy versátil que combina características poderosas en un tamaño compacto. Este PLC ofrece módulos de expansión de entradas y salidas discretas y análogas, contadores de alta velocidad, matemática del punto flotante, controladores PID, programación de secuenciador de tambor, varias opciones de comunicaciones seriales y con Ethernet y un visor LCD opcional.

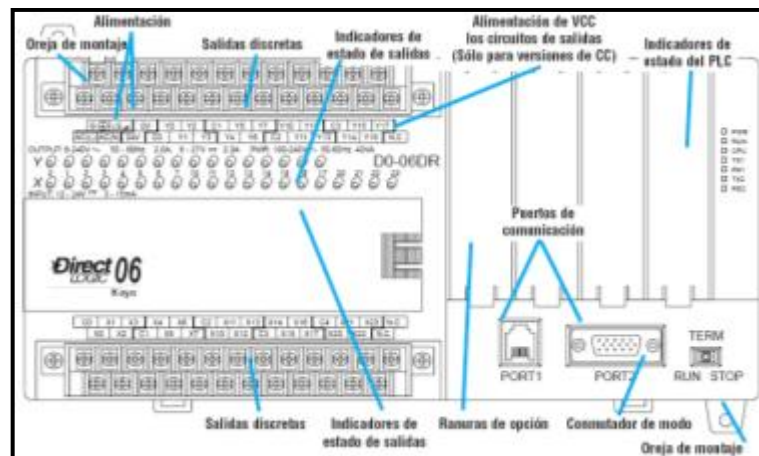


Figura 3.10. Estructura física del PLC Koyo Direct Logic 06

3.2.1. *DirectSOFT* en Windows

Este es un paquete de programación basado en el sistema operativo Windows usado en PC's, lo que permite usar todas las familiares características de este programa, para realizar la correspondiente programación para el PLC.

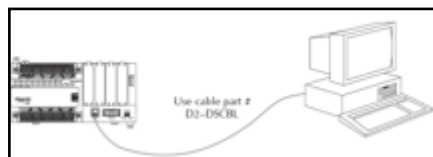


Figura 3.11. Conexión PLC/PC

3.2.2. PLC – PC pasos de conexión

Encienda la energía del sistema del PLC: Aplique energía al sistema y asegúrese que el indicador PWR en el PLC DL06 está encendido. Si no es así, apague el PLC y compruebe todo el cableado.

Inicialice la memoria scratchpad:

- En *DirectSOFT*, seleccione el menú PLC, luego Setup, después Initialize Scratchpad.
 - Usando el programador portátil, utilice la tecla AUX y ejecute AUX 54.
- Entrar un programa ladder: Asegúrese que la CPU está en modo Program (el LED RUN en el frente del DL06 debe estar apagado). Si el LED RUN está encendido, utilice la tecla MODE en el programador portátil para poner el PLC en modo Program, y luego cambie a TERM.

Escoja una estrategia de cableado del sistema: Es importante entender las varias opciones de diseño del sistema que están disponibles antes de cablear dispositivos de campo y fuentes de alimentación del lado del campo para el PLC

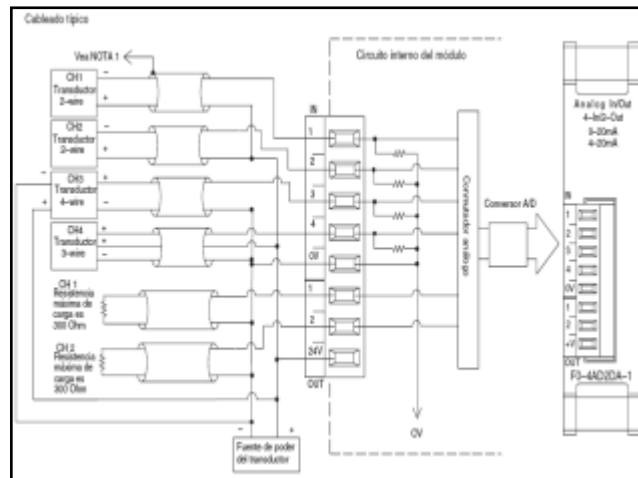


Figura 3.12. Diagrama de Cableado.

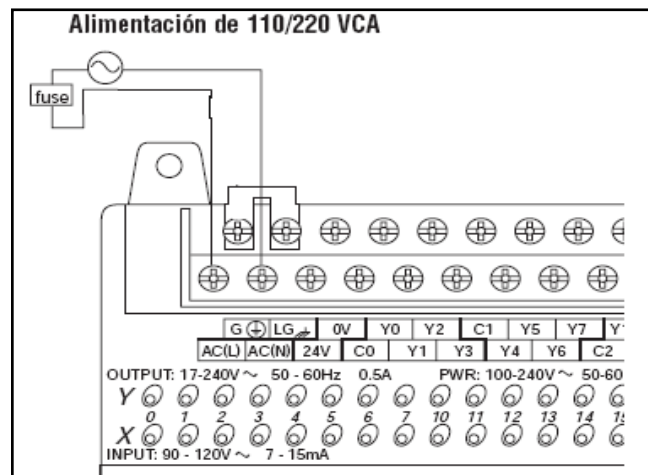


Figura 3.13. Conexión en el PLC

3.2.3. Conexión con la interfaz del operador

Las interfaces de operador requieren conexiones de datos y de energía. Las interfaces con un monitor de rayos catódicos requieren generalmente corriente alterna separada. Sin embargo, dispositivos pequeños de interfaz de operador como la unidad popular de acceso de datos Cmore micro se pueden accionar directamente desde el PLC DL06. Conecte el panel al puerto de comunicación 1 en el PLC DL06 usando el cable mostrado abajo. Un solo cable contiene los conductores de transmisión/recepción de datos y energía de +5V.



Figura 3.14. Configuración del cable de conexión PLC/Touch Screen

3.2.4. Conexión a dispositivos de programación

Los PLCs DL06 se pueden programar con un programador portátil o con *DirectSOFT* instalado en una PC. Conecte el DL06 a una PC usando el cable mostrado en la fig7.



Figura 3.15. Conectando dispositivos de programación

3.2.5. Configuración del hardware de la CPU

a. Diagramas de los puertos de comunicación serial

Existen cables que permiten conectarse fácilmente desde un programador o una computadora personal al PLC DL06. El DL06 requiere un enchufe RJ-12 de 6 clavijas para el puerto 1 y un conector SVGA de 15 clavijas para el puerto 2.

El PLC DL06 tiene dos puertos de comunicación seriales incorporados. El puerto 1 (RS232C solamente) se utiliza generalmente para conectar con un programador D2-HPP, *DirectSOFT*, una interface de operador, un

esclavo MODBUS o *DirectNET* solamente. The baud rate es fijo en 9600 baud en el puerto 1. El puerto 2 (RS232C/RS422/RS485) se puede usar para conectar con un D2-HPP, *DirectSOFT*, una interface del operador, un maestro o esclavo MODBUS RTU o *DirectNET* o ASCII como entrada y salida. El puerto 2 tiene un rango de velocidades a partir de 300 Baud hasta 38.4KBaud.

Descripciones de señales Puerto 1		Descripciones de señales Puerto 2		Configuraciones del Puerto 1		Configuraciones del Puerto 2	
1	OV Coesete (-) (GND)	1	SV (+) (VCC) (+)	Can 1	Se conecta a HPP, DirectSOFT, interfaces de operador, etc.	Can 2	Se conecta a HPP, DirectSOFT, interfaces de operador, etc.
2	5V Coesete (+)	2	TXD Transmite datos (RS-232C)	4 cables, RS232C		15 cables, puerto de funciones múltiples, RS232C, RS422, RS485	
3	RxD Recibe datos (RS-232C)	3	RxD Recibe datos (RS-232C)	Tasa de comunicación (baud): 9600 (fijo)		Tasa de comunicación (baud): 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400	
4	TxD Transmite datos (RS-232C)	4	RTS Ready to send	Paridad: odd (valor original de fábrica)		Paridad: odd (valor original), even, 0 (nada)	
5	5V Coesete (+)	5	CTS Clear to send	Dirección de la estación: 1 (fijo)		Dirección de la estación: 1 (valor original)	
6	OV Coesete (-) (GND)	6	RxD- Recibe datos (-) (RS-422/485)	8 bits de datos		8 bits de datos	
7	OV Coesete (-) (GND)	7	OV Coesete (-) (GND)	1 bit start, 1 bit stop		1 bit start, 1 bit stop	
8	OV Coesete (-) (GND)	8	TXD+ Transmite datos (+) (RS-422/485)	Addresso: half-duplex, DTE		Addresso: half-duplex, DTE	
9	TXD+ Transmite datos (+) (RS-422/485)	9	TXD- Transmite datos (-) (RS-422/485)	Protocolo: (seleccionable automáticamente) N-sequence (valormente estándar), DirectNET (sistema esclavo), MODBUS (sistema esclavo)		Protocolo: (seleccionable automáticamente) N-sequence (valormente estándar), DirectNET (sistema esclavo), DirectNET (sistema maestro), MODBUS (sistema esclavo), MODBUS (sistema maestro), ASCII (sistema esclavo)	
10	TXD- Transmite datos (-) (RS-422/485)	10	RTS- Ready to send (-) (RS-422/485)				
11	RTS- Ready to send (-) (RS-422/485)	11	RTS- Ready to send (-) (RS-422/485)				
12	RTS- Ready to send (-) (RS-422/485)	12	RxD- Recibe datos (-) (RS-422/485)				
13	RxD- Recibe datos (-) (RS-422/485)	13	RxD- Recibe datos (-) (RS-422/485)				
14	CTS- Clear to send (+) (RS-422/485)	14	CTS- Clear to send (+) (RS-422/485)				
15	CTS- Clear to send (+) (RS-422/485)	15	CTS- Clear to send (+) (RS-422/485)				

Figura 3.16. Características de los puertos de comunicación

a.1. Escritura a las salidas

Una vez que el programa haya solucionado la lógica de las instrucciones y haya construido la memoria imagen de salidas, la CPU escribe el contenido de la memoria imagen de salidas a los bits correspondientes de salidas. Recuerde, la CPU también se aseguró de que cualquier cambio de la operación de forzar fue almacenado en la memoria imagen de salida, así que los puntos forzados siguen actualizados con el estado especificado anteriormente.

a.1.1. Memoria V - Memoria de palabra (Datos tipo V)

La memoria variable (llamada "memoria V") almacena datos para el programa y para la configuración. Las direcciones de memoria se numeran en octal. Por ejemplo, V2073 es una localización válida, mientras que V1983 es inválido ("9" y "8" son dígitos octales inválidos).

Cada dirección de memoria V es una palabra de datos, conteniendo 16 bits. El bit menos significativo (LSB) estará a la derecha y el bit más

significativo (MSB) a la izquierda. Utilizamos la palabra "significativa", refiriendo al peso binario relativo de los bits. Los datos de memoria V son binarios de 16 bits, pero raramente programamos a las memorias de datos un bit a la vez. Usamos instrucciones o herramientas que nos dejan trabajar con números decimales, octales, y hexadecimales. Todos éstos se convierten y se almacenan como binarios. Anexo1. Mapa de memoria del PLC DL06.

b. Configuraciones de redes

El PLC DL06 ofrece las formas siguientes de establecer una red:

El módulo de comunicaciones de Ethernet : conecta un DL06 con redes de alta velocidad punto a punto o cualquier PLC puede iniciar comunicaciones con cualquier otros PLC u otras interfaces de operador, tales como C-more, al usar los módulos de ECOM.

Los módulos de comunicaciones de datos :conectan un DL06 con dispositivos usando DeviceNet o Profibus para conectarse con controladores maestros, así como también un módulo serial D0-DCM.

El puerto de comunicaciones 1: El DL06 tiene un conector RJ12 de 6 clavijas en el puerto 1 que soporta (como esclavo) protocolos K-sequence, MODBUS RTU o *DirectNET*.

El puerto de comunicaciones 2: El DL06 tiene un conector de 15 clavijas en el puerto 2 que soporta los protocolos *DirectNET* y MODBUS RTU maestro/esclavo , o el protocolo Ksequence como esclavo. El puerto 2 se puede también usar comunicaciones ASCII IN/OUT.

b.1. Colocación de los módulos opcionales

El PLC DL06 tiene cuatro ranuras que se numeran como sigue:

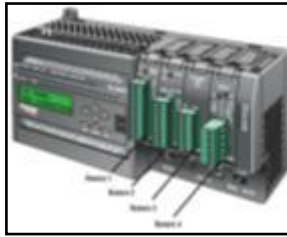


Figura 3.17. Ranuras del PLC DL06

b.1.1. Configuración automática de E/S

Los PLCs DL06 detectan automáticamente cualquier módulo instalado de E/S (módulos incluyendo los de especialidad) durante la energización, y establecen la configuración correcta y direcciones de E/S. Esto se aplica a los módulos situados en la base local. Para la mayoría de los usos, usted nunca tendrá que cambiar la configuración.

Las direcciones de E/S utilizan enumeración octal, comenzando en X100 y Y100 en la ranura más a la izquierda. Las direcciones se asignan en grupos de 8, o 16 dependiendo del número de los puntos para el módulo de E/S. Los módulos discretos de entradas y de salidas se pueden mezclar en cualquier orden.

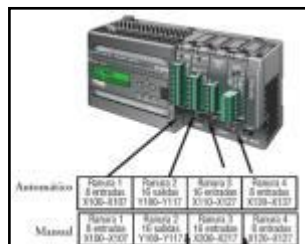


Figura 3.18. Enumeración de E/S para un sistema

c. Red del tipo RS-232

Normalmente, las señales RS-232 se utilizan para distancias más cortas (15 metros máximos), para comunicaciones entre dos dispositivos.

3.2.6. Lazos de Control PID Con El PLC DI06

EL PLC DL06 puede procesar hasta 8 lazos de control PID. Los cálculos de lazos funcionan como tarea separada de la ejecución de programa ladder, inmediatamente después de ella.

Solamente se calculan los lazos que se han configurado y solamente según un planificador incorporado de lazos. El tiempo de muestreo (intervalo de cálculo) de cada lazo es programable.

a. Funciones de control PID

Hasta 8 lazos, con frecuencia programable individual de muestreo

Capacidad de control PID en los modos Manual/Automático/En cascada disponibles

- Alarmas de todos los tipos
- Generador Ramp/Soak (Rampa y valor constante) con hasta 16 segmentos
- Sintonía automática del control PID

a.1. Control PID

El controlador PID controla un lazo de realimentación continuo que mantiene la salida de proceso (variable de control) a un valor deseado tomando la acción correctiva siempre que haya un desvío o error del valor deseado (setpoint) de la variable de proceso (PV) por ejemplo, flujo, temperatura, voltaje, etc. Ocurre un "error" cuando un operador cambia manualmente el setpoint o cuando un evento (una válvula se abrió o se cerró, etc.) o una perturbación (agua fría, viento, etc.) cambia la carga en el proceso, causando un cambio en la variable de proceso.

El controlador PID recibe señales desde los sensores y calcula una acción correctiva al actuador con un algoritmo basado en un valor proporcional al error (proporcional), a la suma de todos los errores anteriores (integral) y a la tasa de cambio del error (derivativo).

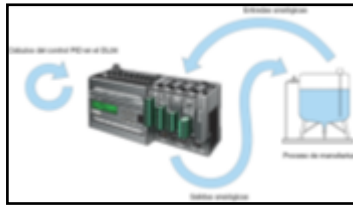


Figura. 3.19 Ejemplo de control PID

3.2.7. Introducción al control PID con el PLC DL06

El DL06 es capaz de controlar una variable de proceso tal como se mencionó anteriormente, por ejemplo el control de una variable de proceso en un nivel dado (setpoint), tal como temperatura de agua, incluso si hay perturbaciones (tal como ingreso de agua fría) en el proceso.

El PLC DL06 tiene capacidad de aceptar directamente señales de sensores electrónicos, tales como termopares, presión, nivel, etc. Estas señales se pueden usar en sistemas de control con algoritmos matemáticos.

El control PID del PLC DL06 maneja lazos cerrados usando el algoritmo PID. La salida de control es calculada desde el valor de error como sigue:

$$M(t) = K_c \left[e(t) + 1/T_i \int_0^t e(x) dx + T_d \frac{d}{dt} e(t) \right] + M_o$$

Siendo:

- K_c = ganancia proporcional
- T_i = Reset o tiempo de la integral
- T_d = tiempo derivativo o rate
- SP = Setpoint o valor de referencia
- PV(t) = variable de proceso en el tiempo "t"
- $e(t) = SP - PV(t)$ = desvío de la PV desde la referencia (SP) en el tiempo "t" o error del PV.
- $M(t)$ = la salida analógica de control en el tiempo "t"

Figura 3.20. Fórmula de la Salida Analógica M(t)

3.3. PROGRAMACION EN EL PLC KOYO DIRECT LOGIC 06

Clic en Inicio > Todos los programas > DirectSOFT 4 > DirectSOFT32 Program Tools > DirectSOFT32 Program

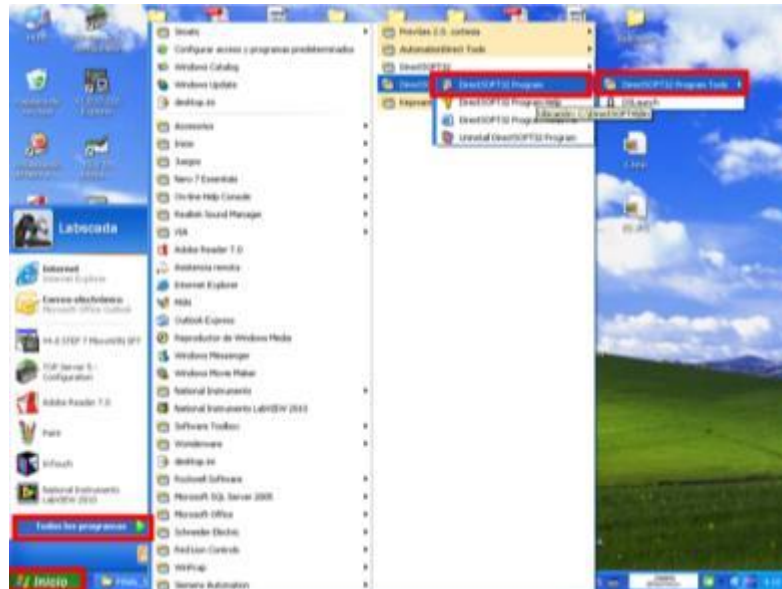


Figura 3.21. Inicialización de DirectSoft

Escribir el nombre del proyecto, escoger el tipo de PLC a utilizar y pulsar OK.

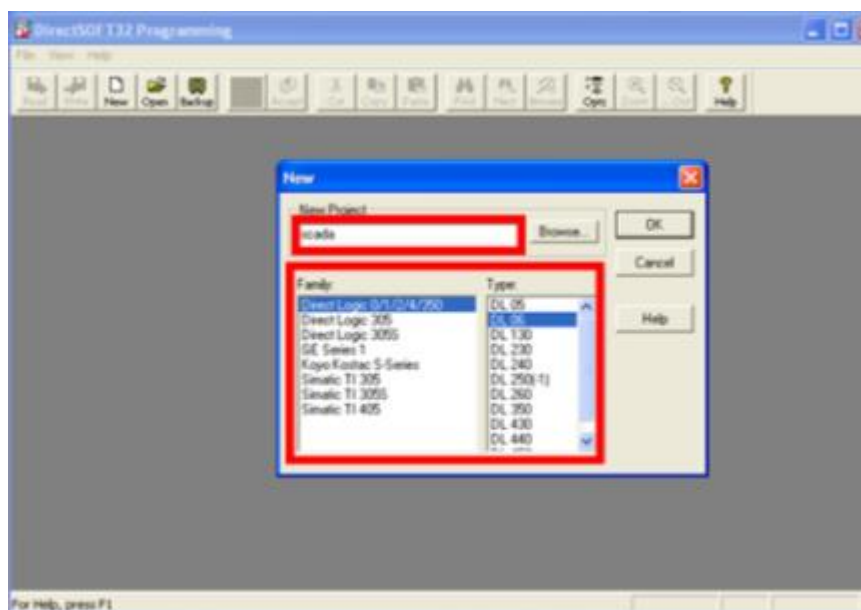


Figura 3.22. Pantalla Principal DirectSoft

Nos aparecera la siguiente pantalla, donde realizaremos la programacion que se cargará en el plc.

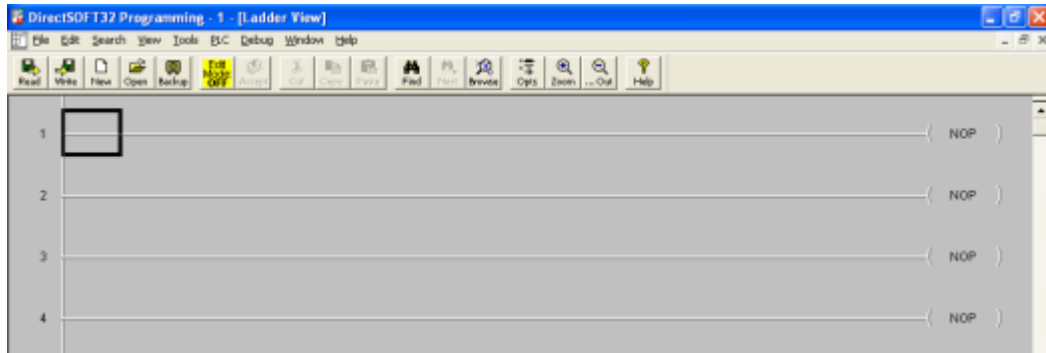


Figura 3.23. Pantalla de Programación DirectSoft

Para editar el programa Click en Edit Mode

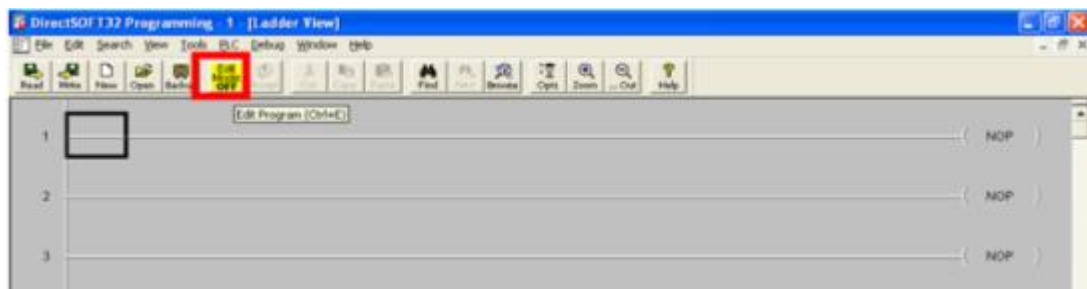


Figura 3.24. Opción de Edición de Programa

Se desplegarán los elementos que se necesitan para la programación

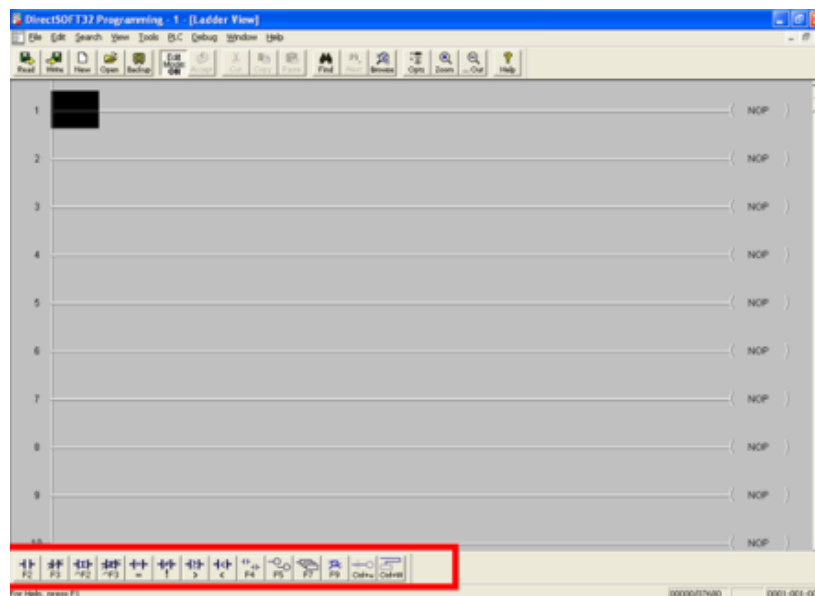


Figura 3.25. Selección de Elementos para la programación

Aquí se realiza el programa que se cargará al PLC y nos ayudará para controlar la estación de flujo.

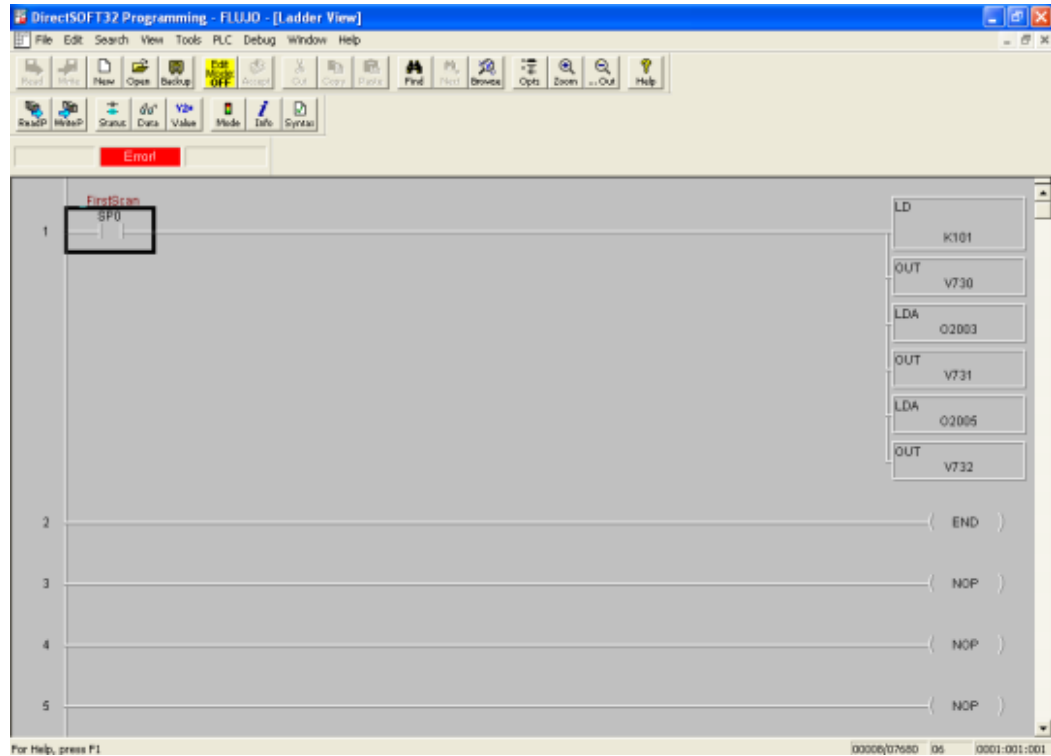


Figura 3.26. Programa para el Control PID

3.3.1. Cargar el programa en el PLC

Para cargar el programa creado en el PLC, nos ubicamos en la pestaña de PLC>Connet....



Figura 3.27. Conexión con el PLC

Para añadir un nuevo enlace, damos clic en Add

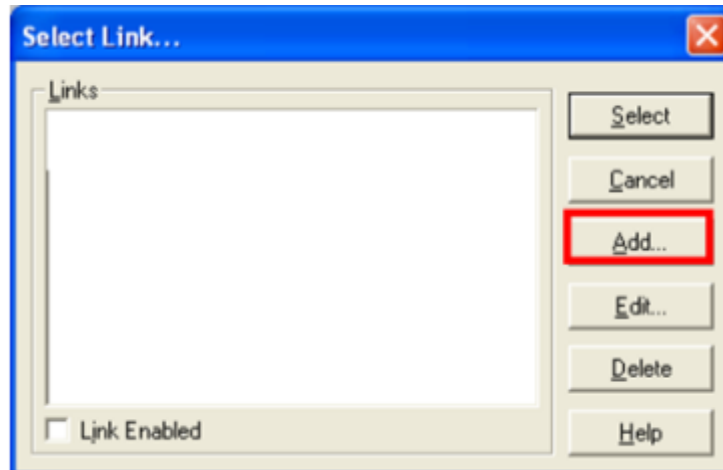


Figura 3.28. Añadir un nuevo enlace

Escogemos el puerto y pulsamos Next

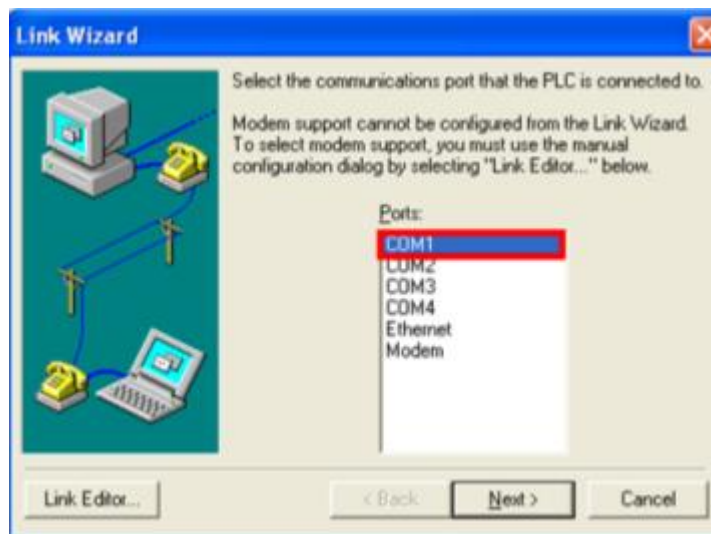


Figura 3.29. selección del Puerto de Conexión

Seleccionamos la familia del PLC (DL 0/1/2/4/350 Family) y presionamos next.

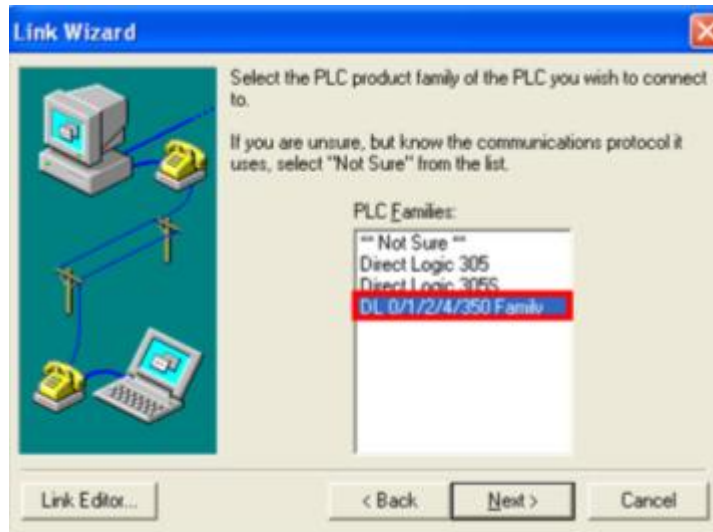


Figura 3.30 Selección del Modelo del PLC

Escogemos el tipo de protocolo (K Sequence) y la dirección (1), presionamos next.

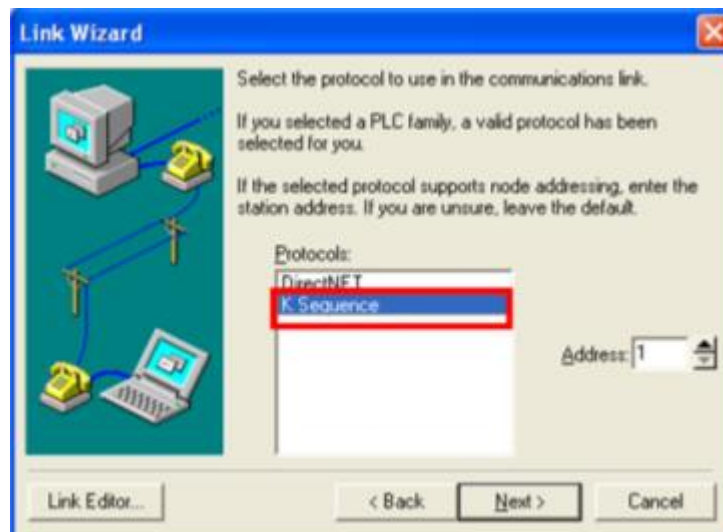


Figura 3.31. Tipo de Protocolo

Se verifica el estado de la conexión y las propiedades de comunicación.

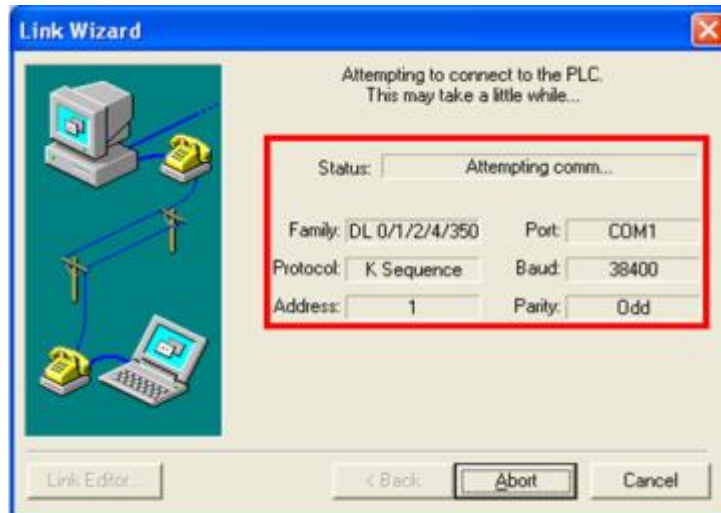


Figura 3.31. Pantalla de los Datos Seleccionados

Colocamos un nombre para el enlace y click en finish

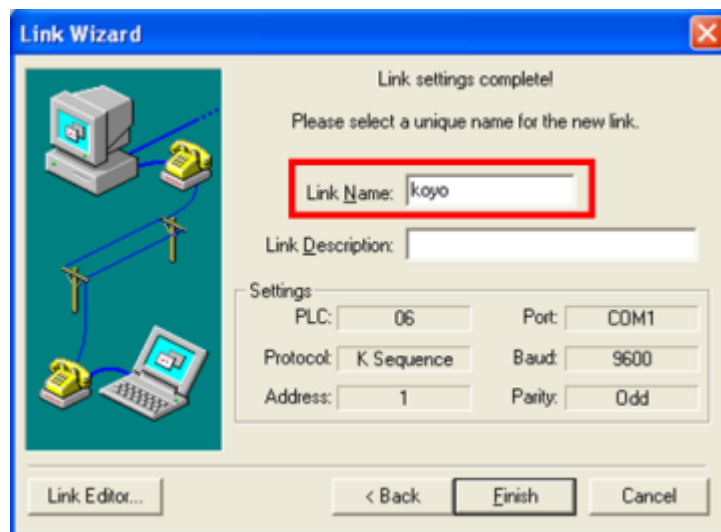


Figura 3.32. Nombre del enlace

Ahora seleccionamos el enlace que creamos, click en Select

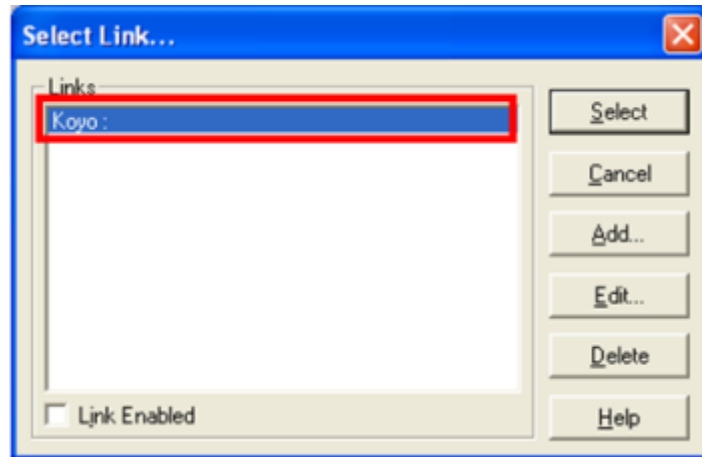


Figura 3.33. Enlace creado

Ahora click en Mode

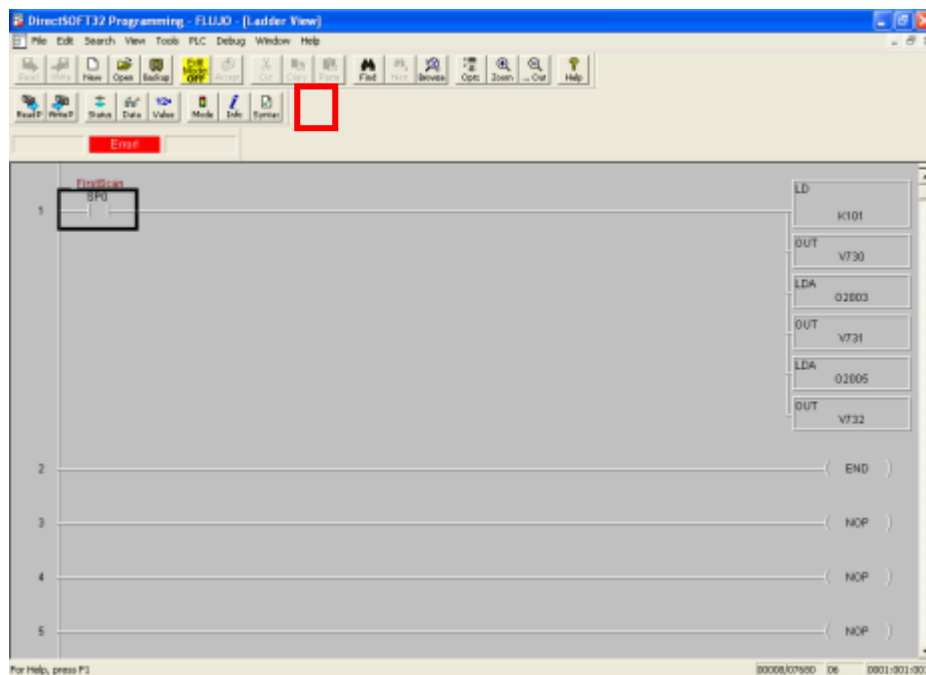


Figura 3.34. Edición del estado del PLC

Dentro de los modos escogemos Run y ok

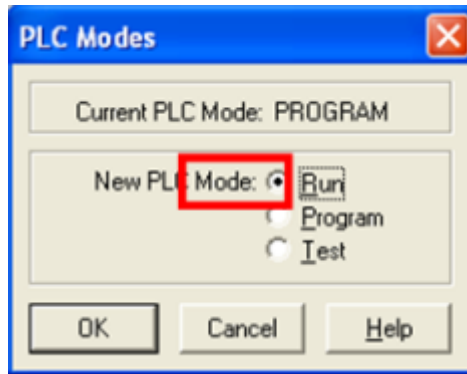


Figura 3.35 Selección de Ejecución del Programa

El PLC ya está en modo Run

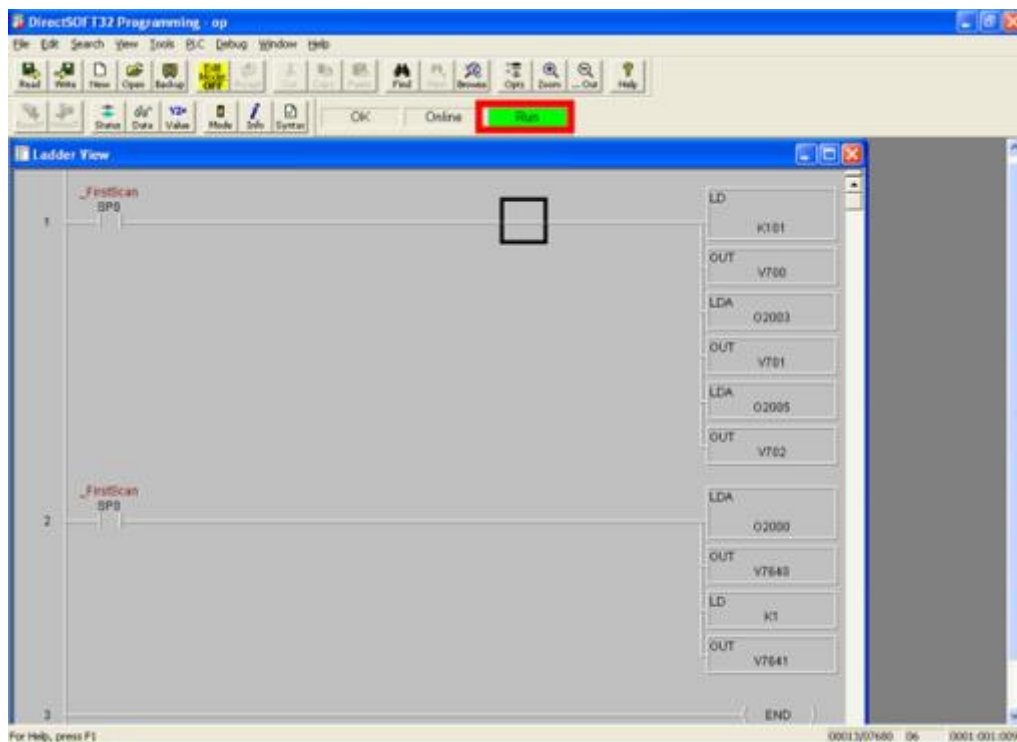


Figura 3.36. Visualización del Estado del PLC

Para cargar el programa en el PLC seleccionamos File>Write Program>to PLC

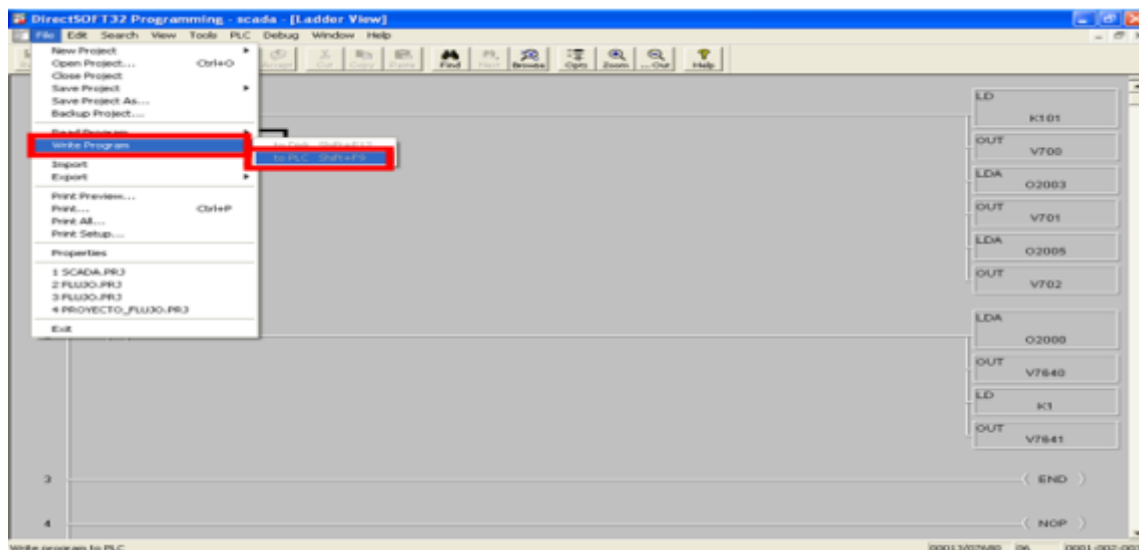


Figura 3.37. Escritura en el PLC

3.3.2. Formas de onda de la sintonización

Aquí se observa las formas de onda de la sintonización cuando el SP=1000

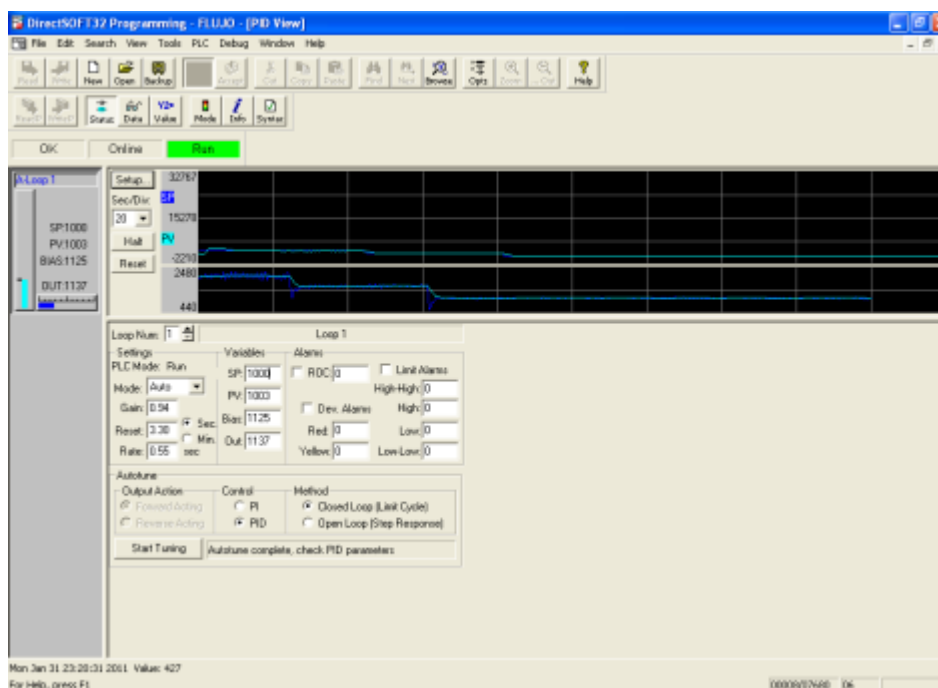


Figura 3.38. Formas de onda de sintonización

Aquí se observa las formas de onda de la sintonización cuando el SP=4095

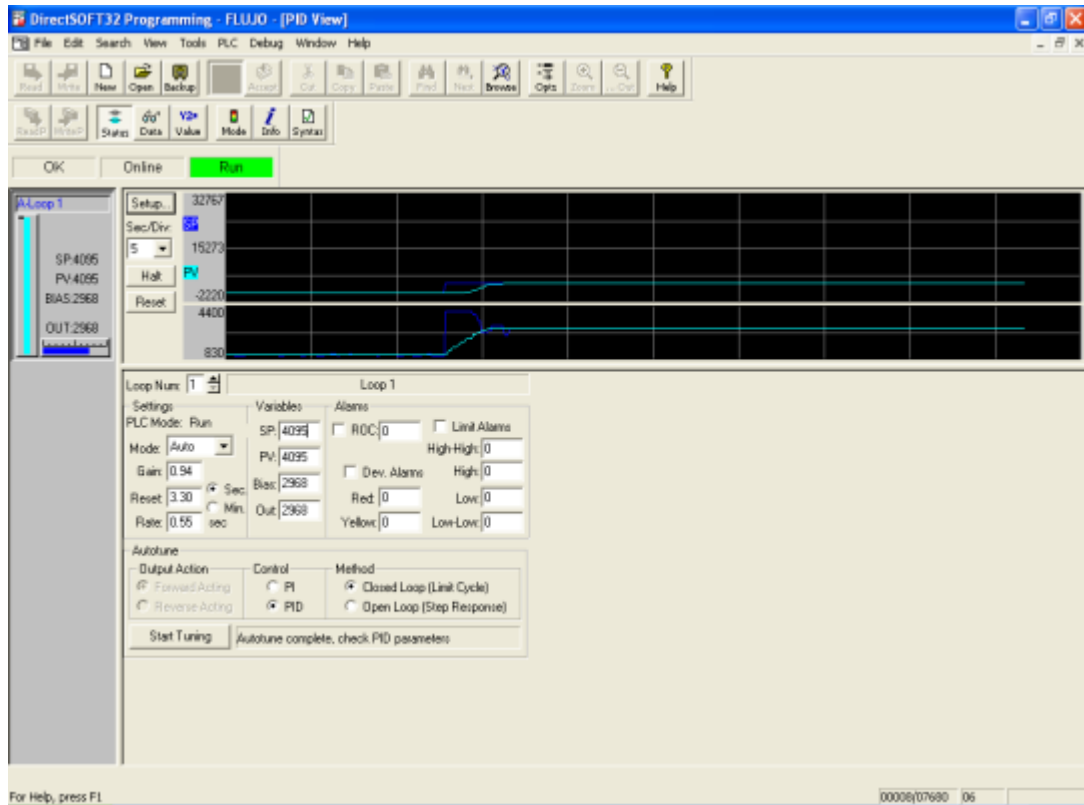


Figura 3.39. Variación del Set Point

Conexión realizada en la Estación de Flujo



Figura 3.40. Conexión en la estación de flujo

Conexión realizada en el PLC

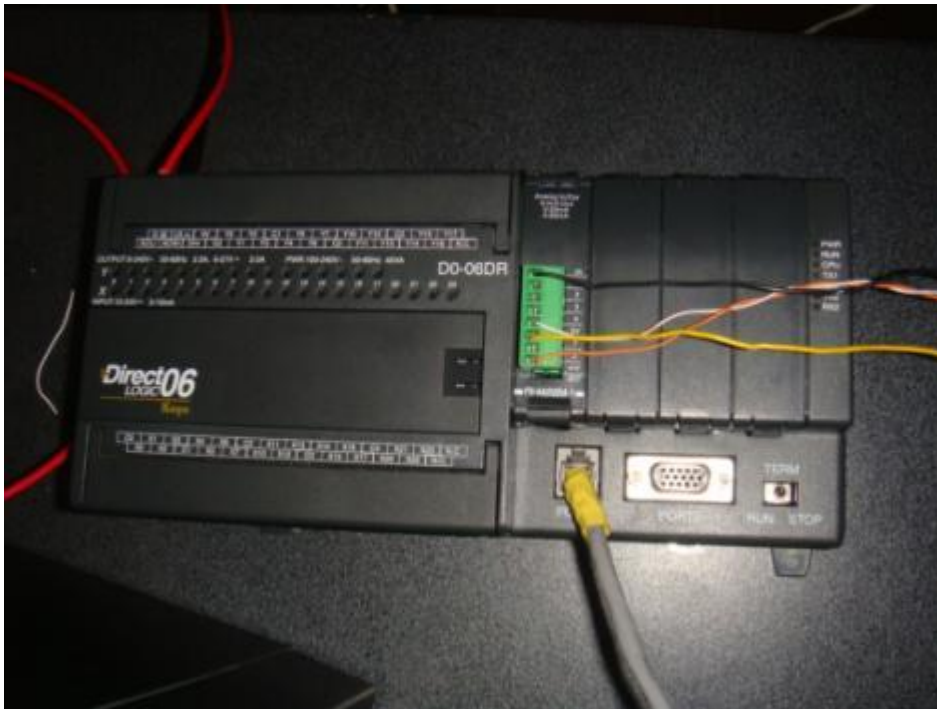


Figura 3.41. Conexión del módulo de salidas analógicas

3.4. INSTALAR EL SERVIDOR OPC PARA HART

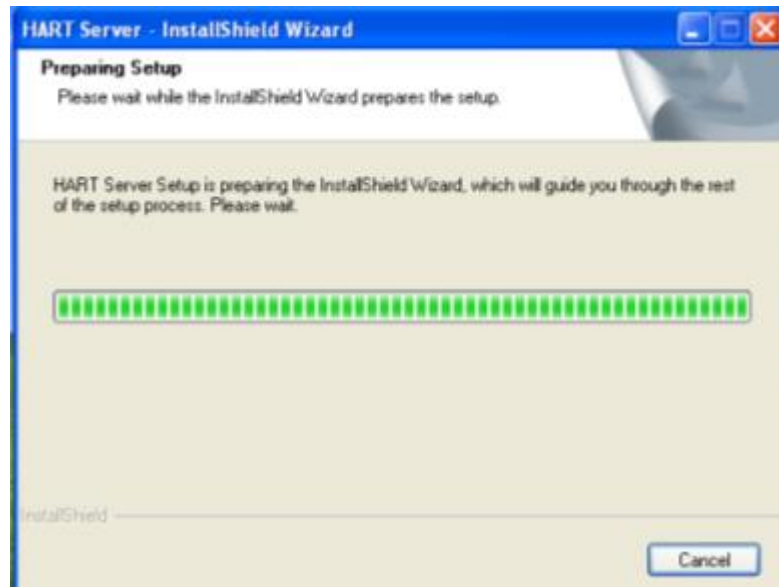


Figura 3.42. Instalación del OPC HART

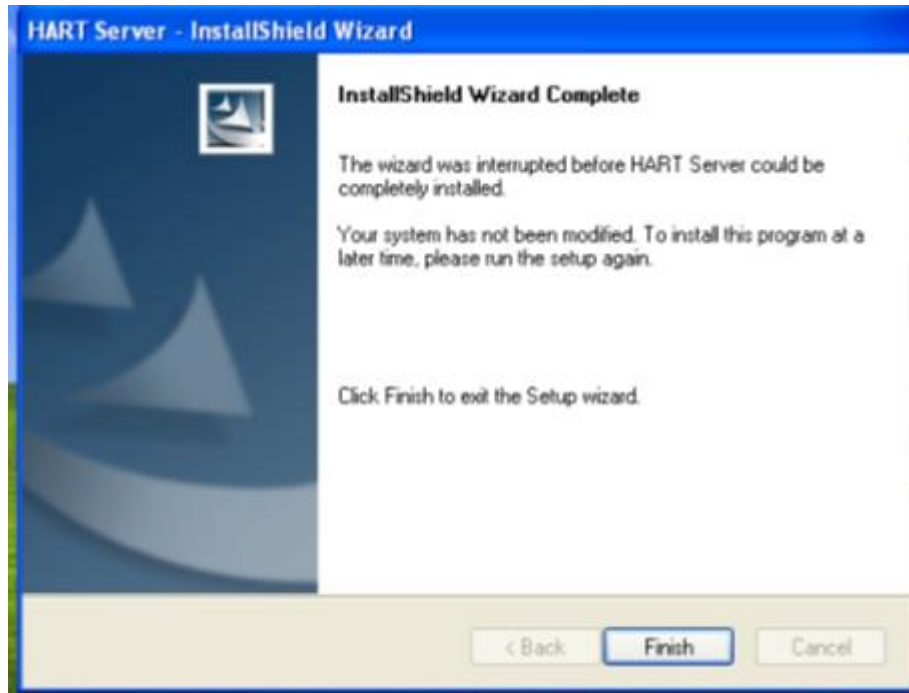


Figura 3.43. Instalación del OPC HART

Abrir el servidor OPC HART (HART Server)



Figura 3.43. Inicialización del OPC HART desde Windows XP

Damos clic derecho en Hart Server y seleccionamos Add Network, esta nueva red nos permitirá agregar los dispositivos de cada una de las estaciones de trabajo de nuestra red Hart.

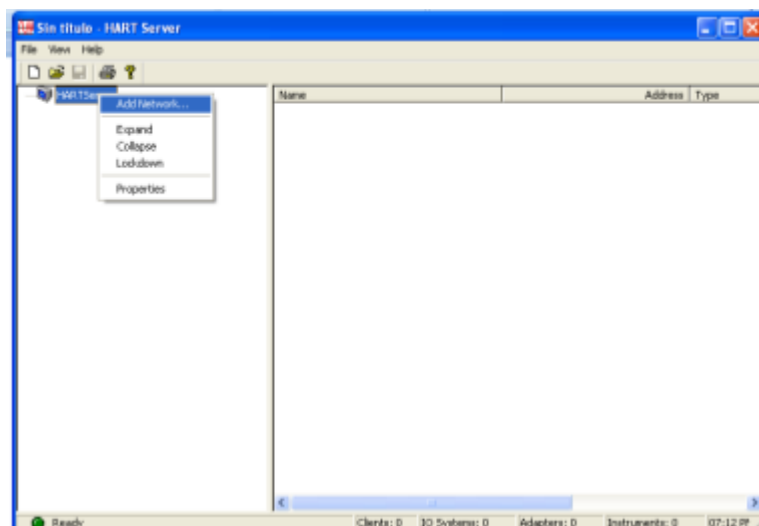


Figura 3.44. Pantalla principal de OPC HART

Seleccionamos el tipo de comunicación que ese utilizará para adquirir los datos de red. En nuestro caso seleccionamos Single Serial Port.

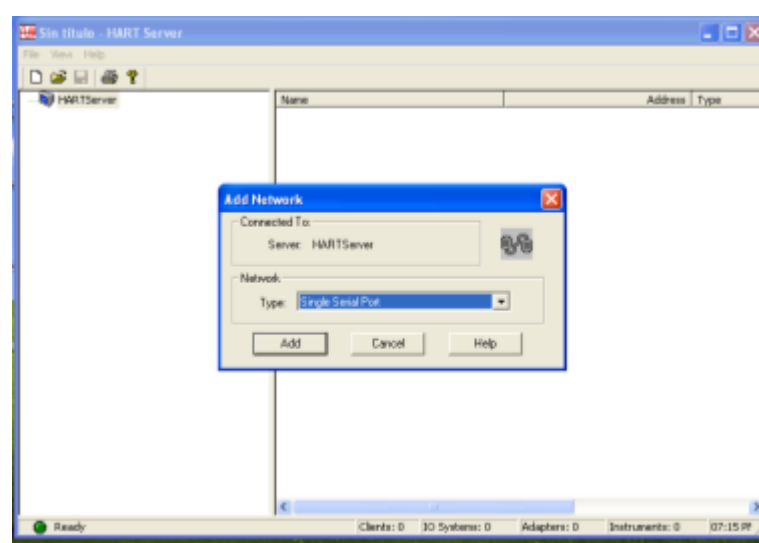


Figura 3.45. Selección del Tipo de Comunicación

Configurar nuestra red, damos el nombre en este caso “HART”. Seleccionamos la dirección de nuestro comunicador Hart para nuestro caso “COM 3”.

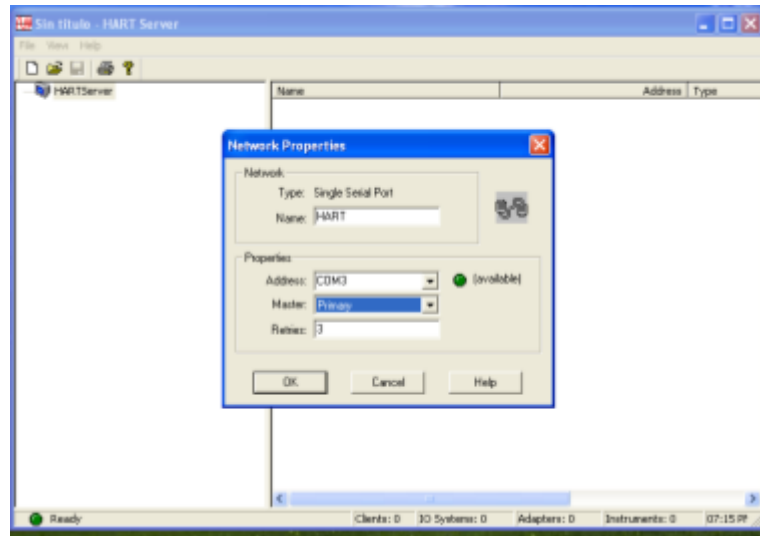


Figura 3.46. Selección del Puerto de comunicación

En la red que se creó damos clic derecho y agregamos cada uno de los dispositivos que se encuentran conectados en nuestra red Hart.

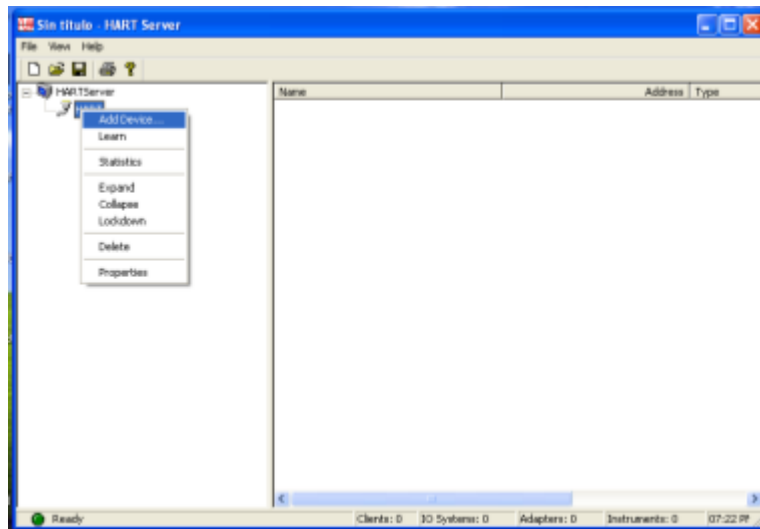


Figura 3.47. Agregar dispositivos de red

Para agregar cada dispositivo bastara agregarle su dirección poll address.

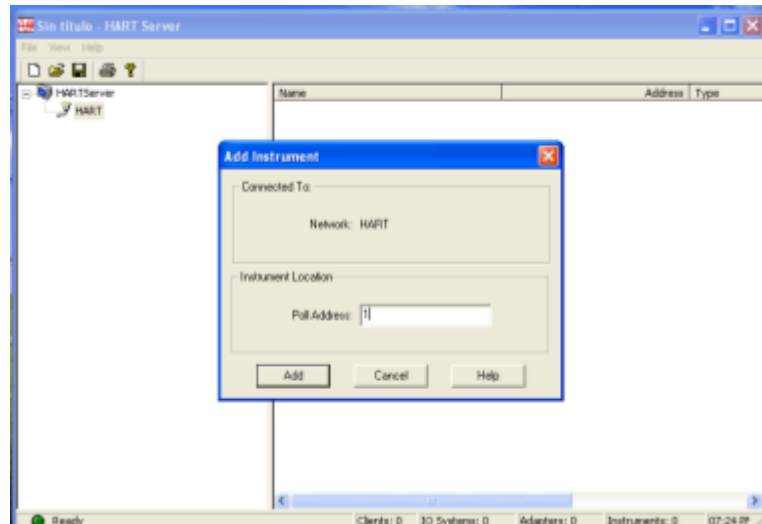


Figura 3.48. Añadir dispositivos mediante Poll Address

Una vez agregado todos los dispositivos comprobar que en la pestaña status se encuentre ok, lo que nos indicara que la comunicación con los dispositivos de la red esta correcta.

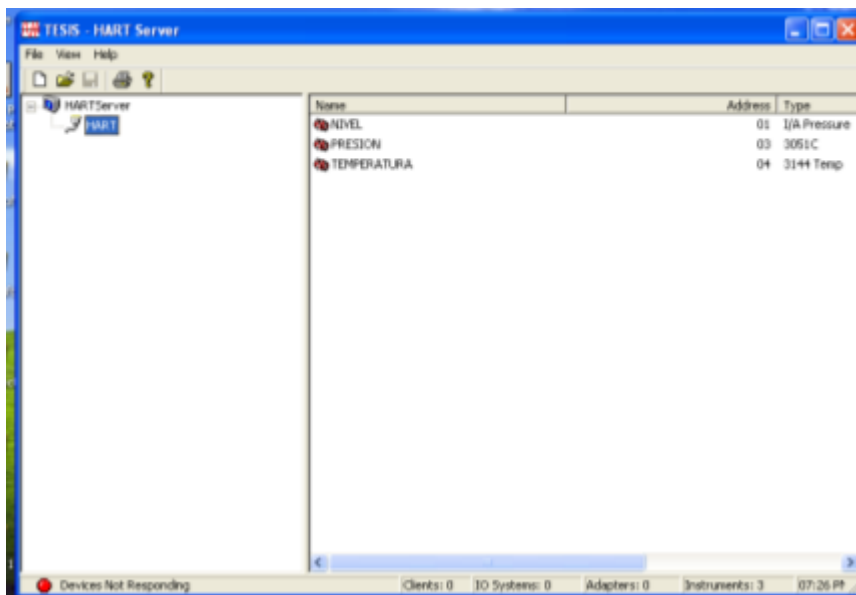


Figura 3.49. Dispositivos agregados

3.5. OPC KEPSERVER

Instalar el Servidor OPC KepServer, el cuál nos permitirá comunicarnos con el PLC KOYO DL – 06 donde se encuentran los lazos de control de cada una de las estaciones.

Abrir el KepServer y dar clic para agregar un canal de comunicacion con el PLC.

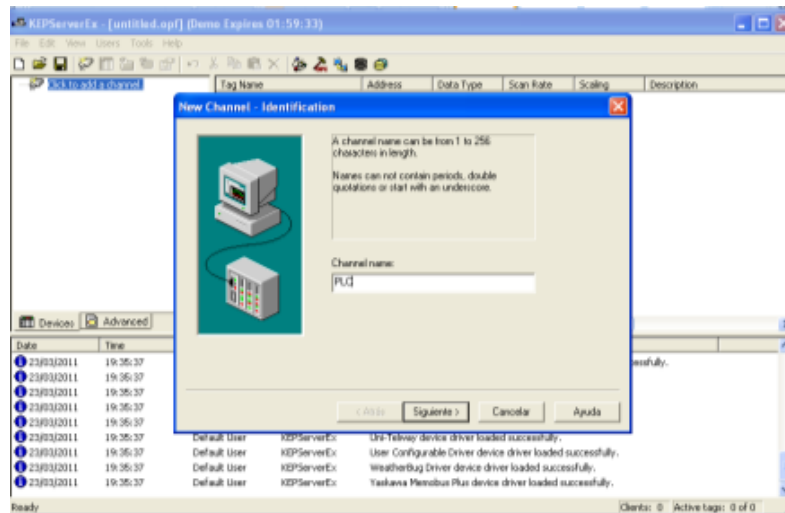


Figura 3.50. Canal de comunicación con el PLC

Seleccionamos el controlador del PLC KOYO DL – 06 que para nuestro caso es K - sequence

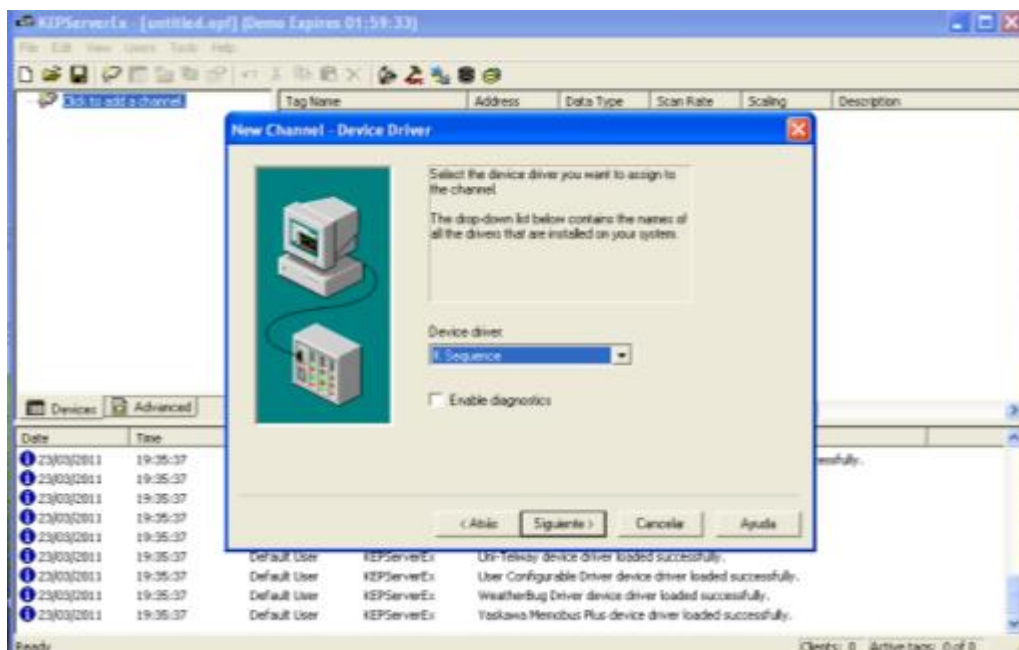


Figura 3.51. Controlador del PLC KOYO DL – 06

Escogemos el puerto donde se encuentra conectado el PLC en nuestro ordenador y continuamos hasta finalizar sin realizar ningun otro cambio.

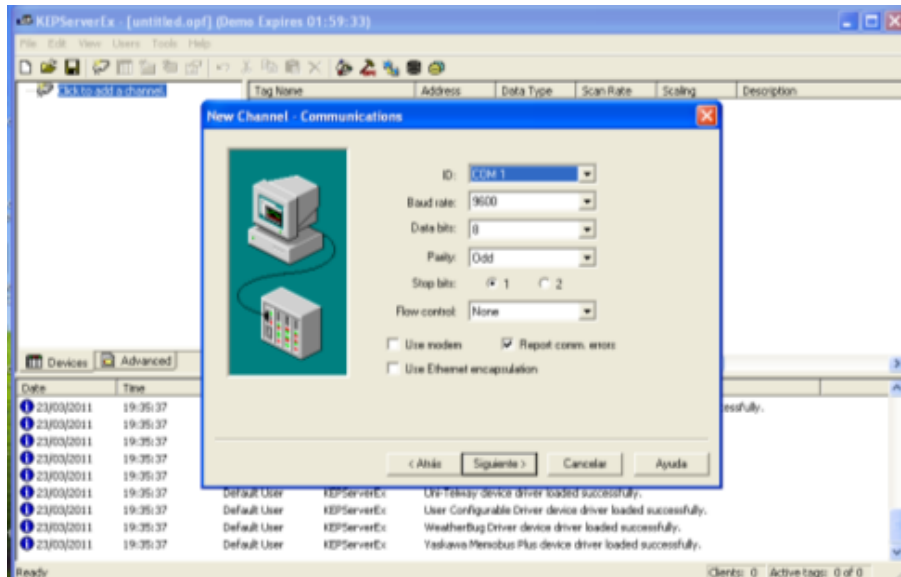


Figura 3.52. Selección del Puerto de Comunicación

Una vez establecido el canal de comunicación seleccionamos el modelo del PLC con el que vamos a trabajar “KOYO DL 06” y continuamos hasta finalizar sin realizar ningun otro cambio .

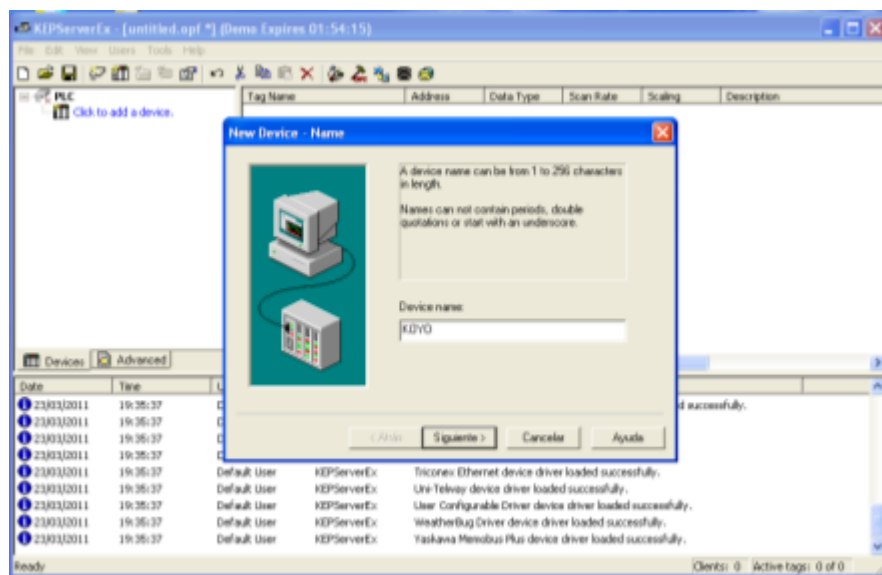


Figura 3.53. Selección del Modelo del PLC

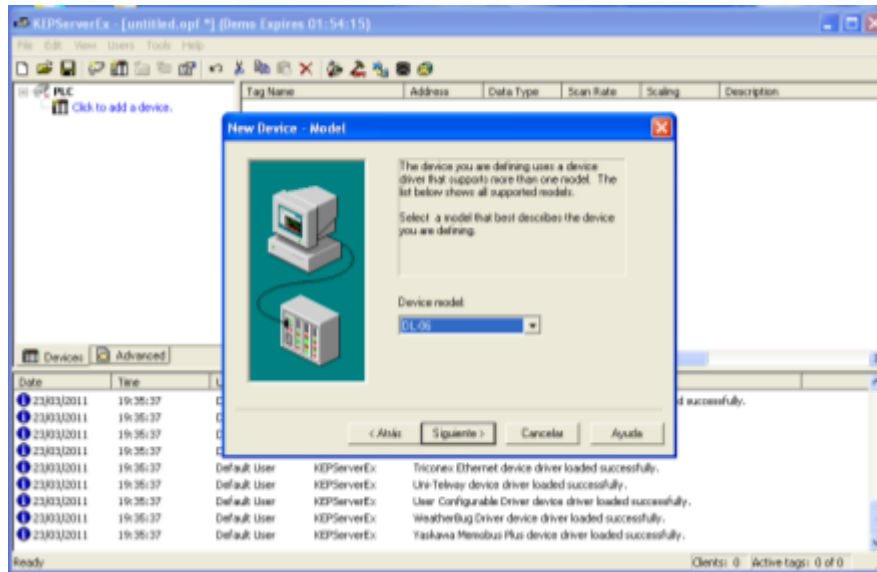


Figura 3.54. Selección del Modelo del PLC

Ahora creamos los tags de las variables necesarias para el control monitoreo y supervisión de cada una de las estaciones del laboratorio. Para ello damos un nombre de identificación con su respectiva dirección de memoria del PLC.

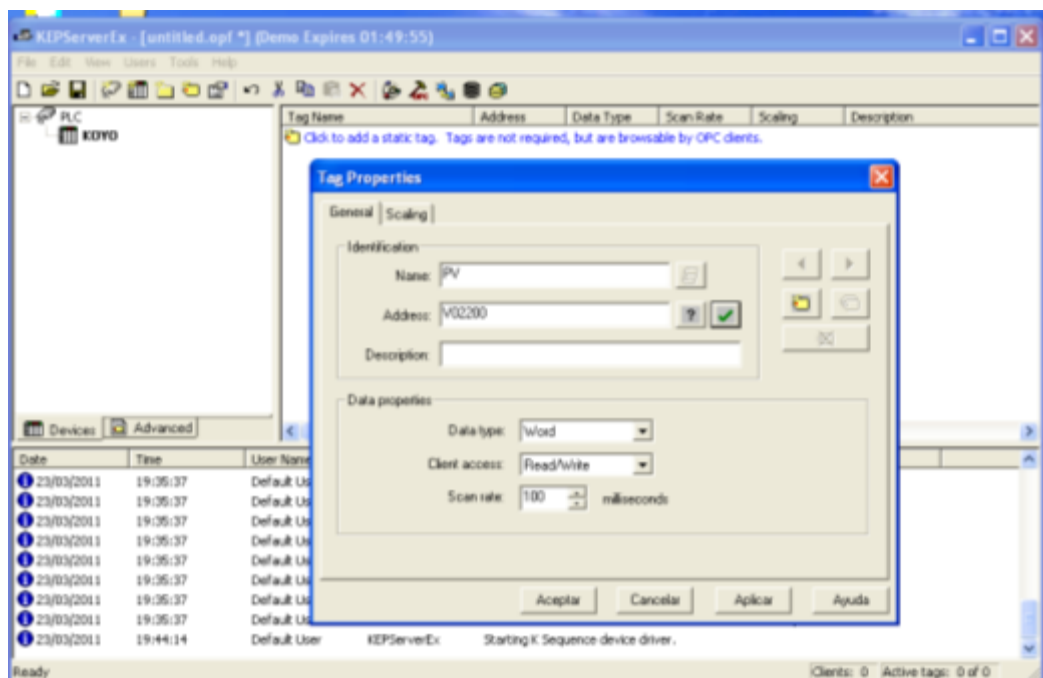


Figura 3.55. Selección de Memoria para las diferentes variables del proceso

Repetimos el paso anterior para cada uno de los tags de las variables del proceso.

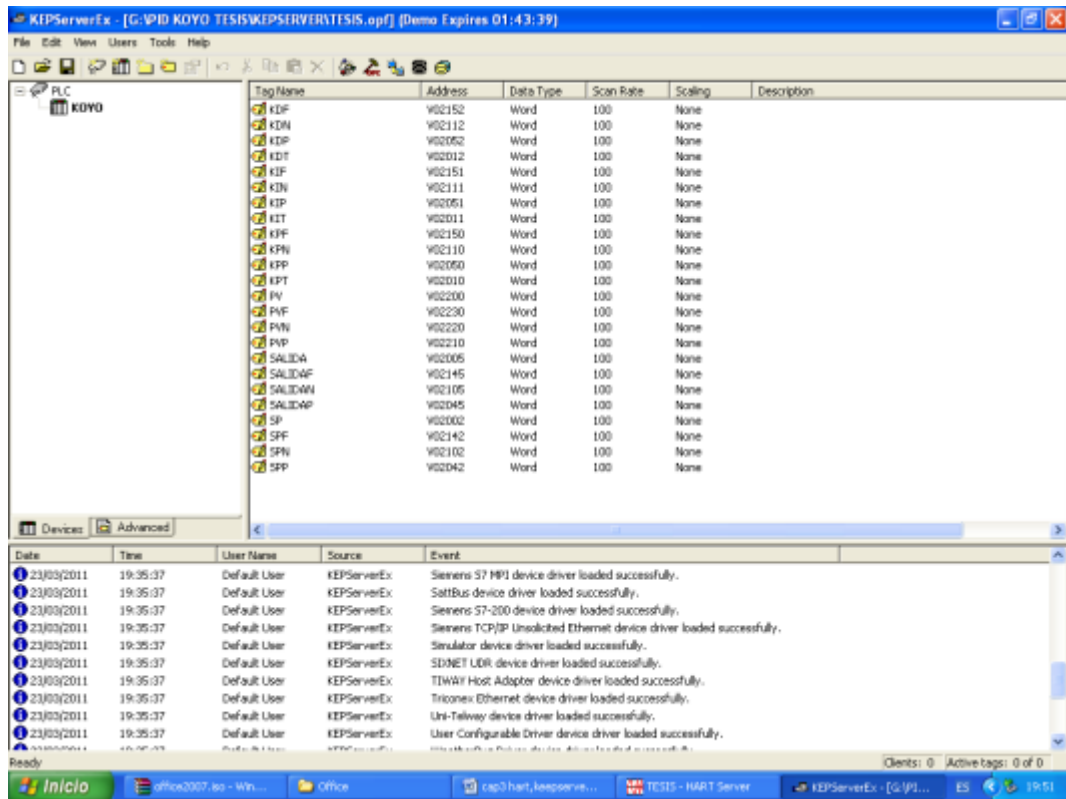


Figura 3.56.a. Variables utilizadas en el proceso

3.6. INTOUCH

3.6.1. Wonderware InTouch

Es un generador de aplicaciones MMI destinadas a la automatización industrial, control de procesos y supervisión. Wonderware®, compañía pionera en el uso del entorno Windows; ha evolucionado y actualizado su producto paralelamente a las nuevas tendencias y necesidades de los usuarios y del mercado, consiguiendo el liderazgo dentro de este sector.

Wonderware® nos ofrece mediante InTouch® la posibilidad de generar aplicaciones SCADA al más alto nivel, utilizando las herramientas de programación orientadas a objetos, para usuarios no informáticos.

Millares de aplicaciones creadas con InTouch® se encuentran en estos momentos en pleno uso y produciendo unos resultados inmejorables. Sus usuarios informan de una mejora muy significativa en su calidad y cantidad de producción y en una reducción de costes de proyecto y mantenimiento. Los módulos QI Analyst, Recetas o SQL, satisfacen las necesidades de información y control de las industrias. En otro aspecto, los usuarios de InTouch sienten una gran seguridad en el producto debido a la compatibilidad total entre sus diferentes versiones y módulos, asegurando plenamente sus inversiones de energía, tiempo y dinero.

Las aplicaciones creadas con InTouch® se encuentran en cualquier parte del mundo, abarcando una gran cantidad de mercados verticales: procesos de alimentación, semiconductores, refinerías, automoción, químicas, farmacéuticas, papel, transporte y muchas más. InTouch® fue seleccionado para complementar el proceso de producción del tunel bajo el Canal de la Mancha y ahora supervisa y controla el tráfico a través de él. InTouch® fue ampliamente utilizado en la monitorización de experimentos de la lanzadera espacial de la NASA. En Venezuela se encuentra en la mayor fábrica de cristal del mundo. Eastman Kodak lo usa en el empaquetado de cámaras de rayos-x en su departamento de acabados de productos dentales. InTouch® se usa en las minas de metal en Sudáfrica, en la producción de vitamina-C en China o en la producción de camiones y automóviles en EEUU, Suecia y Alemania.

3.6.2. Características y Prestaciones

- Gráficos orientados a objetos
- Animación de Objetos
- ActiveX

- SuiteLink / OPC
- Gráficos de Tendencia Históricos y a Tiempo Real
- Alarmas
- Programación
- Seguridad
- Actualización de lecturas/escrituras optimizada
- Generación de Informes Personalizados y Documentación
- Aplicaciones en Red
- Soporte Técnico

3.6.3. Inicialización del software

Una vez instalado el software iniciamos In Touch desde Windows Xp



Figura 3.56.b. Pantalla principal de In Touch WindowViewer

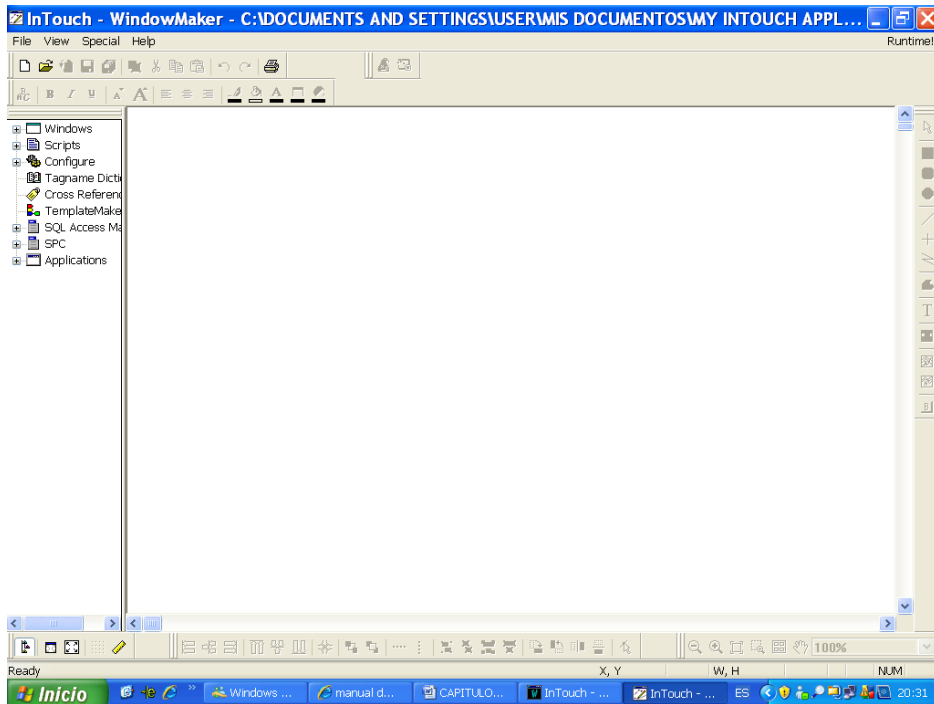


Figura 3.57. Pantalla principal de In Touch WindowMaker

Una vez que nos encontramos en la pantalla principal damos un click en Archivo (File), New y creamos una nueva ventana

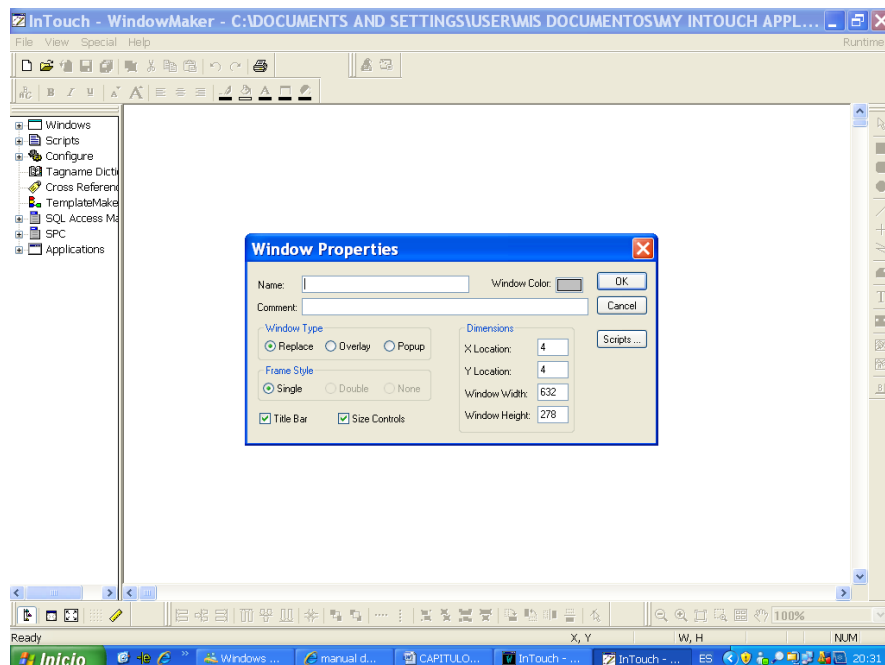


Figura 3.58. Propiedades de la nueva ventana

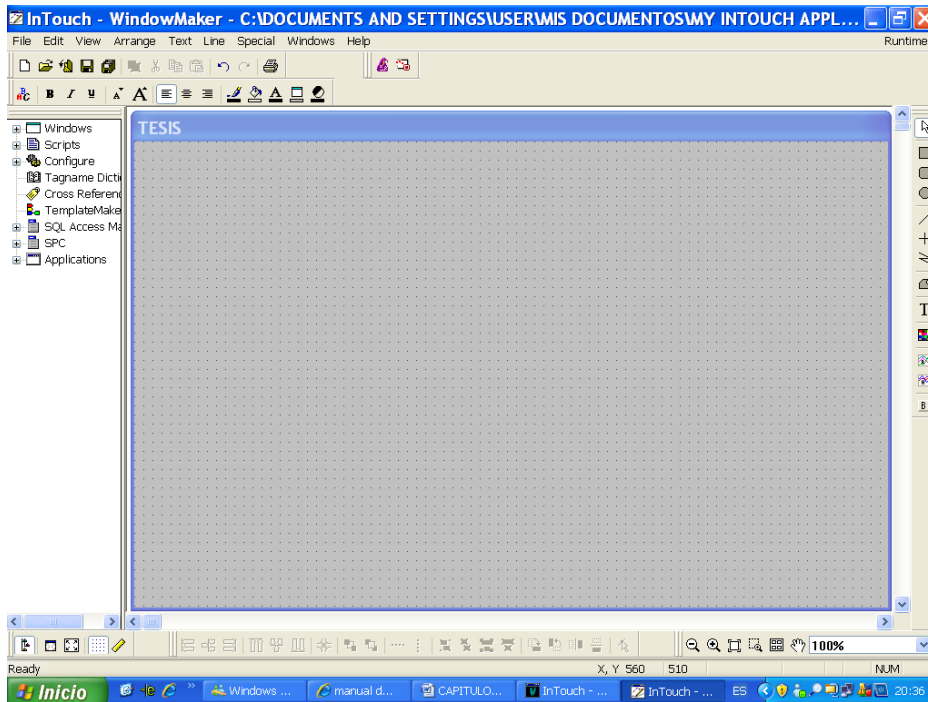


Figura 3.59. Creacion de la nueva Ventana

Una vez creada la nueva ventana procedemos a sacar todos los elementos que vamos a utilizar para simular los procesos

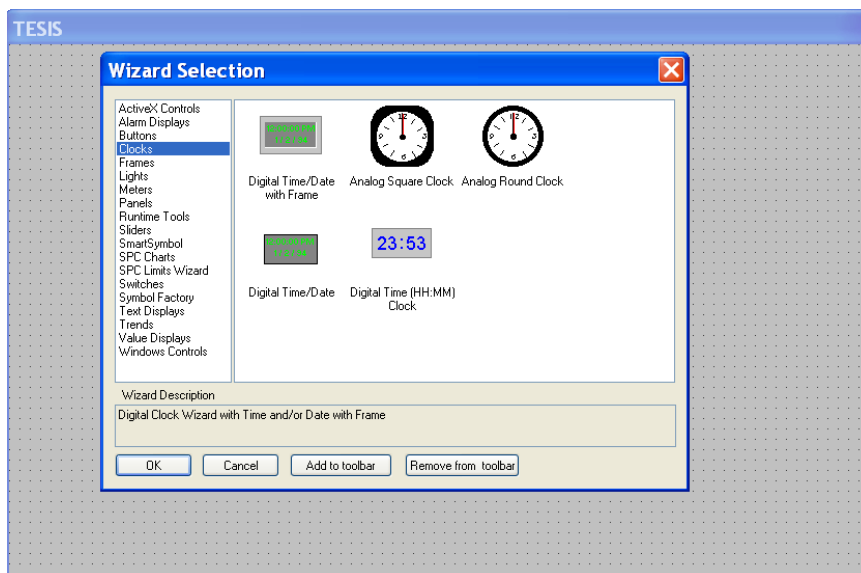


Figura 3.60. Selección de los elementos

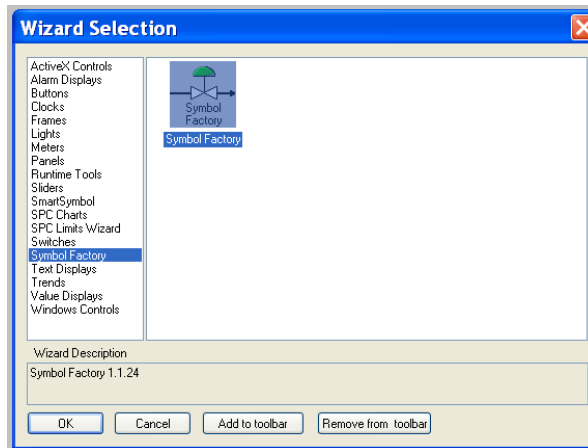


Figura 3.61. Selección de los elementos de fábrica

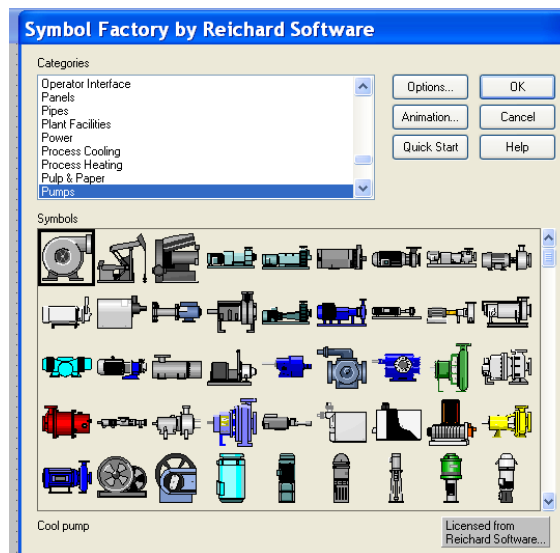


Figura 3.62. Simbolos de frabrica

Una vez seleccionados todos los simbolos y elementos que nos ayudaran para la simulacion de los diferentes procesos procedemos a realizar la programacion en los scripts de aplicaci3n

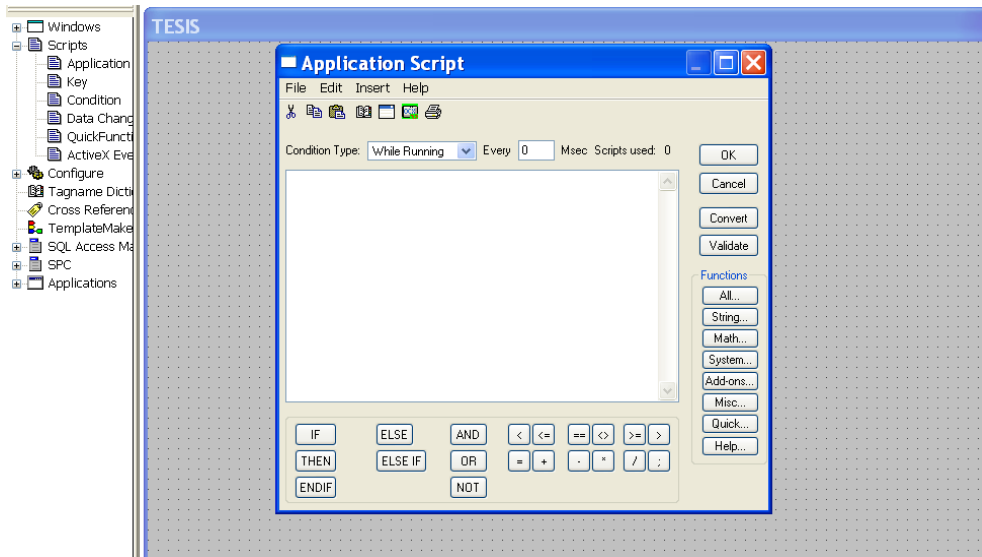


Figura 3.63. Scripts de aplicación

A continuación procedemos a crear los tads de aplicación de cada una de las variables utilizadas en los procesos

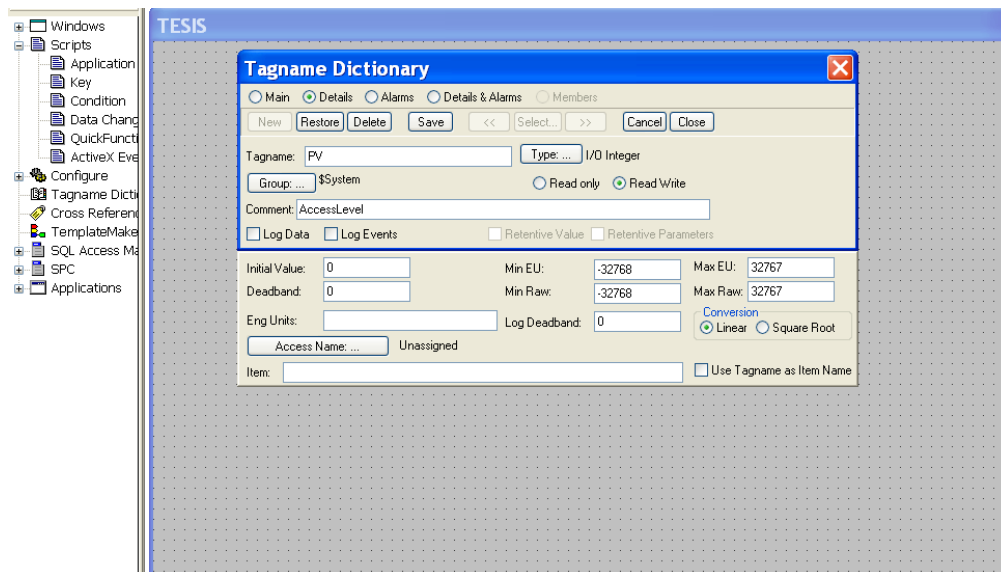


Figura 3.64. Creación de tags de aplicación

Para la simulación de nuestra pantalla bastará con dar doble click sobre el simbolo o elemento que se desea animar

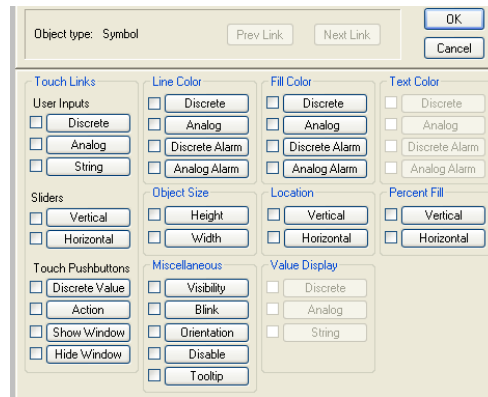


Figura 3.65. Propiedades de los simbolos

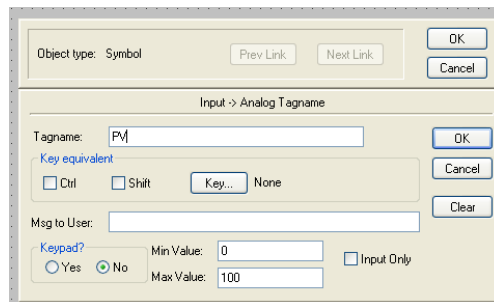


Figura 3.66. Selección del tag de los simbolos

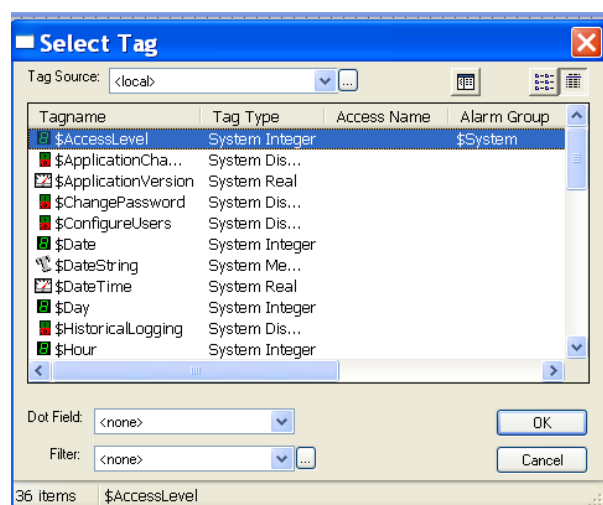


Figura 3.67. Lista de tags

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Mediante la utilización del Software Intouch de Wonderware conseguimos la centralización de todas las estaciones de procesos del Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos para su Monitoreo y Supervisión
- El cable Hart USB nos permite la comunicación PC-Red HART con lo cual obtenemos todas las variables del proceso que nos servirán para la Supervisión, monitoreo y calibración de las estaciones de procesos las mismas que las hemos tomado directamente de la Red HART con la ayuda de un OPC HARTServer el mismo que fue integrado al OPC KeepServer para escribir dichas variables de procesos en el PLC KOYO DL-06
- La configuración remota de cada uno de los dispositivos de campo fueron realizadas mediante el software PactWare el mismo que nos permite comunicarnos con cada uno de los dispositivos optimizando de esta manera el tiempo que nos llevaría realizar esta acción en cada uno de los dispositivos manualmente
- Mediante la utilización e integración de los diferentes software se elimino la utilización de los calibradores manuales (externos) y por consiguiente la reducción considerable de tiempo y dinero

4.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar de preferencia cada uno de los software con licencia para obtener todas las prestaciones y que éstos no estén limitados en su uso
- Realizar las pruebas necesarias hasta obtener una sintonización fina y precisa del Control PID, caso contrario estos errores de sintonización pueden afectar gravemente en el control de cada uno de los procesos
- Sincronizar las velocidades de todos los dispositivos para no tener problemas en el momento de comunicarse entre ellos
- Revisar las direcciones de cada uno de los transmisores Smart de la Red HART para que no existan conflictos entre ellos al momento de agregar los dispositivos en el OPC HARTServer

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- <http://www.texca.com/hart.htm>
- <http://www.forosdeelectronica.com/f12/funcionamiento-protocolo-hart-2721/>
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=95&edi=36>
- http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/XXII/documentos/A_03_IC.pdf
- http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.analogservices.com/about_part1.htm&rurl=translate.google.com.ec&usg=ALkJrhi7b3ixtLIKcLmr9ldkF0RZnn0Vw#Overview: HART and The Conventional Process Loop
- <http://www.texca.com/hart.htm>
- DUPERUT, Gabriel, FUNDAMENTOS DE COMPUTACIÓN Y COMUNICACIONES. 3ra edición. Abril 2003.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Factores_de_la_comunicaci%C3%B3n
- http://www.dav.sceu.frba.utn.edu.ar/homovidens/gomezgomez_paz/PROYECTIN/PAGINA/index.htm
- <http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-completo-instrumentacion-industrial/232-transmisores-y-valvulas-inteligentes-en-la-actualidad.html>
- BELA G Liptak. (1972) Instrumenst Engineers' Handbook. De Cihilton Book Co. USA
- KASCHEL C. Héctor, "Análisis del Estado del Arte de los Buses de Campo Aplicados al Control de Procesos Industriales", Santiago de Chile, 2009

ANEXO A

GLOSARIO

CommDTM (Communication Device Type Manager)

Un componente de software que deberá existir para cada protocolo de comunicación que se utilice en un proyecto (por ejemplo HART, Profibus). En la estructura del proyecto se asigna el CommDTM a todos los otros DTM que se utilizan para los dispositivos de campo, sistemas de E/S a distancia o multiplexers.

DTM (Device Type Manager)

Un componente de software que lleva a cabo el parametraje, la configuración, la calibración o la prueba de los dispositivos de campo según el tipo de los mismos. Un DTM puede disponer de un interfaz gráfico de usuario. Si el DTM se desarrolla según la especificación FDT, podrá integrarse en engineering tools, sistemas de mando o programas de configuración como PACTware.

La DTM Style Guide del FDT Group (www.fdt-group.org) describe el diseño de la interfaz gráfica de usuario y la utilización de un DTM.

FDT (Field Device Tool)

En la especificación de FDT del FDT Group (www.fdt-group.org) se describe la manera como se comunica un DTM con una aplicación básica. Se describen detalladamente todas las interfaces entre el DTM y la aplicación básica.

Gateway DTM (Gateway Device Type Manager)

Gateways son un tipo especial de dispositivos a los cuales pueden estar conectados varios dispositivos de campo. Los multiplexers o los sistemas

de E/S a distancia son dispositivos típicos de esta clase. Además de poder retransmitir los protocolos de comunicación, los gateways pueden contener módulos adicionales. Los gateways se pueden disponer también en modo de cascada.

ANEXO B

MAPA DE MEMORIA DEL PLC

KOYO DL-06

Mapa de memoria del PLC DL06

Tipo de memoria	Referencia de memoria discreta (octal)	Referencia de palabra (octal)	Decimal	Símbolo
Puntos de entradas	X0 - X777	V40400 - V40437	512	X0
Puntos de salidas	Y0 - Y777	V40500 - V40537	512	Y0 -()
Relevadores de control	C0 - C1777	V40600 - V40677	1024	C0 C0 -()
Relevadores especiales	SP0 - SP777	V41200 - V41237	512	SP0
Temporizadores	T0 - T377	V41100 - V41117	256	TMR T0 K100
Valores corrientes de temporizadores	Ninguna	V0 - V377	256	V0 K100
Bits de estado de temporizadores	T0 - T377	V41100 - V41117	256	T0
Contadores	CT0 - CT177	V41140 - V41147	128	CNT CT0 K10
Valores corrientes de contadores	Ninguna	V1000 - V1177	128	V1000 K100
Bits de estado de contadores	CT0 - CT177	V41140 - V41147	128	CT0
Palabras de datos (Vea Apéndice F)	Ninguna	V400-V677 V1200 - V7377 V10000 - V17777	192 3200 4096	Ninguno específico, usado con muchas instrucciones.
EEPROM de palabras de datos (Vea Apéndice F)	Ninguna	V7400 - V7577	128	Ninguno específico, usado con muchas instrucciones. Datos pueden ser escritos a EEPROM por lo menos 100,000 veces antes de fallar.
Etapas	S0 - S1777	V41000 - V41017	1024	βG S001 SP0
Remote I/O (no es apoyado por ADC)	GX0-GX3777 GY0-GY3777	V40000-V40177 V40200-V40377	2048 2048	GX0 GY0 -()
Parámetros de sistema	Ninguna	V700-V777 V7600 - V7777 V96000-V37777	64 128 1024	Ninguno específico, usado para varios propósitos

ANEXO C

ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL PLC

KOYO DL-06

ESPECIFICACIONES BÁSICAS DEL PLC KOYO DL-06

Características de función PID	Especificaciones
Número de lazos	Seleccionable, 8 lazos
Memoria necesaria	Necesita 32 palabras por lazo, 64 si se usa ramp/soak
Algoritmo PID	Modo de Posición o Velocidad
Polaridad de la CV	Seleccionable entre acción Directa o Inversa
Curvas de error	Seleccionable como error lineal, raíz cuadrada del error o error al cuadrado
Tasa de actualización del cálculo PID	0,05 a 99,99 segundos
Tasa mínima de actualización de lazos	0,05 segundos en 1 a 4 lazos, 0,1 segundos en 5 a 8 lazos
Modos de operación	Automático, manual (control por el operador) o en cascada
Generador Ramp/Soak	Hasta 8 etapas de ramp/soak (16 segmentos) por lazo
Curvas de PV	Seleccionable como lineal o raíz cuadrada (para entrada de flujo)
Límites de señal de referencia	Se puede especificar los valores límites mínimos y máximos de la señal de referencia
Límites de PV	Se puede especificar los valores límites mínimos y máximos del valor PV
Ganancia	En el rango de 0,01 hasta 99,99
Valor RESET (integral)	Rango de 0,1 hasta 999,8 en segundos o minutos
Ganancia derivativa	Rango de 0,01 hasta 99,99 segundos
Límites de derivativa (rate)	Ganancia derivativa de 1 a 20
Transferencia de salto I	Automáticamente inicializa el bias y la señal de referencia cuando el control cambia de manual a Automático.
Transferencia de salto II	Automáticamente hace el bias igual a la salida de control cuando el control cambia de manual a Automático.
STEP Bias	Proporciona ajuste proporcional de tendencia para cambios grandes de señal de referencia
Anti-windup	Para el modo de posición de PID, esta función inhibe la acción de integrador cuando la salida de control alcanza 0% o 100 % (acelera la recuperación del lazo cuando la salida se recupera de la saturación)
Error de banda muerta	Especifica una tolerancia (más y menos) para el término de error (SP-PV), de modo que no haya cambio en el valor de salida de control

Características de alarma	Especificaciones
Banda muerta	Rango de 0,1 hasta 5% de banda muerta de alarma en todas las alarmas
Puntos de alarma PV	Configuración de alarmas PV Low-Low, Low, High y High-High
Desvío de PV	Configuración de alarmas en 2 rangos de desvío desde la referencia
Tasa de cambio	Detecta cuando el PV excede un límite de tasa de cambio

ANEXO D

LOCALIDADES DE MEMORIA UTILIZADAS

EN EL PLC KOYO DL-06

Tabla de localidades de memorias utilizados en el PLC KOYO DL-06 para el PID

Tabla 1. Localidades de memoria en el PIC para el PID de Temperatura

PID TEMPERATURA	
SPT	V2002
PVT	V2200
SALIDAT	V2005
KPT	V2010
KIT	V2011
KDT	V2012

Tabla 2. Localidades de memoria en el PIC para el PID de Presión

PID PRESIÓN	
SPP	V2042
PVP	V2210
SALIDAP	V2045
KPP	V2050
KIP	V2051
KDP	V2052

Tabla 3. Localidades de memoria en el PIC para el PID de Nivel

PID NIVEL	
SPN	V2102
PVN	V2220
SALIDAN	V2105
KPN	V2110
KIN	V2111
KDN	V2112

Tabla 4. Localidades de memoria en el PIC para el PID de Flujo

PID FLUJO	
SPF	V2142
PVF	V2230
SALIDAF	V2145
KPF	V2150
KIF	V2151
KDF	V2152

ANEXO E

RED HART FÍSICA

FOTOS DEL TRABAJO REALIZADO

Estaciones de proceso conectadas a la Red Hart; controladas por un equipo maestro (PC-PLC)



Figura 1. Configuración, monitoreo y supervisión de la Red HART



Figura 2. Red HART de transmisores inteligentes SMART



Figura 3. Conexiones en el PLC con sus respectivos módulos



Figura 4. Cable USB-HART

Latacunga, abril de 2011

ELABORADO POR:

David Salazar J.
CI: N°.- 050270257-4

Ángel Zambrano J.
CI: No.- 050314764-7

APROBADO POR:

Ing. Armando Álvarez S.
DIRECTOR LA CARRERA DE ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO POR:

Ing. Eduardo Vásquez A.
SECRETARIO ACADÉMICO