

## TUTORIAL DE FIELDBUS

Ing. Guillermo Tejada Muñoz  
d270031@unmsm.edu.pe

*Profesor de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad  
Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú.*

**Resumen :** Con la aparición de instrumentos, conocidos como inteligentes, que utilizan el protocolo digital *FIELDBUS* para la comunicación de sus datos entre ellos, esta siendo posible reemplazar progresivamente, a los instrumentos que utilizan el padrón analógico de 4-20 mA. El presente artículo presenta una visión de las características técnicas de los protocolos *FIELDBUS* más importantes; además de la disputa entre ellos por convertirse en protocolos *De facto* y los esfuerzos que el comité IEC/ISA esta haciendo para establecer un protocolo abierto *De Juri* que permita a todos los fabricantes producir instrumentos compatibles entre ellos.

**Abstract :** With the apparition of instruments, known as intelligents, which using the *FIELDBUS* digital protocol in order to communicate data between them, it is being possible replace to the instruments which using the 4-20 mA analogous standard. This article present the characteristics technique of the more important *FIELDBUS* protocols, the dispute between them for converting in *De facto* protocols and the effort the IEC/ISA comity is doing for establishing a *De Juri* open protocol in order to permit that all manufactures build instruments compatibles between them.

**Palabras claves :** *FIELDBUS*, IEC/ISA SP50, *PROFIBUS*, *FIP*, *FIELDBUS* Foundation, *ISP*.

### I. DEFINICIONES DE FIELDBUS

*FIELDBUS* es básicamente un nuevo protocolo de comunicación de datos digitales que será utilizada en la industria para substituir la norma de transmisión analógica de 4-20 m.A.

*FIELDBUS* describe una nueva red de comunicación digital, bidireccional, multipunto de *bus* serial usada para enlazar dispositivos de campo, tales como controladores, transductores, actuadores y sensores. Para esa red nuevos dispositivos *FIELDBUS*, llamados dispositivos inteligentes, están siendo construidos con microprocesadores capaces de procesar algoritmos PID, ejecutar funciones tales como autodiagnóstico, mantenimiento, así como de proveer capacidad de comunicación bidireccional. Parte del objetivo del protocolo autoriza a los dispositivos inteligentes asumir el control del proceso en el nivel de instrumentación, dando como resultado la creación de una tecnología que simplifica el control de los procesos y la automatización de la manufactura. ([ Chatha, 1994], [Coutinho, et all. , 1994] )

*FIELDBUS* esta diseñada para medir y controlar procesos montados en ambientes severos de la fábrica y proveer un enlace común entre los PLCs y sus procesadores remotos de Entrada/Salida. Esa combinación de

servicios permite al FIELDBUS ser el común enlace entre los sistemas de control distribuido y los PLCs comúnmente encontrados en procesamientos *batch* y la automatización de la manufactura. [Caro, 1996]

Formalmente, existen tres importantes especificaciones del protocolo, los cuales son: el protocolo IEC/ISA SP50, el FIP y el PROFIBUS, los cuales están diseñados sobre la base de tres o cuatro capas de las siete que especifica el modelo de la ISO/OSI (*International Standard Organisation/Open System Interconnect* ISO). En estos protocolos la diferencia principal se encuentra en la capa de Enlace, también conocido como el *Data Link Layer* (DLL) que define el acceso de los datos al medio físico distribuido. Basándose en esta diferencia estos protocolos pueden ser divididos en dos categorías: centralizada (usada nos protocolos IEC/ISA y FIP) y distribuida (PROFIBUS). [Cavaliere, et al. , 1995]

## II. VENTAJAS DEL FIELDBUS

Las implementaciones de automatización con instrumentos de protocolo FIELDBUS ofrecen muchas ventajas, las principales de ellas son: la economía de instalación, de mantenimiento y el mejoramiento de su desempeño.

### 2.1 Economía de Instalación

Una de las principales características de implementaciones con instrumentos FIELDBUS es el empleo reducido de número de cables. Cada instrumento digital del proceso requiere apenas de un cable para ser unido al cable (*bus*) principal, exigiéndose menos trabajo y costo de instalación que el sistema de cableado convencional realizada con instrumentos análogos, se disminuye la documentación, resultando una implementación más simple, menos compleja y más rápida.

### 2.2 Economía de Mantenimiento

Debido que la implementación es menos compleja, será posible detectar fácilmente todos los instrumentos y la comunicación entre ellos, permitiendo descubrir la fuente de cualquier falla, disminuyendo el tiempo de depuración sistema, además de permitir realizar en cada dispositivo diagnósticos on-line, tales como: detección de cables abiertos, mantenimiento preventivo y calibración del instrumento. Por otro lado, los valores de las medidas del proceso estarán disponibles en el mismo instrumento. ([Pierson, 1994],[Coutinho, et al., 1995] )

### 2.3 Mejoramiento del desempeño

El desempeño del sistema aumenta debido al hecho que los algoritmos y procedimientos del control del proceso, podrán estar ahora en el nivel de instrumentación, configurándose un sistema de control distribuido.

Principalmente, para procesos grandes el tiempo de respuesta del sistema distribuido es menor que el de una implementación análoga del mismo tamaño, permitiendo incrementar aun más su crecimiento sin comprometer la respuesta en tiempo real del sistema. Con este tipo de tecnología se obtiene gran desempeño, flexibilidad de crecimiento, garantizando tiempo real de respuesta y la capacidad de procesar gran cantidad de información. [Tejada, 1998]

## III. DESVENTAJAS DEL FIELDBUS

La confiabilidad de una implementación distribuida con instrumentación digital FIELDBUS es menor que la confiabilidad de una tradicional analógica, debido que en la implementación distribuida existe mayor volumen de hardware, lo que representa una mas alta probabilidad de falla.

Los costos de inversión de una implementación con instrumentos FIELDBUS es en general mucho mayor que los costos de una implementación con instrumentos tradicionales. La gran inversión solo se justifica si el tamaño del proceso es grande o si existe la perspectiva para un gran crecimiento. [Tejada, 1998]

#### IV. GRUPOS DEFENDIENDO LOS PROTOCOLOS

Dos cuerpos de padrones conocidos como la Comisión Internacional de Electrotécnica (IEC) y la Sociedad Internacional de Medidas y Control Americana (ISA) están trabajando en un protocolo internacional conocido como IEC/ISASP50. Este protocolo permitirá a los fabricantes de todo el mundo producir instrumentos FIELDBUS compatibles entre ellos para aplicaciones industriales. Muchas importantes compañías están agrupadas apoyando el surgimiento de este protocolo internacional, mientras que otras se han constituido en grupos de ruptura. Así tenemos:

EL WorldFIP (*World Factory Instrumentation Protocol*) conformada por compañías francesas y americanas que basan la fabricación de sus productos en el padrón francés conocido como NFC 46-600 o FIP.

EL ISP (*The Interoperable System Project*) conformada por compañías americanas, alemanas y japonesas que basan la fabricación de sus productos en el padrón alemán DIN STD 19245, conocido como PROFIBUS.

EL FIELDBUS Foundation (FF) conformado por la ISP y el sector de compañías americanas de la WORLDIFIP, las cuales desde 1993 están unidas apoyando los trabajos del comité IEC/ISA.

Todo el segmento de la WorldFip (compañías francesas y americanas) y la FF han declarado fabricar sus productos con la norma internacional cuando ella finalmente sea decretada.

Por otro lado, el PROFIBUS-ISP, conformado por PROFIBUS y un sector de compañías de la ISP desde 1994 han constituido un grupo de ruptura y han anunciando la fabricación de sus propios productos. ([Furness, 1994], [Coutinho, et al., 1995] )

Actualmente, el protocolo internacional esta casi listo para su aprobación y para convertirse en una norma en los Estados Unidos (ANSI), pero esta siendo retrasado por intereses políticos de algunas compañías dentro de la IEC. Por otro lado, la CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*) han declarado al WORLDIFIP, PROFIBUS y otro protocolo conocido con el nombre de PNET como los protocolos intermediarios para Europa hasta la definición del emergente protocolo IEC/ISA.

#### V. CARACTERISTICAS TECNICAS DOS PROTOCOLOS

A continuación se presenta algunas de las características más importantes de los protocolos PROFIBUS, FIP y IEC/ISA SP50.

##### 4.1 PROFIBUS [Vita, 1996]

PROFIBUS ha sido desarrollado basado en tres de las siete capas del modelo ISO/OSI (*International Standard Organisation/Open System Interconnect*), la capa 1 del PROFIBUS está basado en el padrón RS485, en esta capa se especifica el uso de un cable trenzado con blindaje o sin él dependiendo del ambiente de operación.

Recientemente el padrón ha sido extendido para cable de fibra óptica permitiendo transmisiones para distancias en el orden de quilometros con gran inmunidad al ruido. Para procesos Industriales, la versan PROFIBUS-PA basada en el padrón internacional IEC1158-2, ofrece operaciones intrínsecamente seguras.

Hasta 32 estaciones de cualquier tipo pueden comunicarse en un *bus* de cobre a través de una distancia de 1.2 Km, o hasta 127 estaciones con repetidores a través de una distancia de 4.8 Km. Dependiendo de las distancias pueden ser usadas frecuencias nominales desde 9.6 kbaud hasta 12 Mbaud.

La segunda capa del modelo OSI define la manera como los instrumentos controlan el acceso al *bus* y como los mensajes pueden ser transferidos y ejecutados. Para este objetivo, el acceso al medio incluye el método de comunicación *token passing* entre estaciones Maestras y una comunicación entre una estación Maestra con estaciones Esclavas (comunicación híbrida).

En este sistema híbrido es configurado un anillo lógico entre las estaciones Maestras, dando para cada estación acceso exclusivo al *bus* a través de un *token*. Mientras, la estación Maestra mantiene el *token*, puede comunicarse con otras estaciones Maestras y con sus Esclavas, tales como actuadores y sensores. En principio,

solo una estación Maestra puede iniciar las comunicaciones enviando información para los dispositivos Esclavos y solicitando una respuesta, excepcionalmente, los Esclavos también pueden enviar mensajes no solicitados, por ejemplo, la activación de una alarma. La figura 1, muestra esta característica de comunicación, donde la estación Maestra A entrega para la estación B el *token*, B tiene un tiempo predefinido para comunicarse con las otras estaciones Maestras (A, C, D) o con sus Esclavas (B1, B2, B3) [comunicación Híbrida], cuando B finaliza su tarea, o proceso continua entregándose el *token* para la estación Maestra siguiente (C).

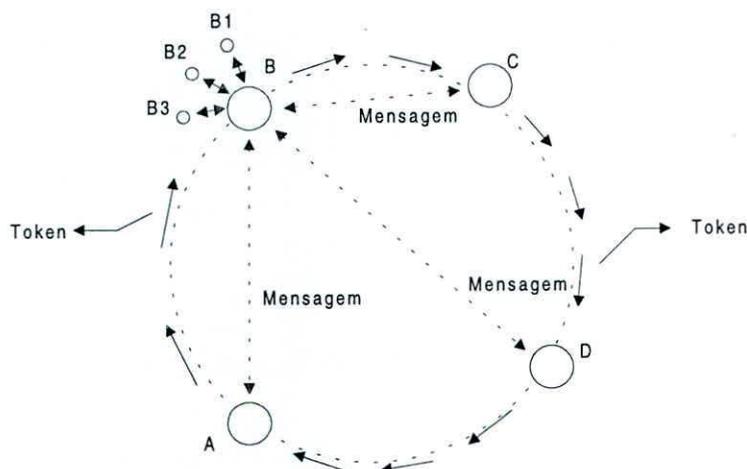


Figura 1 - Comunicación de datos del protocolo PROFIBUS

La última capa de la OSI, llamada de Aplicación, es responsable por la interface del usuario (para esta capa el usuario es el programa de aplicación) con la capa 2 o de Enlace. La capa de Aplicación del PROFIBUS varía de acuerdo a la aplicación de los instrumentos, de acuerdo a esto existe: el protocolo PROFIBUS -FMS, el PROFIBUS - DP, y el PROFIBUS - PA.

#### 4.11 PROFIBUS – FMS [Silva, 1996], [Volz, 1996]

La capa de Aplicación del protocolo PROFIBUS-FMS está dividida en dos subcapas, las cuales son:

- La subcapa *Fieldbus Message Specification* (FMS) y
- La subcapa *Lower Layer Interface* (LLI).

Donde, la subcapa FMS se caracteriza por describir los objetos de comunicación y los servicios de aplicación que permitan la comunicación entre los dispositivos. Esta capa es una versión del protocolo *Manufacturing Message Specification* (MMS) y del *Manufacturing Automation Protocol* (MAP), intentando inclusive mantener una compatibilidad con este último.

La subcapa LLI corresponde al agrupamiento y condensamiento de los servicios de las capas 3, 4, 5 y 6 del modelo de la ISO. La capa LLI es responsable por las siguientes tareas:

- Mapear los servicios de la subcapa FMS en los servicios ofrecidos por la subcapa FDL;
- Establecer, supervisar y cerrar una conexión;
- Controlar el flujo de informaciones.

#### 4.12 PROFIBUS - DP [Vita, 1996]

Este diseñado para aplicaciones donde el tiempo real de control es una obligación. Así, por ejemplo, solo necesita de 6 mseg. para transmisiones sobre 32 estaciones de 512 bits de datos de entrada y salida distribuida.

Para alcanzar este nivel de desempeño el PROFIBUS-DP omite la capa 7 del modelo OSI y mapea la interface del usuario directamente de la capa 2 a través de un Mapeador Directo de Enlace (DDL). Además, es posible implementar el FMS y el DP dentro de un mismo sistema y dispositivo. Así, por ejemplo, puede emplearse FMS para configurar los parámetros de un dispositivo (ejemplo, un regulador durante el arranque) cambiando a DP para tiempos críticos de transferencia de datos una vez que el sistema esta en operación.

#### 4.13 PROFIBUS -PA [Vita, 1996]

Es el resultado del trabajo del Proyecto de Sistema Interoperable (ISP) basada en el PROFIBUS pero con características adicionales que se requieren para el control de procesos, en particular, la capa física está implementado de acuerdo con el estándar internacional IEC 1158-2 para una transmisión totalmente segura, mientras que la capa 2 es un superconjunto funcional del protocolo alemán DIN 19245. Como resultado de esto, los componentes PROFIBUS pueden ser conectados para redes PA con un simple repetidor. En la capa 7 PROFIBUS-PA implementa las mismas funciones como el PROFIBUS-FMS, permitiendo el uso de dispositivos especiales desarrollados por el ISP y basados en los conceptos de bloques funcionales y Lenguaje ISP de Descripción del Dispositivo.

## VI. PROTOCOLO FIP

EL Protocolo para la Instrumentación de la Fábrica (*Factory Instrumentation Protocol*, FIP) es una reunión de padrones con el objetivo de solucionar las necesidades de comunicación en el nivel de instrumentación de la manufactura. El estándar fue desarrollado por la *French National Association for Standardization* basado en el modelo OSI de la ISO, reducido a tres capa: física, enlace y de aplicación, donde la transferencia de datos es centralizada; una estación llamada Maestra, Arbitro del *bus* el *Bus Schedule*, controla el acceso al medio de comunicación.

EL intercambio de variables es realizado en dos fases, como se muestra en las figuras 2 y 3, respectivamente, en la primera, la estación Maestra envía una solicitud para el productor  $P(x)$ , enviando un *ID-frame*, en la segunda el productor responde transmitiendo la variable *VAR-frame* a todos los consumidores  $C(X)$ . El *ID-frame* posee dos campos el primero es reservado para identificar el tipo de *frame* y el segundo contiene el identificador, mientras en el caso del *VAR-frame* contiene el valor de la variable. [Raja et al., 1993]

Este mecanismo de transmisión está basado en el principio de transmisión instantánea de la variable para todos los dispositivos de la red. Este principio garantiza rapidez en la transferencia de la variable y comunica la identidad de una variable para todos los consumidores.

Antes de la transmisión de las variables, ellas deben ser identificadas por nombres, de permitiendo que la transmisión de una variable, la secuencia de transmisión y prueba se realicen mas fácilmente. Cada estación, puede ser un productor y/o consumidor de una o más variables.

En la red FIP, el *bus scheduler* o árbitro del *bus*, envía el nombre de la variable a la red. La red es configurada de tal modo que cada variable tiene solo un productor. Esta variable es utilizada y almacenada inmediatamente por los consumidores identificados por sus nombres.

El *bus scheduler*, después envía otro nombre de la variable y el mecanismo entre productores y consumidores se repite indefinidamente. Por este medio, el *bus scheduler* lee una tabla de variables periódicas correspondiente a un mecanismo de productor/consumidor predeterminado. La tabla es definida cuando la red es configurada y pueden existir muchas tablas con una de ellas activándose en cualquier momento, permitiendo cambios de estado del proceso. [FURNESS, 1994]

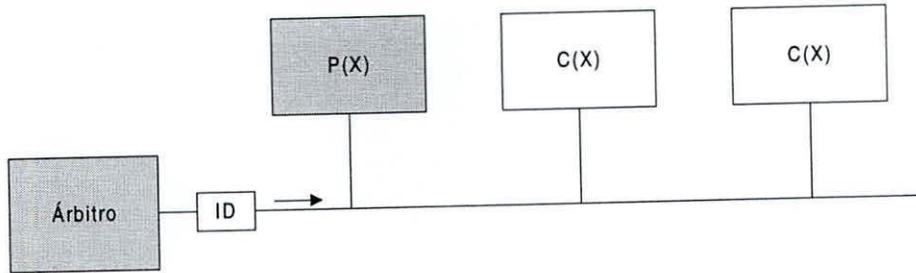


Figura 2 - Fase 1 en la comunicación FIP

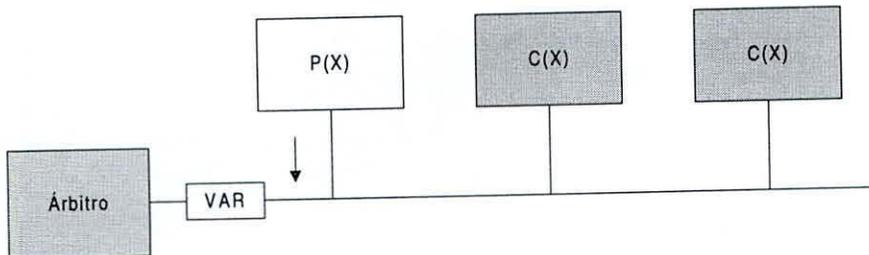


Figura 3 - Fase 2 en la comunicación FIP

Por otro lado, cuando una estación desea iniciar una comunicación asíncrona, antes de su turno o que no está en la configuración predefinida, puede anexar su solicitud y su identificador al *frame* que está finalizando una operación de actualización de la variable.

Cuando la comunicación síncrona es completada el árbitro procesa todas las solicitudes asíncronas recibidas, que serán atendidas de acuerdo con su prioridad; solicitará a la estación la lista de variables solicitadas, que posteriormente incluirá en la secuencia síncrona de la comunicación. [CENA et al. , 1994]

## VII. PROTOCOLO IEC/ISA SP50

La capa física fue diseñada para operar en una gran variedad de aplicaciones con una tasa de transmisión de datos ajustada al ancho de banda requerida por el servicio. Para el control de procesos, el protocolo IEC/ISA SP50 provee tasas de transmisión de baja velocidad (H1) y para la manufactura tasas de transmisión de alta velocidad (H2).

Este protocolo provee la integridad y la velocidad requerida para conectar dispositivos multiplexados de entrada y salida para los PLCs, configurando una red *backbone* confiable para múltiples dispositivos de control. [CARO, 1996]

La capa de enlace de datos SP50 se fundamenta en los paradigmas de *circulated token* y *scheduled access*, en ambos casos con un árbitro de *bus*, llamado de *Link Active Schedule* (LAS).

EL *schedule access* garantiza la transmisión del dato en el tiempo exacto, permitiendo intervalos de tiempo durante los cuales un mecanismo de pasaje de *token* puede ocurrir.

Así por un lado, existe un mecanismo de comunicación (*schedule traffic*) que garantiza una transferencia de datos en un tiempo preestablecido, con un árbitro de *bus* controlando la transmisión de datos de los otros transmisores; como es representado en la figura 4, donde el LAS obliga (*compel*) a la estación A (1) transmitir sus datos, que posteriormente serán distribuidos para los nodos D y C (2). En esa misma figura, se observa también, que en la segunda programación a ser completada, el LAS obliga al próximo nodo para la transmisión de esos datos (3).

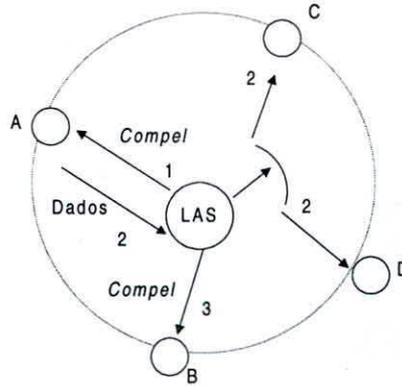


Figura 4 - Schedule traffic

Por otro lado, es también un mecanismo de comunicación (*circulated token*) que otorga para todos iguales posibilidades de transmitir libremente, cuando el árbitro del bus decide enviarles un *token*, como se representa en la figura 5, donde el LAS entrega el *token* para el nodo B (1), quien después de transmitir su mensaje para el nodo A (2) devolverá el *token* para el LAS (3). Finalmente, si el tiempo lo permite, el LAS podría entregar el *token* para el nodo C (4).

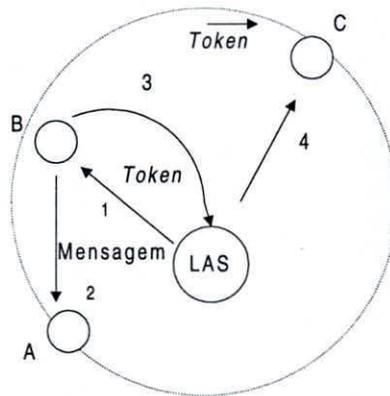


Figura 5 - Circulated token

EL árbitro del bus o el *Link Active Scheduler* (LAS), es elegido entre los nodos que posean la categoría de *Link Master* (LM); si por algún motivo el LAS falla, un *Link Master* puede, dependiendo de la prioridad preestablecida, asumir las funciones de LAS, de aquí deriva su nombre de *Active*.

El LAS circulará el *token* solo cuando ninguna comunicación del tipo *Schedule traffic* fuera necesaria; el *token* será devuelto al LAS, el cual, dependiendo del tiempo disponible, tomará la decisión de pasar el *token* para otro nodo o reasumirá el control de la comunicación programada (*schedule traffic*). [LEVITI, 1996]

Diferentes tipos de *tokens* son usados. Uno es llamado *Execute Transaction* (ET) el cual es usado para enviar un único *frame*. El otro es llamado *Execute Sequence* (ES) quien otorga a la estación una porción de ancho de banda para transmitir muchos *frames*. Otro *token* es el *Compel Data Frame*, el cual autoriza para la transmisión de una sola información, este *frame*, permite también, que una estación obligue a la otra transmitir información. El LAS gerencia la transmisión periódica de la información por medio de una tabla preestablecida conteniendo todas las transmisiones periódicas de acuerdo con el tamaño (llamada macrociclos) de la tabla.

Una estación puede solicitar por un ancho de banda adicional, colocando en el último período del *frame*, que esta transmitiendo, algunos *bits* apropiados (chamados *bits* "DD"); el LAS enviará a la estación un *token* ET, la cual responderá por medio de un *frame execute transaction* (ET) que contiene la solicitud de la transmisión asíncrona. La solicitud asíncrona será atendida por el LAS, cuando la estación no estuviera sirviendo el tráfico periódico. [Cavalieri et al., 1995]

La capa de Aplicación del protocolo IEC/ISA SP50 está basado en un subconjunto del protocolo MMS (*Manufacturing Messaging Services*) complementado con otros protocolos. En esta capa muchas de las

aplicaciones han sido escritas para protocolos antiguos, se ha intentado hacer un protocolo internacional compatible con los protocolos MAP y PROFIBUS. [Caro, 1996]

La capa del Usuario tiene por objetivo facilitar el funcionamiento de los instrumentos de la red; define la estructura de la base de datos que residirá en cada instrumento de control o medida. EL objetivo es permitir que diversos fabricantes puedan construir sus productos con algoritmos predefinido, requiriendo solo que la base de datos sea cargada para una configuración específica

La capa de Usuario y el protocolo IEC/ISA SP50 en general han incluido un conjunto de bloques funcionales para la aplicación del control de procesos. La inclusión de bloques funcionales dentro de la comunicación de datos ha servido para centralizar el trabajo en los requisitos típicos del usuario final en aplicaciones exigentes.

La principal contribución de la *Fieldbus Foundation* en esta capa es la definición de un lenguaje que permita que la estructura de datos de los dispositivos sea enviada a través de la red.

LA Gerencia de Red y Sistema, como en todas las redes padrones ISO/IEC, especifican la gerencia de las interfaces. El Sistema de Gerencia es necesario para establecer las preferencias de cada capa de la red.

Frecuentemente, las combinaciones de estas preferencias son agrupadas como *Profiles*, por ejemplo, son posibles *Profiles* de control de proceso, de automatización de la manufactura, de Supervisor Control y Adquisición de Datos (SCADA).

Uno de los primeros usos de la gerencia de la Red es monitorear las fallas, para que cualquier problema pueda ser corregido antes de empeorar. [Caro, 1996]

La Gerencia del Sistema es responsable por definir y mantener múltiples caminos redundantes para los mensajes dentro de la red. A través de la Gerencia del Sistema las fallas de la red pueden ser aisladas, diagnosticadas y generalmente evitadas por su monitoramiento continuo.

## VIII. CONCLUSIONES

Actualmente, tres de las principales capas del protocolo IEC/ISA SP50, la capa Física, la capa de Enlace de Datos y el de Aplicación, han conseguido convertirse en protocolos ISA/ANSI. Por otro lado, la mayoría de las compañías que integran la FIELDBUS Foundation están anunciando la venta de nuevos instrumentos inteligentes para el control de procesos basados en el emergente protocolo ISA/ANSI.

Debido que el protocolo Internacional IEC/ISA es una mezcla de las mejores características de los protocolos FIP y PROFIBUS, puede dar una idea de su mejor desempeño si fuera comparada separadamente con cada una de ellas. Así por ejemplo, en [Cavalieri, et all, 1995] son comparados las capas de enlace de los protocolos IEC/ISA SP50 y el PROFIBUS, concluyendo que IEC/ISA SP50 es capaz de soportar mejor las aplicaciones del tráfico de tiempos críticos, siendo más conveniente para el tráfico periódico gracias al uso de su tabla scheduling.

Por otro lado, es difícil pensar que un protocolo por decreto, como lo pretende ser el protocolo internacional, pueda imponerse en el mercado; las estadísticas demuestran que en el mercado se impone el producto que lo conquiste. Por este motivo, es de esperar los instrumentos fabricados con el protocolo *De Juri* tendrían que competir fuertemente con aquellos que están hace mucho tiempo en el mercado, tales como Hart, PROFIBUS, etc.

## REFERENCIAS

- CARO, R. H. **SP50 Chair: a perspectiva on fieldbus**. Intech, August, 1996, P. 2
- CAVALIERI, S.; DI STEFANO, A.; MIRABELLA, O. **Centralized versus distributed protocols for fieldbus applications**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONIC CONTROL AND INSTRUMENTATION, 21, Orlando, 1995, Proceedings. New York, IEE, 1995, vol 2, p 1580-5.
- CHATHA, A. **Fieldbus: the foundation for field control systems**. CONTROL ENGINEERING, v.41, p.77-80, May 1994.
- COUTINHO, J.; MARTIN, S.; SAMATA, G.; TAPLEY, S.; WILKIN, D. **Fieldbus tutorial**. Computer Systems Engineering at Curtin University of Technology in Western Australia: <http://rolf.ece.curtin.edu.au/~clive/Fieldbus/fieldbus.htm>; May, 1995.
- FURNESS, H. **Digital communications provides**. Control Engineering, v.41. p. 55-57, jan. 1994.
- LEVITI, P. **IEC/ISA Fieldbus DLL Tutorial**. Italian Electro-Technical Committee, Rev 02- 29 April, 1996, Pp. 1-54.
- PIERSON, L.L. **Broader FIELDBUS standarts will improve system functionality**. CONTROL ENGINEERING, pp. 58-59, November 1994.
- RAJA, P.; NOUBIR, G.; HERNANDEZ, J.; DOMINIQUE, J. **Analysis of polling protocols for fieldbus networks**. COMPUTER COMMUNICATION REVIEW, V. 23, N.3, p. 69-89, July 1993.
- SILVA, R. D.; **Comunicação de dados em ambiente industrial: um protocolo para automação e controle em tempo real**. São Carlos, SP, 1996. 190p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- TEJADA, M.G. **Comparação entre uma arquitetura distribuida e arquitetura centralizada no nível de instrumentação**. São Paulo, SP, 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- VITA. **A family of three fieldbuses solutions**. <http://Vita.Com/Mar96vj/Vjmar96.Html#Anchor1035783>. March, 1996, Pp. 14-17.
- VOLTZ, M. **PROFIBUS - Technical Overview/Hints and Tips**. <http://www.profibus.com/data/technic/index.html>, November, 1996