
INTRODUCCIÓN

En el área de las comunicaciones en entornos industriales, la estandarización de protocolos es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores.

Por ejemplo Fieldbus Foundation, Profibus y HART, están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio DeviceNet y SDC están optimizados para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.¹

La aceptación mundial de Ethernet en los entornos administrativos y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Ethernet se está moviendo rápidamente hacia el mercado de los sistemas de control de procesos y la automatización, para la interconexión a nivel de campo de sensores y actuadores, de esta forma reemplazando a los buses de campo en las industrias.

¹ Tomado de .Comunicaciones en entornos industriales., por Mario Distéfano. Visitar la dirección <http://fing.uncu.edu.ar/investigacion/institutos/IAEI/Cursos2.htm>.

Es posible que con los avances de Ethernet y la tecnología emergente Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control². Los buses de campo son una forma especial de LAN dedicada a aplicaciones de adquisición de datos y comando de elementos finales de control sobre la planta. Los buses de campo típicamente operan sobre cables de par trenzado de bajo costo. A diferencia de Ethernet, donde no se puede garantizar determinismo sobre la llegada de paquetes, los diseñadores optimizan los buses de campo para el intercambio de mensajes cortos de comando y de control con altísima seguridad y temporización estricta. En las aplicaciones industriales, Ethernet es usado en conjunto con el protocolo TCP/IP, universalmente aceptado. TCP/IP es el conjunto de protocolos usado en Internet, suministrando un mecanismo de transporte de datos confiable entre máquinas y permitiendo interoperabilidad entre diversas plataformas. Usar TCP/IP sobre Ethernet a nivel de campo en la industria permite tener una verdadera integración con la Intranet corporativa, y de esta forma se ejerce un estricto control sobre la producción³.

En esta investigación se pretende mostrar un estándar de instrumentación sobre ETHERNET, MODBUS/TCP⁴, para realizar la implementación de una red de

² Tomado de .Moving Ethernet to plant floors., por Sam Malizia. Visitar la dirección <http://www.isa.org/journals/ic/feature/1,1162,541,00.html>

³ Tomado de http://www.modbus.org/modbus_tcp_new.htm

⁴ El protocolo Modbus/TCP fue introducido por Schneider Automation. La especificación se encuentra disponible en <http://www.modicon.com/openmbus>.

control industrial capaz de ser accedida a través de Internet ó la Intranet local, usando los protocolos TCP/IP. El protocolo MODBUS/TCP es muy difundido por ser abierto, lo cual le permite la comunicación con gran diversidad de elementos industriales; es por eso que es de gran importancia trabajar sobre él, y además debido a que en nuestro medio no se encuentran desarrollos concernientes a este tema. La evolución de las tecnologías de la información, unida a la existencia previa de los sistemas de comunicación en planta, ha dado paso a la posibilidad de utilizar remotamente la información disponible del proceso permitiendo que los sistemas de producción sean más abiertos y flexibles. Es por ello por lo que la línea de investigación inicial ha evolucionado y ha centrado su interés en investigar las posibilidades de aplicación de este tipo de tecnologías en entornos industriales. La irrupción de las tecnologías Internet en el mundo industrial ha abierto nuevas posibilidades en las aplicaciones de diseño y producción industrial. Así, es clara la tendencia de los últimos años hacia la utilización de sistemas de control distribuidos cada vez más flexibles, fiables y potentes. Esta tendencia es una de las consecuencias de la introducción de las tecnologías de la información, ya que permiten incrementar la fiabilidad y la calidad del producto a la vez que asegurarán una producción eficiente. La tendencia actual en el desarrollo de los sistemas de control y supervisión de procesos industriales está orientada hacia una utilización cada vez mayor de sistemas de control distribuidos.

La introducción de este tipo de tecnologías en los procesos industriales aporta una serie de ventajas como son:

- Proporcionan las ventajas tradicionales de la programación orientada a objetos, entre las que cabe destacar la flexibilidad, modularidad, reusabilidad de código y escalabilidad de la aplicación.
- Permiten independizar la complejidad de la comunicación necesaria, de la funcionalidad de la aplicación requerida.
- Es posible reutilizar objetos ya diseñados en otras aplicaciones de forma independiente a su implementación concreta.
- Es posible modelar dispositivos físicos, si bien éstos deberían poseer un relativo grado de inteligencia.

Es aquí donde el vertiginoso desarrollo de las tecnologías Internet: navegadores, servidores Web, Java,..... Están siendo utilizadas para implementar el acceso seguro y controlado a los diferentes objetos definidos en la planta. Java podría ser una opción interesante debido por un lado a su integración con los navegadores de Internet, y por otra, a una de sus características más sobresalientes que es la independencia de la plataforma.

En general, se mostrará la metodología a seguir en el momento que un diseñador pretenda implementar un sistema de control distribuido con acceso a Internet/Intranet para ser accedido por cualquier usuario de la organización, dependiendo de su nivel de acceso y sus funciones dentro de ésta.

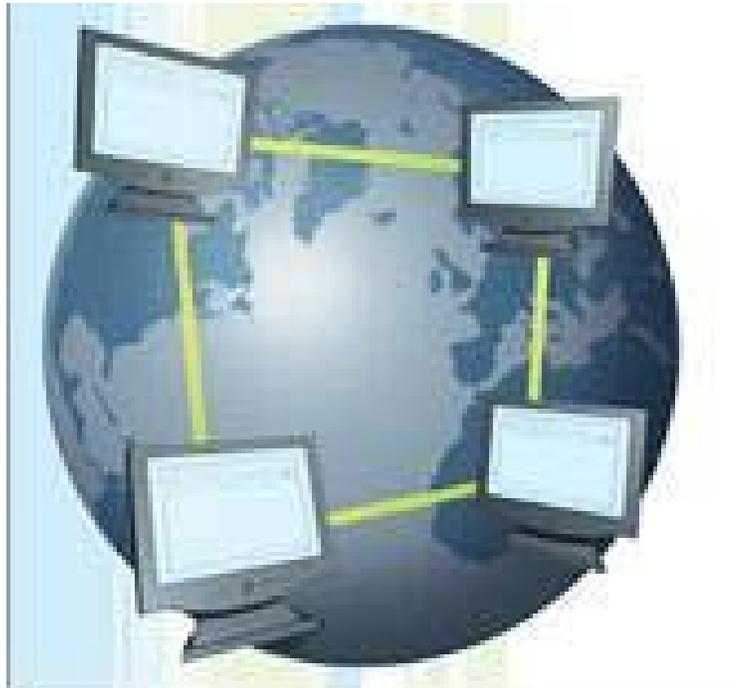
CAPITULO 1

Aplicaciones Industriales de Internet/Intranet

1.1. GENERALIDADES

1.2. QUE ES LA INTERNET/INTRANET

1.3. APLICACIONES EN LA INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL



1.1. GENERALIDADES⁵.

Las intranets son redes privadas que se han creado utilizando las normas y protocolos de Internet. Aportan la interfaz de exploración del World Wide Web (WWW) a la información y servicios almacenados en una red de área local (LAN) corporativa. Las intranets son atractivas por que disminuyen el costo de mantenimiento de una red interna y, al mismo tiempo, aumenta la productividad, ya que ofrece a los usuarios acceso más eficaz a la información y a los servicios que necesitan.

La Intranet esta basada en los estándares y protocolos abiertos desarrollados en Internet, como se menciona anteriormente. Estos estándares abiertos soportan aplicaciones y servicios como correo electrónico (e-mail), trabajo en grupo (work group), servicio de directorio, seguridad, acceso a bases de datos, y además se puede compartir la información y la administración del sistema. La Intranet se beneficia del esfuerzo de la industria entera y no de un solo fabricante. La mayoría del software que se utiliza en la Intranet es estándar: Software de Internet como el Netscape, Navigator y los navegadores Explorer para Web de Microsoft. Y los programas personalizados se construyen frecuentemente usando el lenguaje de programación de Java, que es una programación orientada a objetos.

⁵ Parte de texto fue extraído de <http://www.monografias.com/trabajos6/sein/sein.shtml>

Las Intranets también se pueden utilizar para permitir a las empresas llevar a cabo transacciones de negocio a negocio como: hacer pedidos, enviar facturas, y efectuar pagos. Para mayor seguridad, estas transacciones de Intranet a Intranet no necesitan nunca salir a Internet, pero pueden viajar por líneas alquiladas privadas. Son un sistema poderoso para permitir a una compañía hacer negocios en línea, por ejemplo, permitir que alguien en Internet pida productos. Dada la gran cantidad de datos que genera cualquier empresa, se están quedando obsoletos los actuales métodos de inserción y consulta de datos. Una intranet puede resolver estos y otros problemas. En la figura 1, se observa los elementos que permite una Intranet en una empresa.

Figura 1. Elementos que permite una Intranet en una empresa.



Se aprovechará también la potencia de una intranet para tener acceso rápido a cualquier documento de la empresa, siempre que se tenga el nivel de privilegios adecuado. Esta es otra de las ventajas de una intranet, su seguridad. Solo tendrán acceso a los recursos aquellos empleados que lo necesiten realmente. Siguiendo con la potencia y velocidad de acceso a datos de una intranet, el tiempo empleado en realizar cualquier búsqueda de datos de cualquier departamento de la empresa se reduce considerablemente, por lo que la productividad de la empresa mejora.

1.2. QUE ES LA INTERNET/INTRANET.

Ya se conocen en el mundo actual, el gran desarrollo que tiene INTERNET, volviéndose necesario en cualquier parte desde viviendas hasta las grandes multinacionales.

Se caracteriza por la forma de trabajo que propone y por la atractiva *interfase* utilizada para acceder a los servicios de información.

Muchas corporaciones se han cuestionado la utilización de la tecnología INTERNET en la propia red de área local. La aplicación de los métodos y las tecnologías de INTERNET en el ámbito local se denomina **INTRANET**.

1.2.1. VENTAJAS QUE PROPORCIONA UNA INTRANET.

La utilización de HTML y JAVA, independientemente de la plataforma informática (tanto hardware como software) en la que se trabaje, hace que los documentos de la organización sean fácilmente almacenados entre los distintos equipos que componen la red de área local, facilitando que todos los documentos de la empresa estén codificados en un mismo formato.

Entre las principales ventajas que ofrece una INTRANET, se encuentran las siguientes:

- ⇒ Mejora las comunicaciones internas entre el personal de la organización, debido a la simplificación del acceso a la documentación corporativa.
- ⇒ Es posible el acceso a bases de datos, de modo que los datos se plasman dinámicamente en los documentos que se visualizan. De esta forma, se garantiza que la información consultada es actual en cada momento.
- ⇒ El acceso a la información es el mismo desde dentro y desde fuera de las instalaciones de las empresas, ya que la tecnología utilizada para realizar la consulta es exactamente la misma.
- ⇒ Además, se produce un ahorro de costos importante en la distribución de la información, ya que ésta se distribuye exclusivamente a quien la necesita y por iniciativa propia.

1.2.2. DISEÑO DE LA INTRANET.

La tecnología de INTRANET implica la simulación de una INTERNET en la propia red de área local, por tanto, para la construcción de una INTRANET son necesarios los siguientes elementos:

- **UNA RED DE ÁREA LOCAL:** La red de área local debe correr al menos el protocolo TCP/IP, básico en la tecnología INTERNET. Facilita el acceso a los servidores de la LAN y la instalación de sistemas que determinen los nombres de la red, por ejemplo, un sistema DNS, WINS o cualquier otro, que haga más cómodo el acceso a los diferentes recursos a todos los usuarios, sin necesidad de memorizar una lista de direcciones IP.
- **CLIENTES DE RED:** Todos los ordenadores que tengan acceso a la INTRANET necesitan que les sea instalado un navegador además del protocolo TCP/IP. En la medida en la que el navegador sea más rico e incorpore más extensiones, permitirá el acceso a un mayor número de documentos y tendrá mayor funcionalidad.

- **SERVIDORES DE RED:** Los servidores de INTRANET son los proveedores de servicios telemáticos en la red de área local: Web, Gopher, FTP; etc. Algunos sistemas operativos de red permiten la incorporación de software que implemente estos servicios, por ejemplo, **Internet Information Server (IIS)** de Microsoft o **IntranetWare** de Novell. El correo electrónico se implementa a través del propio correo electrónico de la LAN.
- **CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.** Una vez instalado todo el hardware y software de la INTRANET es necesario un diseño de la ubicación de los documentos, su estructura jerárquica en forma de páginas que permitan la navegación y la definición de los permisos de acceso a cada una de ellas por parte de cada uno de los usuarios. Quizá no todos los usuarios tengan que tener acceso a toda la información. Los sistemas operativos tienen utilidades para gestionar todas estas necesidades. En la intranet también se pueden publicar aplicaciones de red que podrán ser utilizadas por los usuarios para ejecutar procedimientos al estilo de la programación tradicional, pero con una ventaja: todo el software estará centralizado, lo que facilitará su mantenimiento.

1.2.3. INTERNET, INTRANET Y EXTRANET.

Los usuarios de una INTRANET no tienen necesariamente que estar aislados, es posible definir para ellos accesos a INTERNET, de modo que les sea transparente si un servicio está dentro o fuera de su propia red de área local.

Para posibilitar el acceso a INTERNET de toda una LAN es necesaria una conexión a INTERNET a través de un enrutador de IP que gestione las conexiones TCP/IP desde dentro de la LAN hasta el exterior o viceversa, para realizar esta conexión podemos usar los servicios de un servidor **Proxy** o la técnica de enmascaramiento IP.

La **EXTRANET** es una red virtual que invoca las tecnologías INTERNET como si fuera una INTRANET extendida más allá de los límites geográficos de la empresa. Por ejemplo, se puede crear una EXTRANET para la creación de redes privadas virtuales, y así proporcionar acceso a algunos de los datos internos de la INTRANET propia a los clientes o proveedores que lo necesiten para sus relaciones comerciales con la propietaria de la EXTRANET: el acceso a la INTRANET se haría a través de INTERNET, es decir, el túnel generado por la VPN residiría en INTERNET.

1.3. APLICACIONES EN LA INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL⁶

1.3.1. INTRANET EN PROCESOS INDUSTRIALES.

La evolución de las tecnologías de la información, unida a la existencia previa de los sistemas de comunicación en planta, ha dado paso a la posibilidad de utilizar remotamente la información disponible del proceso permitiendo que los sistemas de producción sean más abiertos y flexibles. Es por ello por lo que la línea de investigación inicial ha evolucionado y ha centrado su interés en investigar las posibilidades de aplicación de este tipo de tecnologías en entornos industriales.

La irrupción de las tecnologías Internet en el mundo industrial ha abierto nuevas posibilidades en las aplicaciones de diseño y producción industrial. Así, es clara la tendencia de los últimos años hacia la utilización de sistemas distribuidos de control cada vez más flexibles, fiables y potentes. La tendencia actual en el desarrollo de los sistemas de control y supervisión de procesos industriales está orientada hacia una utilización cada vez mayor de sistemas distribuidos de control.

Las arquitecturas distribuidas que más implantación tienen hoy en día son CORBA y COM/DCOM. CORBA es una arquitectura abierta apoyada por un conjunto de

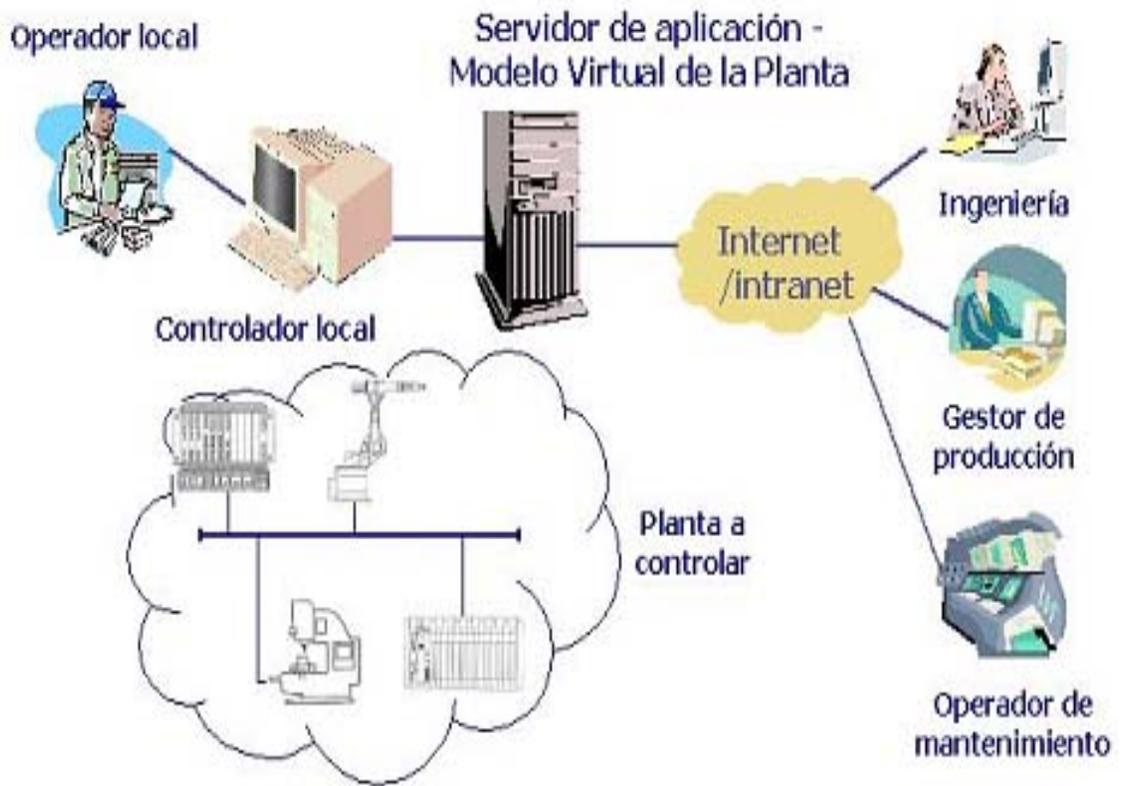
⁶ Extraído de la pagina web
http://www.disa.bi.ehu.es/gcis/spanish/lineas_de_investigacion/line_tecn.html
[intranet](#)

más de 800 empresas entre las que se encuentran algunas tan representativas como Sun, IBM, Netscape y Oracle (Orfali et al 1998). Por otro lado encontramos la arquitectura COM/DCOM (Emerald et al 1998). Esta arquitectura está apoyada fundamentalmente por Microsoft y su implantación crece día a día.

En esta línea de actuación el interés de los distintos grupos de investigación, se centra en investigar las posibilidades que se abren para la monitorización, mando y mantenimiento remotos de procesos industriales. Desde el punto de vista de la aplicación final de la monitorización y supervisión remota de procesos, existen diferentes posibilidades. Es aquí donde el vertiginoso desarrollo de las tecnologías Internet: Navegadores, servidores Web, Java,..... Están siendo utilizadas para implementar el acceso seguro y controlado a los diferentes objetos definidos en la planta.

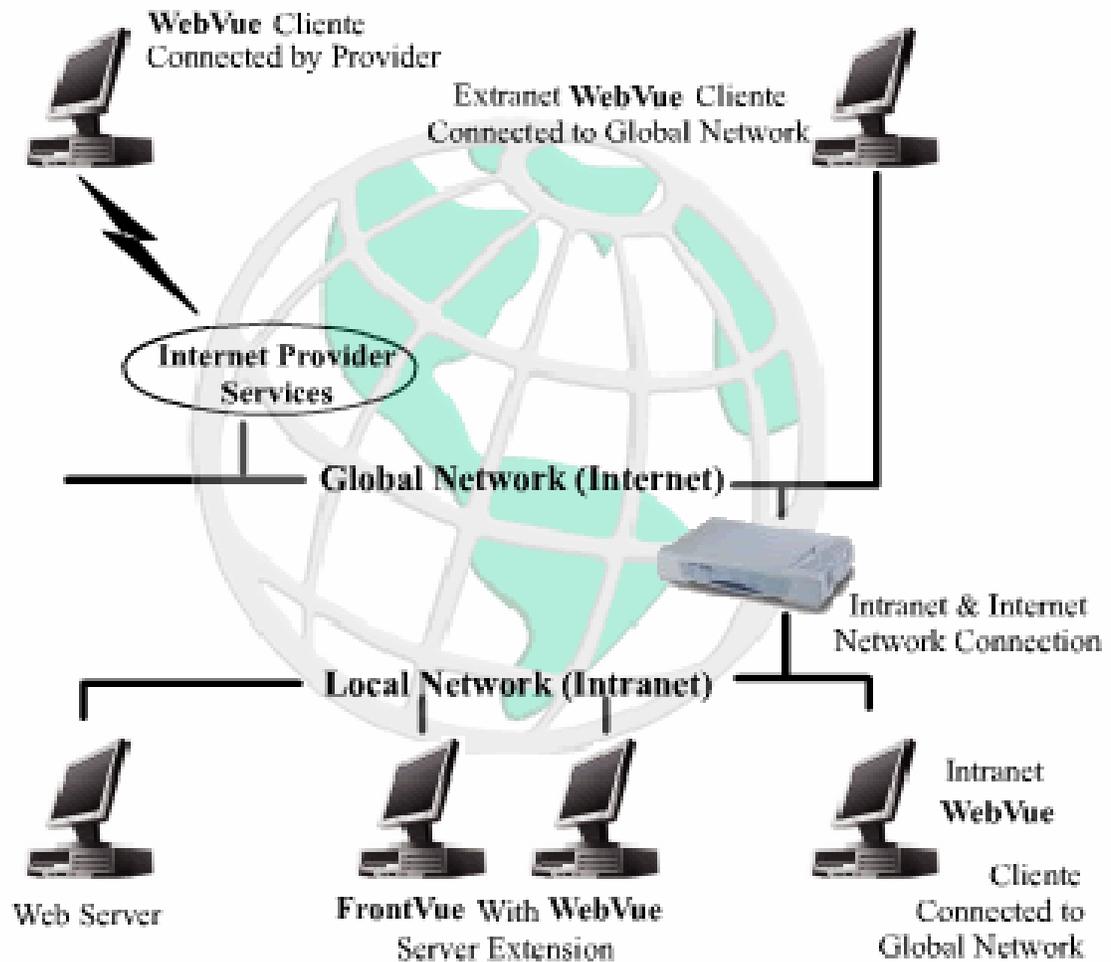
La arquitectura que se ha propuesto para el acceso remoto a plantas industriales es la que se presenta en la figura 2, en la que se pueden observar los siguientes componentes: La planta real, el controlador de planta (que toma decisiones locales basadas en las órdenes de usuarios remotos), el Servidor de Aplicación (componente clave de la arquitectura ya que permite el acceso a la planta real por los usuarios remotos) y las aplicaciones correspondientes a los clientes remotos.

Figura 2. Arquitectura general para el acceso remoto a plantas industriales.



Las aplicaciones definidas para los clientes, esta determinada por el perfil del cliente que agrupa los privilegios de acceso, de forma que se asegure el control de acceso a partes restringidas de la planta y se minimice el tráfico de información a través de la red. Esto puede ser visualizado en la figura 3.

Figura 3. Ejemplo de la disposición de los equipos en una red conformada por Intranet.



1.3.2. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE INTERNET/INTRANET EN AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.

Esta sección muestra un ejemplo en específico de la implementación de Internet/Intranet en Automatización Industrial, se trata del *Sistema de Monitoreo y Control por Internet/Intranet de una Planta Pasteurizadora*⁷.

Actualmente, los sistemas de control de procesos son una combinación de computadores (incluyendo las personales), estaciones de trabajo, software de diseño gráfico y diversos algoritmos de control, tarjetas de adquisición de señales digitalizadas de propósito general y específico, redes de comunicación, etc.

El proyecto desarrollado se basa en aplicar estos últimos conceptos en una réplica a escala de la etapa de tratamiento térmico de un proceso de pasteurización industrial, en el cual se eleva a una temperatura constante durante un corto tiempo, el fluido del proceso, que puede ser leche, jugo de frutas ó cualquier otro producto liquido que requiera tratamiento térmico para propósitos bacteriológicos.

⁷ Artículo extraído de la pagina

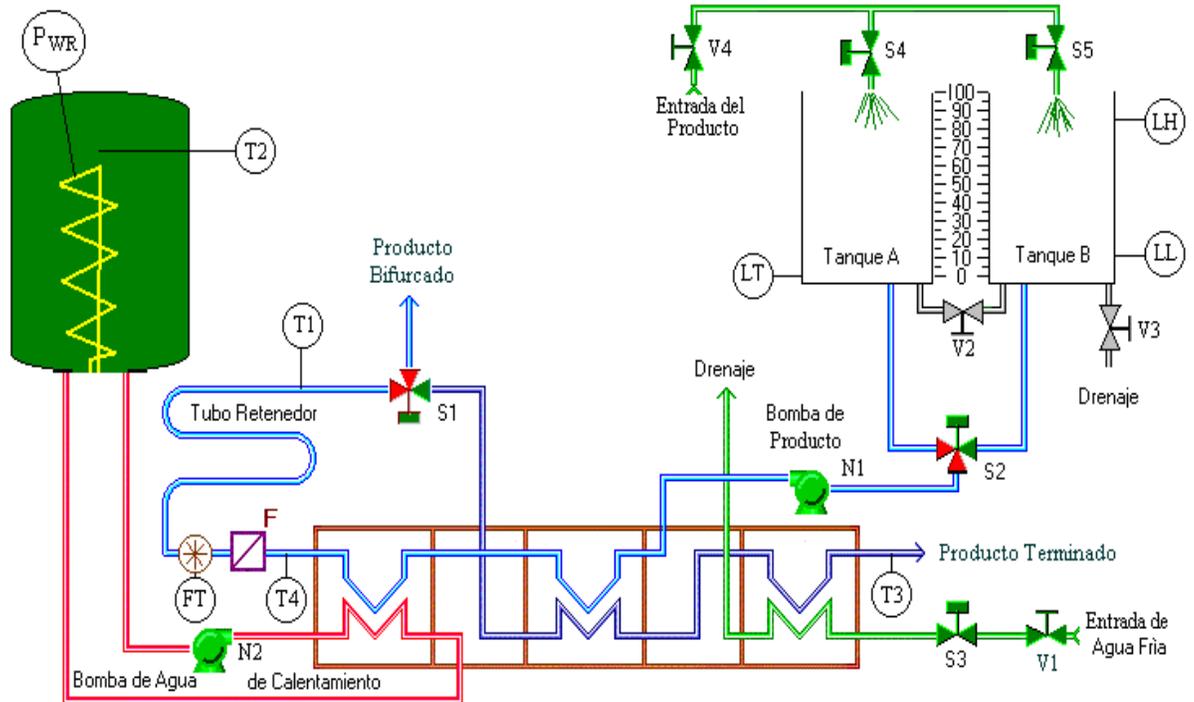
<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/A64B197A80F62E3C86256A5D0082EE06>

La pasteurización se puede hacer de dos formas establecidas:

- Pasteurización baja y lenta: 63° durante 30 minutos. Da origen a pocas modificaciones; en particular el color y el sabor permanecen invariables y la separación de la crema no se retrasa.
- Pasteurización alta y rápida: 72 a 80° (máximo 85°) durante 15 segundos. Aunque presenta una mayor alteración al producto, se considera no significativa y es actualmente el método más difundido

Con el objetivo de incrementar la temperatura del producto, la planta pasteurizadora marca ARMFIELD modelo PCT-23, hace uso de un intercambiador de calor del tipo de flujo, encontrado con los fluidos no mezclados de 3 etapas. Además de 3 tanques; los tanques A y B tienen la función de almacenar el producto, mientras que la temperatura del Tanque Calefactor es controlada por medio del calor generado por la resistencia eléctrica PWR, el cual sirve para el almacenamiento del agente calefactor que esta recirculando a través de la Bomba de Agua de Calentamiento N2. El esquema de pasteurización puede ser observado en la figura 4.

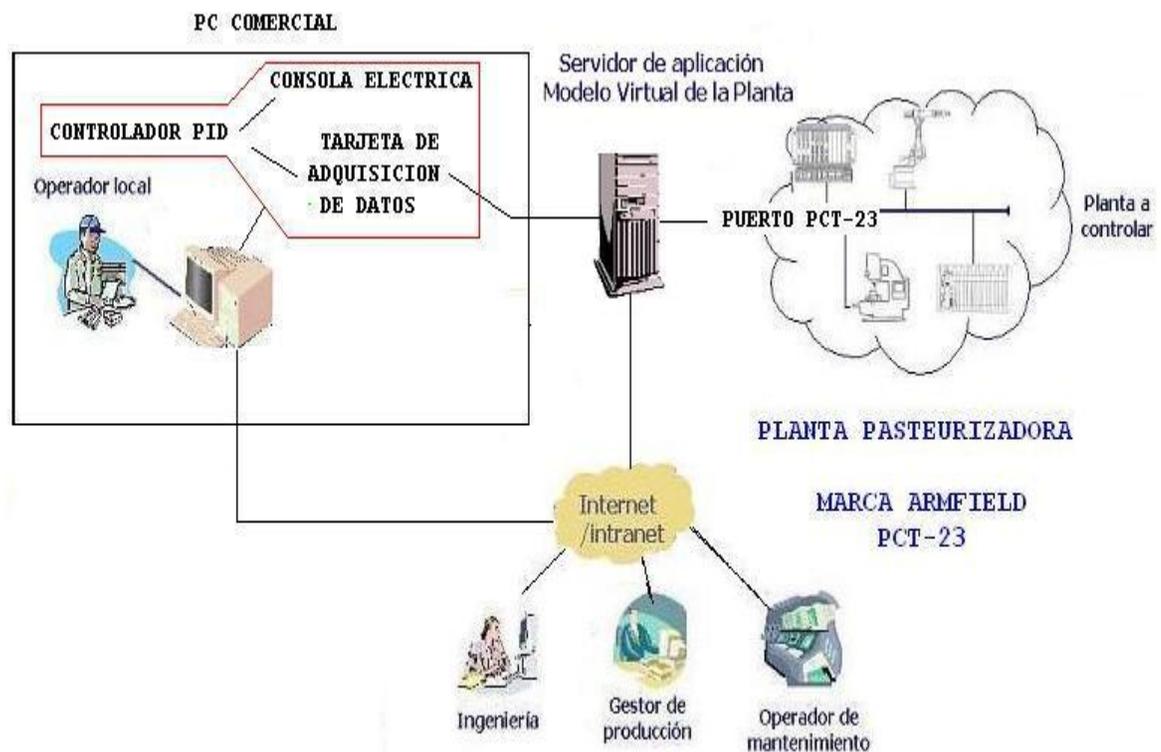
Figura 4. Esquema de la planta de pasteurización.



En el sistema de control de procesos desarrollado, el corazón del sistema esta basado en una PC comercial de propósito general, con un sistema de adquisición de datos con una tarjeta Lab-PC+ de National Instruments y comunicación en Intranet e Internet, aprovechando la infraestructura de Red instalada. La programación esta hecha en base a Visual Basic Ver 6.0 de Microsoft® y controles ActiveX de TegoScrollContainer de Tegosoftware® y Components Works Ver. 3.0 de National Instruments®.

Mediante la implementación de controladores digitales PID en la PC, se controla la unidad de proceso, a través de un sistema de adquisición de datos para la PC y de una consola eléctrica de control e indicación local, siendo posible monitorear las variables físicas del proceso y determinar el punto de ajuste a través de Red de Área Local ó Internet por medio de la computadora servidor de DataSocket. En la figura 5, se puede ver el diagrama de bloques del sistema de control.

Figura 5. Estructura de conexión del sistema de monitoreo y control.



Se implementó una interfaz entre la tarjeta de adquisición de datos LAB-PC+ y el puerto de Entrada/Salida de la planta PCT-23, el cual permite una conexión para monitoreo y/o control de las variables analógicas y digitales de la planta, tanto de entrada como de salida, por medio de un cable paralelo de 50 pines. Las 10 variables analógicas están dadas por la señal estándar de 0~5 Volts, mientras que las digitales por niveles TTL.

La comunicación entre las computadoras se logra mediante componentes DataSocket. El API DataSocket presenta una interfaz simple para comunicarse con múltiples lenguajes. Es un API independiente del protocolo, lenguaje y del Sistema Operativo, el cual convierte automáticamente los datos de medición de la Computadora de Control Local en un juego de bytes que se envían a través de la red. En las aplicaciones cliente de las computadoras remotas, automáticamente regresa este juego de bytes a su condición original. Esta conversión automática elimina la complejidad de la red, la cual cuenta con una cantidad considerable de código que debe escribirse cuando se utilizan librerías TCP/IP. De acuerdo con los lineamientos de seguridad industrial de controles de procesos por computadora y otros dispositivos programables, si por alguna razón, el dispositivo controlador, en este caso alguna PC remota deja de enviar la señal en un lapso definido por el operador (máximo 300 segundos), entonces la Computadora de Control Local toma uno de los 3 modos de control seleccionado por el operador: MANUAL (En el último nivel de salida que tenía), AUTOMATICO (Con el último Punto de Ajuste Remoto Recibido) ó AUTOMATICO (Con el último Punto de Ajuste Local utilizado).

Utilizando los atributos de DataSocket en el diseño del software, se evita que exista conflicto en el mando del punto de ajuste remoto, al inhabilitar a otras computadoras remotas a que tomen el mando del punto de ajuste cuando ya existe una computadora conectada.

Para el monitoreo por Intranet, se utilizan archivos ejecutables que presentan un panel frontal al usuario, y para el monitoreo por Internet se utiliza un control ActiveX, que el navegador Internet Explorer lo interpreta al final de cuenta como una ventana. Su comportamiento en Netscape Navigator u otro navegador que no soporte los ActiveX es diferente.

Por omisión, le informa al usuario que no es capaz de ejecutar controles ActiveX, pero muestra la opción de poder bajar el archivo *.zip, el cual si el usuario lo desea, lo puede bajar y posteriormente descomprimirlo, cargarlo y ejecutarlo en su PC. Otra opción es bajar antes de la red un plug-in especial para Netscape de Internet.

Protocolos de Comunicación Industrial

2.1. PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL ETHERNET.

2.2. MODBUS TCP / IP.

2.3. IEEE 1451.



2.1. INDUSTRIAL ETHERNET COMMUNICATION⁸.

2.1.1. GENERALIDADES.

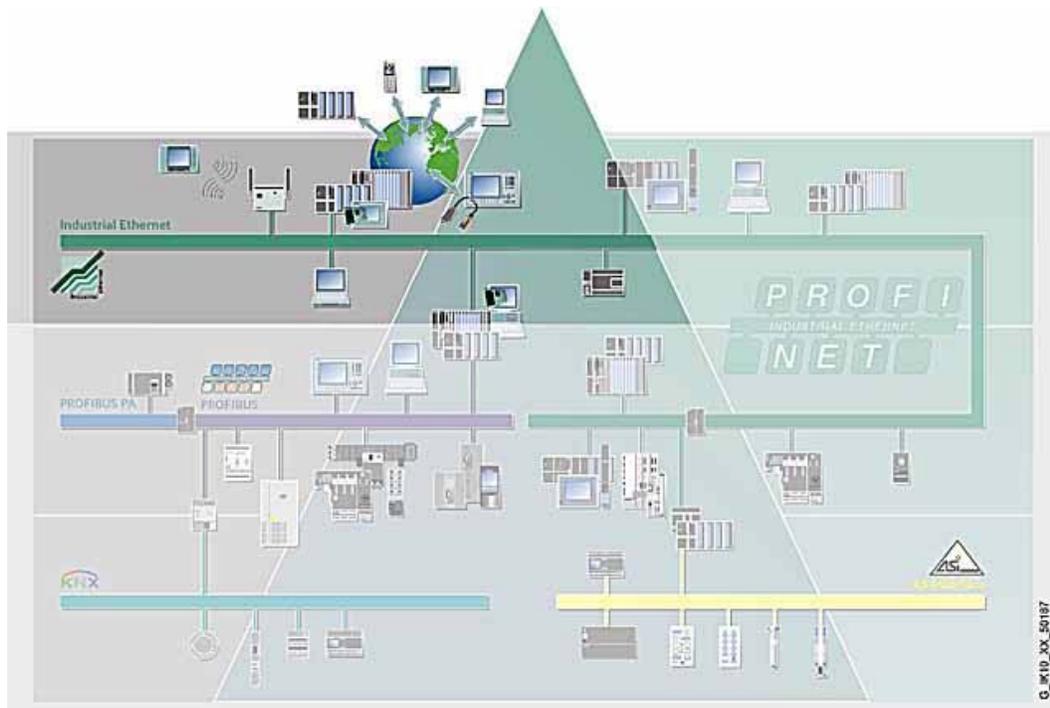
Con Industrial Ethernet, el ámbito industrial dispone de una potente red de áreas y célula según el estándar IEEE 802.3 (ETHERNET) y 802.11 (Wireless LAN). Ethernet es la tecnología básica de Internet para la interconexión a nivel mundial. Las múltiples posibilidades de Intranet, Extranet e Internet que ya están disponibles actualmente en el ámbito de la oficina también se pueden aprovechar en la automatización manufacturera y de procesos. La velocidad de transmisión de datos se puede elegir según las necesidades, porque la compatibilidad sin lagunas permite la introducción escalonada de la nueva tecnología. Actualmente Ethernet es, con una proporción de más del 80%, el número uno en todo el mundo entre las redes LAN, la configuración de una red LAN inalámbrica puede observarse en la figura 6, Ethernet posee características importantes que pueden aportar ventajas esenciales:

- Puesta en marcha rápida gracias a sistema de conexionado extremadamente simple.
- Alta disponibilidad; las instalaciones existentes se pueden ampliar sin repercusiones.

⁸ Este texto fue extraído de www.hirschmann.com/industrial_ethernet_en.

- Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado; si se necesita se puede escalar el rendimiento aplicando tecnología de conmutación y elevadas velocidades de transmisión de datos.
- Interconexión de los campos de aplicación más diversos, como oficina y fabricación.

Figura 6. LAN inalámbrica industrial.



2.1.2. VENTAJAS DE INDUSTRIAL ETHERNET

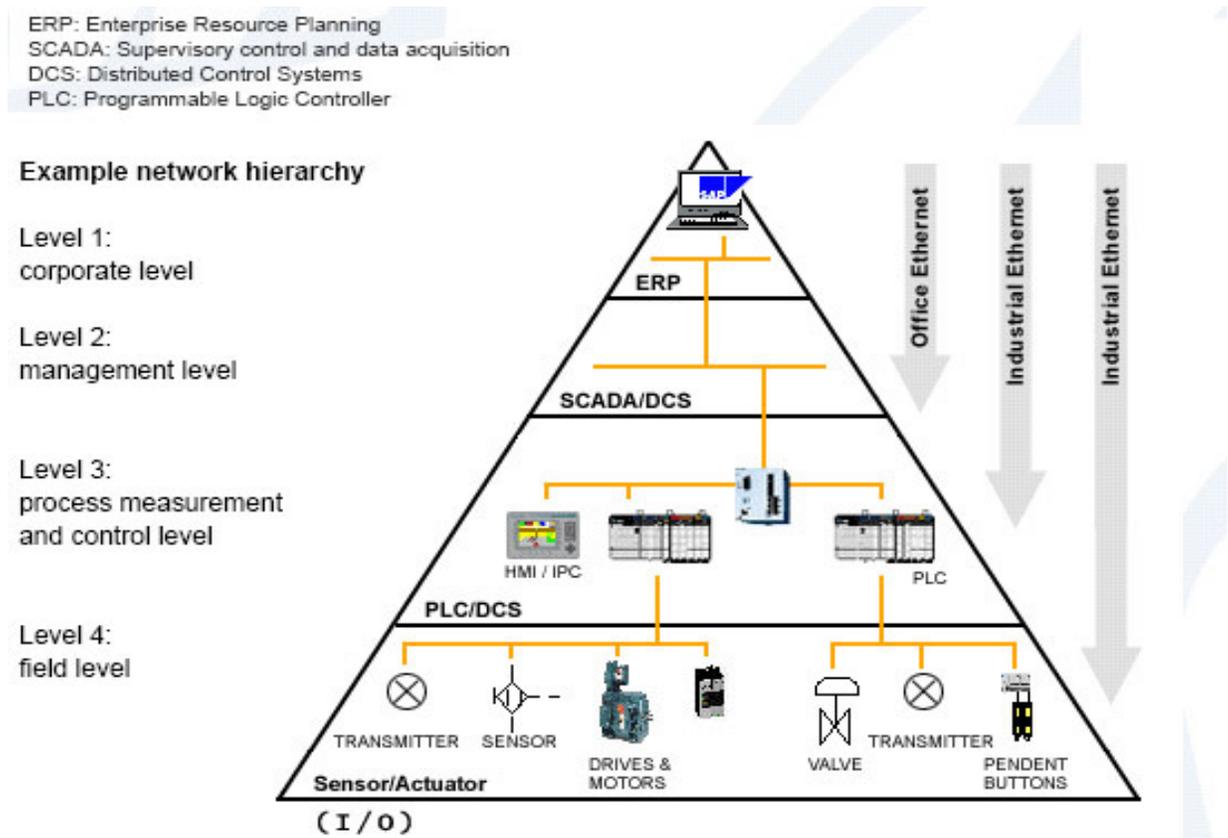
Hoy Ethernet es la tecnología de comunicación más extendida en sistemas de procesamiento de datos electrónicos. En ambientes de la oficina Ethernet se ha establecido como la tecnología estándar.

Ethernet ofrece una gama amplia de medios de comunicación para la transmisión como cobre o también "wireless"; la tasa de transmisión de los datos esta en el rango de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s a 1 Gigabit/s, 10 Gigabit/s.

Esta tecnología está ganando ahora también importancia en la automatización industrial. Junto con las ventajas de comunicación estandarizada, una infraestructura estandarizada ha generado que se quiera llevar de las oficinas a la máquina o el sensor.

Esta manera de procesamiento de los datos industriales simplemente no está disponible a nivel del campo, pero se encuentra integrada transparentemente en los sistemas de adquisición de datos superiores. Un ejemplo de tal jerarquía de red podría ser como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Ejemplo de la Jerarquía de una red INDUSTRIAL ETHERNET.



2.1.3. DIFERENCIAS ENTRE EL ETHERNET DE OFICINA Y EL INDUSTRIAL.

Aunque el estándar Ethernet su tecnología es la misma tanto en el ambiente de automatización como en el de oficina, los requisitos en los productos que conforman la red son significativamente diferentes. Como se muestra en la tabla

1.

Tabla 1. Diferencias entre el Ethernet de Oficina y el Industrial.

	Oficina	Industria
Instalación	<ol style="list-style-type: none"> 1. La instalación es básica en el edificio. 2. El cableado predominante es topología en estrella. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cableado depende de la planta y los ductos existentes. 2. El cableado es redundante, frecuentemente topología en anillo.
Datos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los paquetes de datos son grandes. 2. El envío de datos en tiempo real no es necesario. 3. Disponibilidad de elementos de red. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los paquetes de datos son pequeños. 2. El envío de datos en tiempo real es necesario. 3. Predomina la transmisión cíclica.
Requisitos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rango de temperatura normal. 2. No hay muchos problemas con el polvo, la humedad y las vibraciones. 3. Poca probabilidad de daños mecánicos o problemas con químicos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rango de temperatura extendido. 2. Se debe tener mucho cuidado con el polvo, la humedad y las vibraciones. Hay riesgo de daños mecánicos o problemas con químicos existentes en la planta, que pueden afectar la vida útil de los componentes.

2.2. MODBUS TCP/IP⁹.

2.2.1. DESCRIPCIÓN.

Modbus/TCP es un protocolo de comunicación diseñado para permitir a equipos industriales tales como Controladores Lógicos Programables (PLCs), computadores, motores, sensores, y otros tipos de dispositivos físicos de entrada/salida comunicarse sobre una red. Modbus/TCP fue introducido por Schneider Automation como una variante de la familia MODBUS ampliamente usada, los protocolos de comunicación simple y abierta, destinada para la supervisión y el control de equipo de automatización. Específicamente, el protocolo cubre el uso de mensajes MODBUS en un entorno Intranet o Internet usando los protocolos TCP/IP.

MODBUS/TCP es una variante de la familia de MODBUS, los protocolos de comunicación se idearon para la vigilancia y control de los equipos de automatización. Específicamente, MODBUS cubre el envío de mensajes a nivel de una 'Intranet' o 'Internet' con un ambiente que usa los protocolos de TCP/IP. El uso más común de los protocolos en este momento es para la conexión entre Ethernet y los PLC, los módulos de entrada y salida, y interfaces a otros buses de campo simples o redes de entrada/salida. El protocolo de MODBUS/TCP es publicado

⁹ Tomado de <http://www.modicon.com/openmbus> y <http://www.modbus.org>.

como un estándar de automatización. Desde que MODBUS se conozca ampliamente, existirá información en sus documentos que no podría obtenerse en otra parte. Sin embargo, se ha logrado clarificar cuales funciones permiten que MODBUS tenga la capacidad de ser interoperable para los equipos de automatización, y qué partes son 'equipaje' del uso alternado de MODBUS como un protocolo de la programación para PLC.

Entre sus características tenemos:

- ✓ Modbus es un estándar en realidad abierto. Las especificaciones puede ser descargadas de la Web e implementadas por cualquiera.
- ✓ Modbus es basado en la lógica de comunicación maestro/esclavo.
- ✓ Modbus es un protocolo integrado.
- ✓ Modbus soporta 4 tipos de datos básicos: entradas y salidas análogas y, entradas y salidas digitales.
- ✓ Modbus soporta 9999 direcciones por tipo de dato.
- ✓ Modbus es usado alrededor del mundo y, es quizás el más usado en la mayor parte de las aplicaciones industriales.

2.2.2. ORIENTADO A CONEXIÓN.

MODBUS es un protocolo de comunicación sin estado, es decir, cada solicitud del maestro es tratada independientemente por el esclavo y es considerada como una nueva solicitud no relacionada a las anteriores, de esta forma haciendo a las transacciones de datos altamente resistentes a rupturas debido a ruido y además requiriendo mínima información de recuperación para ser mantenida la transacción en cualquiera de los dos terminales.

Las operaciones de programación de otro lado, esperan una comunicación orientada a la conexión, es decir, las máquinas de origen y de destino establecen un canal de comunicaciones antes de transferir datos. Este tipo de operaciones son implementadas de diferentes maneras por las diversas variantes de MODBUS (Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus PLUS).

Modbus/TCP maneja ambas situaciones. Una conexión es inicialmente establecida en esta capa de protocolo (nivel de aplicación), y esa conexión única puede llevar múltiples transacciones independientes. En adición, TCP permite establecer un gran número de conexiones concurrentes, de este modo el cliente (maestro) puede ya sea re-usar una conexión previamente establecida ó crear una nueva, en el momento de realizar una transacción de datos.

Es interesante analizar porqué el protocolo TCP orientado a la conexión es usado en lugar del protocolo UDP¹⁰ orientado a datagramas. La principal razón es mantener control de una transacción individual encerrándola en una conexión la cual pueda ser identificada, supervisada, y cancelada sin requerir acción específica de parte de las aplicaciones cliente y servidor. Esto da al mecanismo una amplia tolerancia a cambios del desempeño de la red, y permite que herramientas de seguridad tal como firewalls¹¹ y proxys puedan ser fácilmente añadidos.

2.2.3. INTERPRETACIÓN DEL MODELO DE DATOS.

MODBUS basa su modelo de datos sobre una serie de tablas las cuales tienen características distintivas. Las cuatro principales son:

- Entradas discretas. Bit simple, suministrado por un sistema I/O, de solo lectura.

¹⁰ El UDP (User Datagram Protocol) proporciona un servicio de entrega sin conexión, utilizando el IP para transportar mensajes entre máquinas. Emplea el IP para llevar mensajes, pero agrega la capacidad para distinguir entre varios destinos dentro de una máquina host.

¹¹ Un firewall (muro de seguridad) se le dice a una configuración de ruteadores y redes colocados entre la organización interna de una red y su conexión con redes externas a fin de dar seguridad.

- Salidas discretas. Bit simple, alterable por un programa de aplicación, de lectura-escritura.
- Registros de entrada. Cantidad de 16 bits, suministrado por un sistema I/O, de solo lectura.
- Registros de salida. Cantidad de 16 bits, alterable por un programa de aplicación, de lectura-escritura.

La distinción entre entradas y salidas, y entre datos direccionables al bit y direccionables a la palabra, no implica algún comportamiento de la aplicación. Es aceptable y común, considerar las cuatro tablas sobrelapando una con otra, si esta es la interpretación más natural sobre la máquina (esclavo MODBUS) en cuestión.

2.2.4. VENTAJAS DEL PROTOCOLO MODBUS/TCP

- Es escalable en complejidad. Un dispositivo el cual tiene solo un propósito simple necesita solo implementar uno ó dos tipos de mensaje.
- Es simple para administrar y expandir. No se requiere usar herramientas de configuración complejas cuando se añade una nueva estación a una red Modbus/TCP.

- No es necesario equipo o software propietario de algún vendedor. Cualquier sistema computador ó microprocesador con una pila de protocolos TCP/IP puede usar Modbus/TCP.
- Puede ser usado para comunicar con una gran base instalada de dispositivos MODBUS, usando productos de conversión los cuales no requieren configuración.
- Es de muy alto desempeño, limitado típicamente por la capacidad del sistema operativo del computador para comunicarse. Altas ratas de transmisión son fáciles de lograr sobre una estación única, y cualquier red puede ser construida para lograr tiempos de respuesta garantizados en el rango de milisegundos.

2.2.5. ESTRUCTURA DEL PROTOCOLO

A continuación se describe la forma general de encapsulación de una solicitud o respuesta MODBUS cuando es llevada sobre una red Modbus/TCP. Es importante anotar que la estructura del cuerpo de la solicitud y respuesta, desde el código de función hasta el fin de la porción de datos, tiene exactamente la misma disposición y significado como en las otras variantes MODBUS, tal como:

- MODBUS serial codificación ASCII

- MODBUS serial codificación RTU
- MODBUS PLUS

Las únicas diferencias en esos otros casos son la especificación de los delimitadores inicial y final del mensaje, el patrón de chequeo de error y la interpretación de la dirección. Todas las solicitudes son enviadas vía TCP sobre el puerto registrado 502. Las solicitudes normalmente son enviadas en forma half-duplex sobre una conexión dada. Es decir, no hay beneficio en enviar solicitudes adicionales sobre una única conexión mientras una respuesta está pendiente. Sin embargo, los dispositivos que desean obtener altas ratas de transferencia pueden establecer múltiples conexiones TCP al mismo destino.

El campo “dirección esclavo” de MODBUS es reemplazado por un byte “identificador de unidad” el cual puede ser usado para comunicar a través de dispositivos tales como puentes y gateways, los cuales usan una dirección IP única para soportar múltiples unidades terminales independientes. Los mensajes de solicitud y respuesta en Modbus/TCP poseen un prefijo ó encabezado compuesto por seis bytes como se aprecia en la tabla 2.

Tabla 2. Estructura del prefijo de Modbus/TCP.

ref	ref	00	00	00	len
-----	-----	----	----	----	-----

El “leng” anterior son los dos bytes del campo referencia de transacción., un número que no tiene valor en el servidor pero son copiados literalmente desde la solicitud a la respuesta a conveniencia del cliente. Este campo se utiliza para que un cliente Modbus/TCP pueda establecer simultáneamente múltiples conexiones con diferentes servidores y pueda identificar cada una de las transacciones. El tercer y cuarto campo del prefijo representa el .identificador de protocolo., un número el cual debe ser establecido a cero. El “len” especifica el número de bytes que siguen. La longitud es una cantidad de dos bytes, pero el byte alto se establece a cero ya que los mensajes son más pequeños que 256. De esta forma, un mensaje Modbus/TCP completo posee una estructura como se muestra en la tabla 3.

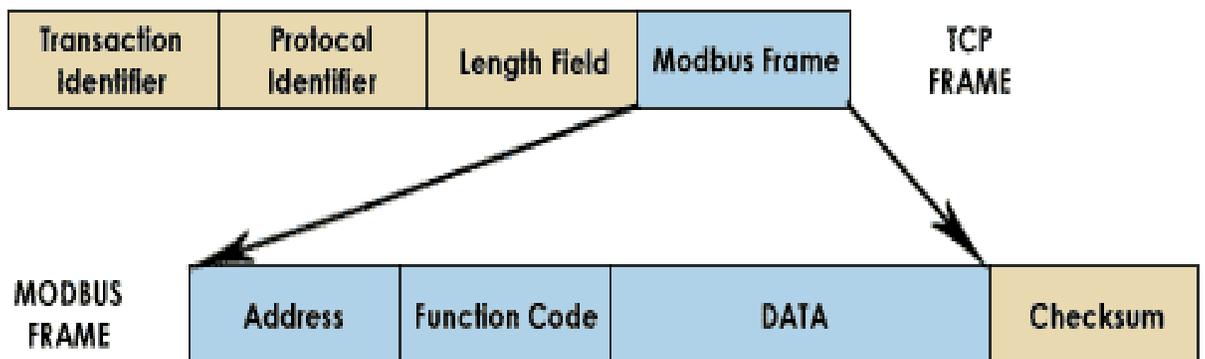
Tabla 3. Estructura de mensajes en Modbus/TCP

Posición del Byte	Significado
Byte 0	Identificador de transacción. Copiado por el servidor – normalmente 0.
Byte 1	Identificador de transacción. Copiado por el servidor – normalmente 0.
Byte 2	Identificador de protocolo = 0.
Byte 3	Identificador de protocolo = 0.
Byte 4	Campo de longitud (byte alto) = 0. Ya que los mensajes son menores a 256.
Byte 5	Campo de longitud (byte bajo). Número de bytes siguientes.
Byte 6	Identificador de unidad (previamente “dirección esclavo”).
Byte 7	Código de función MODBUS.
Byte 8 y más	Los datos necesarios.

2.2.6. ESQUEMA DE ENCAPSULACION

Modbus/TCP básicamente embebe un marco MODBUS dentro de un marco TCP en una manera simple como es mostrado en la Figura 8.

Figura 8. Esquema de encapsulación en Modbus/TCP.

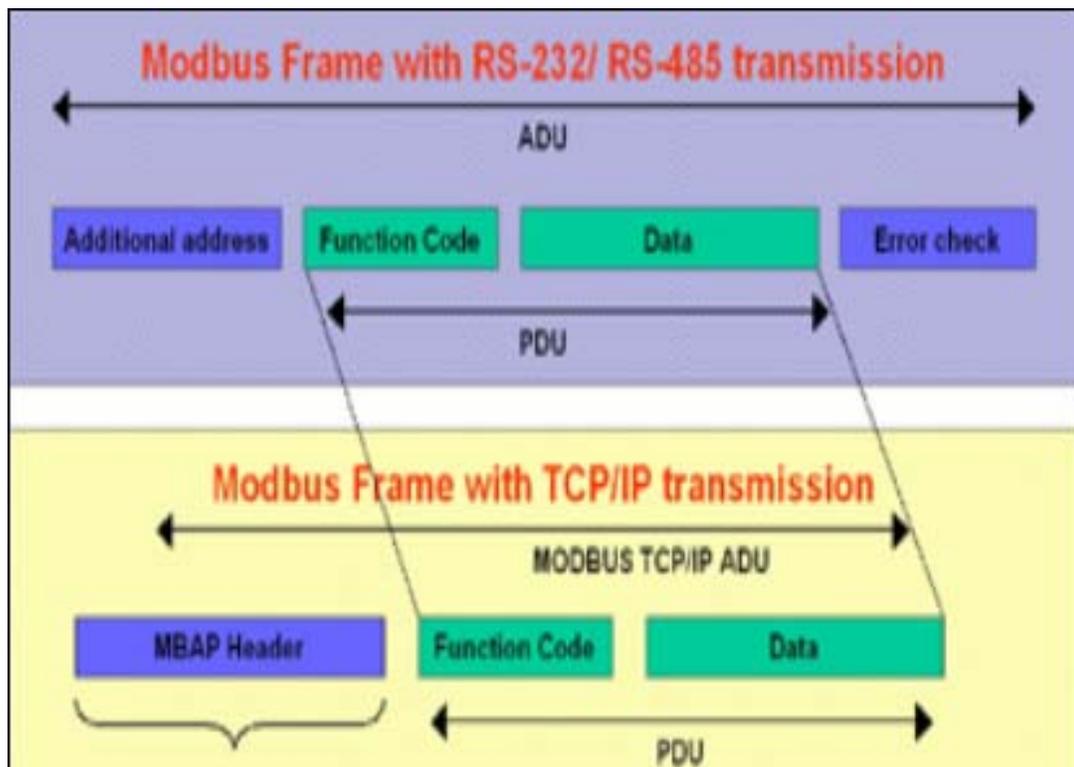


Esta técnica de pregunta/respuesta encaja bien con la naturaleza del maestro/esclavo de Modbus, mientras agregando la ventaja determinística que Ethernet ofrece a los usuarios industriales. El uso de Modbus dentro del marco de TCP proporciona una solución totalmente eficaz, de diez nodos a diez mil nodos sin el riesgo de compromiso que otras técnicas del multicast darían.

El protocolo de aplicación es independiente del medio de transmisión de datos. Es la organización según el principio cliente/servidor. El cliente envía un telegrama

de lo que necesita para pedir los servicios y el servidor contesta con un telegrama de respuesta. La demanda y los telegramas de respuesta contienen parámetros y/o datos. Las diferencias entre el telegrama de Modbus normal y el telegrama de Modbus-TCP se muestran en la Figura 9. Con la comunicación de Modbus normal, la dirección del esclavo y un checksum de CRC se envían anteriores al código de la función y los datos, mientras con Modbus-TCP, el direccionamiento y los chequeos de error se manejan por el protocolo de TCP subyacente.

Figura 9. Encapsulado de datos con MODBUS TCP.



En teoría MODBUS® TCP/IP lleva los datos a $250/(250+70+70)$ o aproximadamente 60% eficacia al transferir los registros, y desde 10 Base T Ethernet lleva aproximadamente 1.25 Mbytes/sec, la tasa teórica de envío es: $1.25M / 2 * 60\% = 360000$ registros por segundo y la 100 Base T su velocidad es de 10 veces mayor. De esto se puede deducir que usted está usando dispositivos a nivel de Ethernet tan rápido como el ancho de banda que este disponible.

2.3. IEEE 1451¹²

IEEE 1451 es un conjunto de normas desarrolladas para la Interfaz de Transductores Inteligentes. Estas Normas son desarrolladas a través de la participación de muchas compañías e individuos involucrados en mediciones con sensores y control, e industrias de redes de control. El desarrollo de esta norma es realizado por la IEEE Instrument and Measurement Society, Technical Committee on Sensor Technology (TC-9) and the NIST Manufacturing Engineering Laboratory.

¹² Todo el archivo fue extraído <http://ieee1451.nist.gov/>

Este estándar se compone de cuatro normas diferentes. La IEEE 1451, son normas que no definen una nueva red de comunicación, más bien se esfuerza por definir una interfaz de comunicación común entre los procesadores y transductores, aceptando varios de los protocolos del bus de transductor. Las metas son conectar los sensores y actuadores análogos a las redes digitales existiendo un sin límites de estos sin importar el fabricante, o la conexión a una red de computadoras, con transductores que comparten los buses los costos se reducen y la complejidad del alambrado.

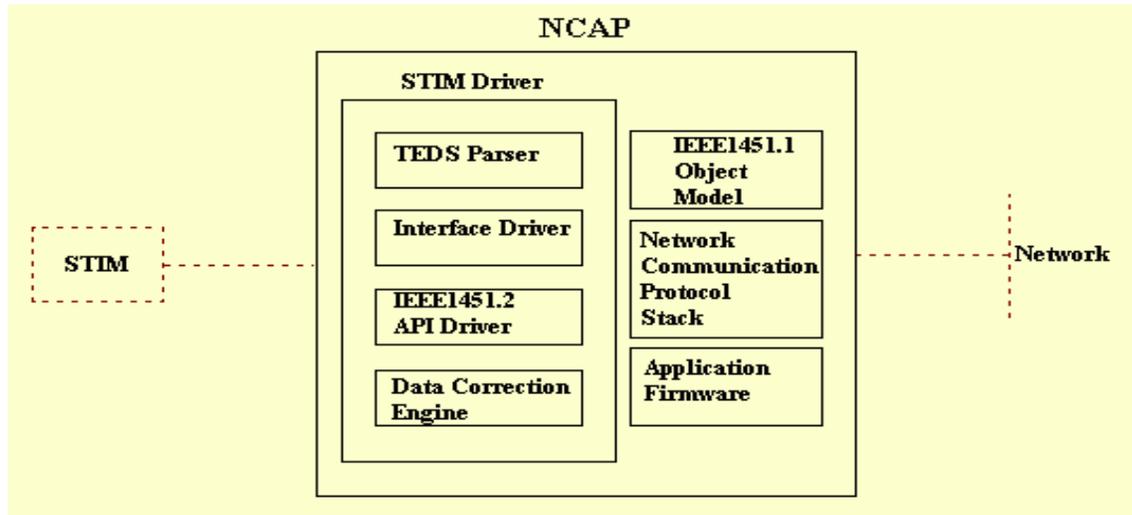
Los transductores, definidos aquí como sensores o actuadores, sirven para una amplia variedad de necesidades en la industria, control industrial, manufactura, automotores, aeroespacial, construcción, y en la biomedicina en algunos casos. Desde que el mercado del transductor se volvió muy diverso, los fabricantes del transductor están buscando maneras de construir los transductores inteligentes económicos, conectados a una red inteligente. Muchas redes de control para sensores o aplicaciones de buses de campo están actualmente disponibles, cada uno con sus propias fortalezas y debilidades para una clase de la aplicación específica. Unir los diversos transductores inteligentes a las redes de control y soportar la gran cantidad de protocolos requiere de mucho esfuerzo y costos por parte del fabricante.

Sin embargo, usando la comunicación digital los transductores conectados a una red pueden eliminar un número de conexiones que se utilizan con el control análogo y así pueden reducir la instalación, mantenimiento y el alto costo de los dispositivos de medida y sistemas de control. El uso de microprocesadores para ocuparse de la comunicación digital también ha abierto la oportunidad por agregar inteligencia a los sensores. Un problema para los fabricantes del transductor sin embargo, es el gran número de redes en el mercado. Actualmente, es demasiado costoso para los fabricantes de transductor hacer transductores inteligentes para cada red en el mercado. La IEEE P1451, se propone ser desarrollado para dirigirse estos problemas.

2.3.1. MONITOREO REMOTO.

Cuando un NCAP se conecta a un STIM que sólo consiste en sensores, o Sensor STIM, pueden supervisarse los parámetros físicos que son monitoreados remotamente a través del NCAP, y se pueden enviar los datos del sensor resultantes a lo largo de la red, o la Internet, en caso de que sea accesible. Cualquier estación de monitoreo conectada a la red puede supervisar los parámetros, y la red incluso podría extenderse a la Internet. El diagrama de conexión del STIM y el NCAP con la red en general se puede observar en la figura 10.

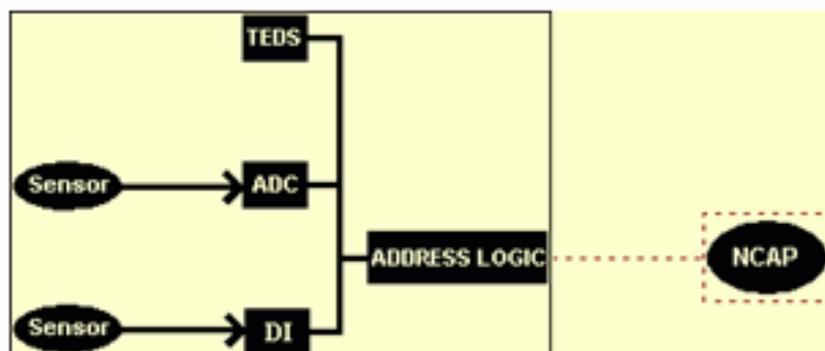
Figura 10. Diagrama de conexión del STIM y el NCAP con la red.



La Red de aplicación con capacidad de procesamiento (NCAP) es un dispositivo entre el STIM y la red que realizan las comunicaciones con la red, STIM, la función de conversión de datos, y funciones de la aplicación. También proporciona la potencia al circuito del STIM. El NCAP normalmente contiene el controlador y la interfaz a la red que puede soportar a otros nodos. Mientras un STIM es un módulo que contiene el TEDS, que es la lógica para llevar a cabo la interfaz del transductor, el o los transductores y la conversión de señal o acondicionamiento de señal. Contiene de 1 a 255 sensores o actuadores o cualquier combinación de ellos, DAC, ADC e I/O Digitales para unir los sensores o actuadores. También tiene la circuitería para la conversión, direcciones lógicas, y electrónica digital o microprocesadores para convertir las lecturas del sensor en forma digital, o para

convertir la salida digital para poder manipular el actuador y la red. El direccionamiento lógico facilita la comunicación entre el STIM y un NCAP. Cuando se aplica la potencia al STIM, la información que se lleva en el TEDS esta disponible para el NCAP para el uso local, y para la distribución al resto de la red si es necesario. Una vez el TEDS es leído, el NCAP sabe cómo puede comunicarse con el STIM, cuántos canales tiene el STIM, y el formato de los datos de cada canal. Puede enviar la información entonces al STIM, o pregunta al sensor si realiza una lectura o recibe la información sobre las lecturas del sensor. Un STIM que contiene uno o más sensores se llama un sensor STIM. Si el sensor es de temperatura, presión o sensor de flujo, se llamaría STIM de temperatura, presión o flujo respectivamente. La configuración de un STIM puede ser observada en la figura 11.

Figura 11. Configuración interna de un STIM.



Un STIM driver componente de un NCAP comprende 4 funciones:

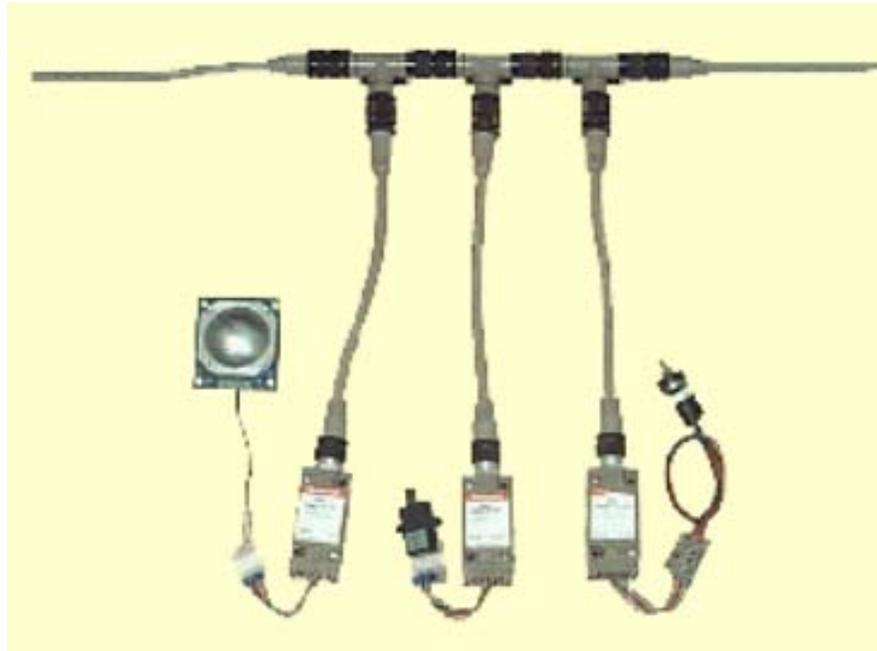
- **Software interface driver:** es el responsable de adquirir los datos a través de la interface.
- **TEDS parser:** tiene el conocimiento sobre el 1451.2 la estructura TEDS y reúne los datos en las piezas más significativas.
- **Correction engine:** es el algoritmo que convierte las lecturas del STIM en unidades estándares en el TEDS para sensores o unidades estándares en el TEDS en el caso de STIM para los actuadores.
- **1451.2 Application Programming Interface (API) driver:** Proporciona el acceso al bloque TEDS, lectura del sensor, control del actuador, activación y petición de interrupción.

2.3.2. IEE 1451.1

La norma P1451.1, es un estándar para una Interfaz de Transductores Inteligente para Sensores y Actuadores y, Redes con capacidad de procesamiento de información, es decir desarrollar un software de interfaz estandarizada para conectar Network Capable Application Processors (NCAP) para controlar las

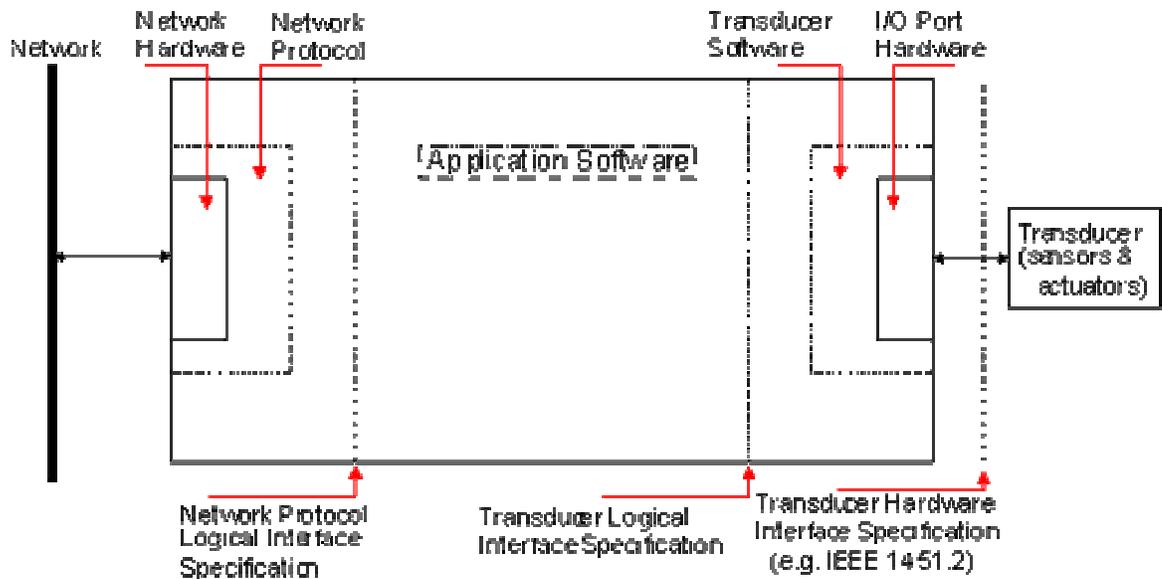
redes. En la figura 12 podemos observar una red de reconexión de sensores típica.

Figura 12. Red de conexión de sensores típica.



Este objetivo se logra a través de la definición de modelos de objeto comunes para el transductor y para la red de transductores inteligentes, junto con las especificaciones de la interfaz de estos modelos. En la figura 13 se observa el Modelo de red de un Transductor Inteligente, muestra sus tres partes fundamentales.

Figure 13. Modelo P1451.1 de red para un Transductor Smart.



La primera parte muestra los componentes físicos del sistema. Esto se indica por componentes dibujados con las líneas continuas. Muestra un modelo compuesto de sensores y actuadores conectados a alguna interfaz electrónica para formar un modulo de interfase de transductores (STIM). El STIM se conecta sobre una interfaz a un microprocesador o controlador que están unidos a la red. La especificación de interfaz de hardware entre el sensor/actuador y el resto del hardware del dispositivo, se indica por la línea continua, vertical en la figura 13.

La parte lógica del sistema se muestra por los componentes punteados. La IEEE transducer interface Specification encapsula los detalles de la aplicación del

hardware dentro de un modelo de programación simple, eso hace que el sensor o los actuadores parezcan como driver de entrada/salida. Este modelo lógico y la especificación de la interfaz son usados por la IEEE Network Interface Specification, para definir un modelo de datos para el transductor inteligente que esta soportado por la red.

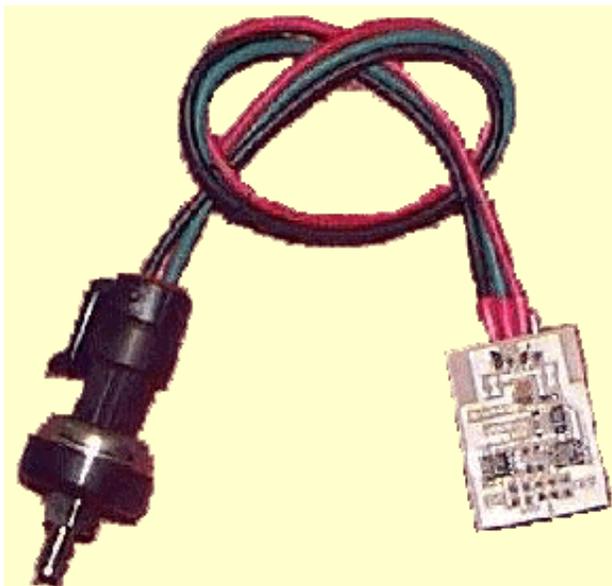
La tercera parte del sistema es proporcionado por el callouts que indica las fuentes y responsabilidades para los componentes de la especificación. Estas interfases son opcionales, en el sentido que no todos deben utilizarse en una aplicación. Por ejemplo si el apoyo interoperable para los transductores no se requiere, es permisible no usar la Especificación de Interfaz de Hardware pero todavía usar la Especificación de Interfaz de Red. De una manera similar si conectando una red de computadoras no se apoya, o si la aplicación de la gestión de redes está cerrada, no es necesario usar la Especificación de Interfaz de Red, pero todavía conseguir los beneficios de usar la Especificación de Interfaz de Transductor.

2.3.3. IEEE 1451.2

Esta norma define un protocolo de comunicación para la conexión digital. Este protocolo se usa para acceder al TEDS, leer las medidas del sensor y enviar las señales digitales al actuador. La interfaz digital es utilizable por todos los tipos de sensores y actuadores.

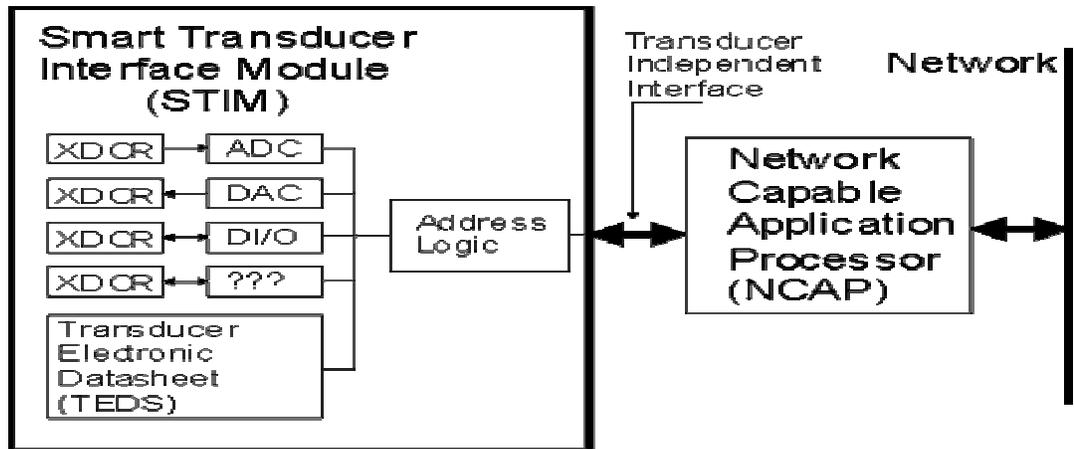
La figura 14 muestra un ejemplo de STIM, consiste en un sensor, un TEDS y la parte electrónica asociada (en una tabla de PC pequeña) para llevar a cabo las 1451.2 interfases digitales.

Figura 14. Un ejemplo de STIM.



La figura 15 Muestra un diagrama de bloques de la interfase 1451.2.

Figura 15. Diagrama de bloques de la interfase 1451.2.

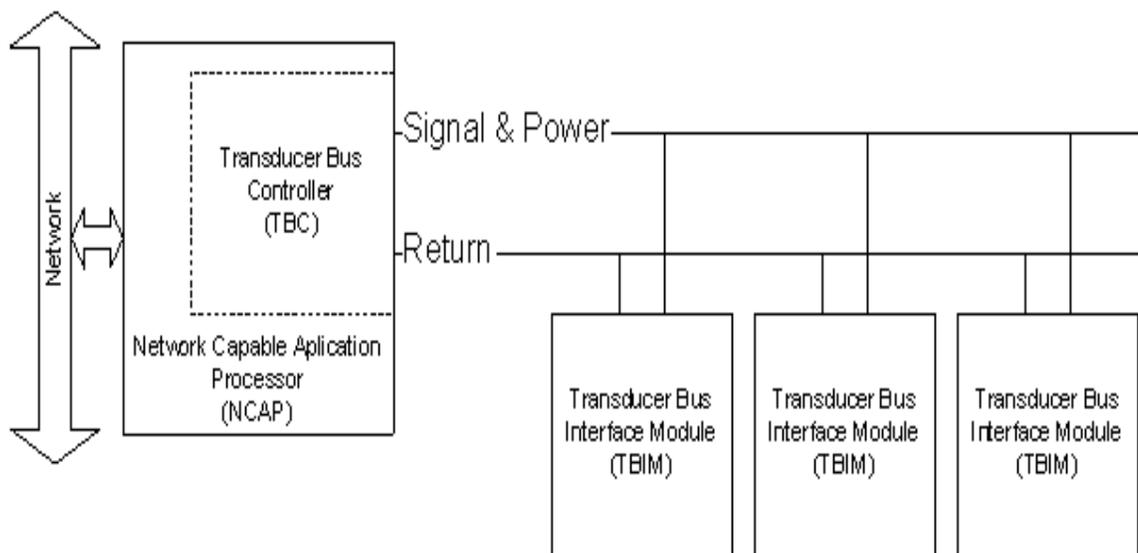


2.3.4. IEEE 1451.3.

La IEEE P1451.3. fue formada para desarrollar una interfaz de transductores inteligentes estándar para bus de transductores de baja distribución o red. El estándar definirá las interfases eléctricas. El estándar permitirá a los dispositivos simples con baja tasa de muestreo de datos y los requerimientos de tiempo de correlación moderados ser diseñados y construidos. En el otro lado del espectro dispositivos que tienen los requisitos de anchos de banda a varios ciento kilohertzios y requisitos de correlación de tiempo estarán en el rango de nanosegundos. Se espera que los dispositivos de cualquier lado del espectro

podieran coexistir en el mismo bus. La figura 16 es una representación de lo que se espera en el campo físico. Como se muestra en el diagrama una sola línea de la transmisión se usará para proporcionar la potencia a los transductores y proporcionar la comunicación entre el controlador y el Transducer Bus Interface Module (TBIM). Se espera un bus que tenga un controlador de bus y muchos TBIMs. La Network Capable Application Processor (NCAP) contiene el controlador para el bus y la conexión a la red más ancha que puede soportar muchos otros buses. Un TBIM puede contener uno o más transductores diferentes.

Figura 16. Representación física de la IEEE 1451.3



2.3.5. IEEE 1451.4.

El P1451.4 fue formado para definir una especificación de la interfaz para los transductores analógicos. Se define un protocolo de comunicación digital para acceder los datos de TEDS que contienen información de fabricación y características del transductor y parámetros así como los datos de la calibración. Cuando un transductor primero viene en línea, entrará en el modo digital y mandará los datos de TEDS. Entonces entra en el modo analógico para el funcionamiento normal. La interfaz propuesta será compatible con el IEEE 1451.1 Network interface Standar.

CAPITULO 3

Metodología de Conexión Remota con Internet/Intranet

3.1. NOCIONES PRELIMINARES.

3.2. COMUNICACIÓN CON INSTALACIONES REMOTAS.

3.3. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN SISTEMAS DIGITALES DE MONITOREO Y CONTROL.



3.1. NOCIONES PRELIMINARES.

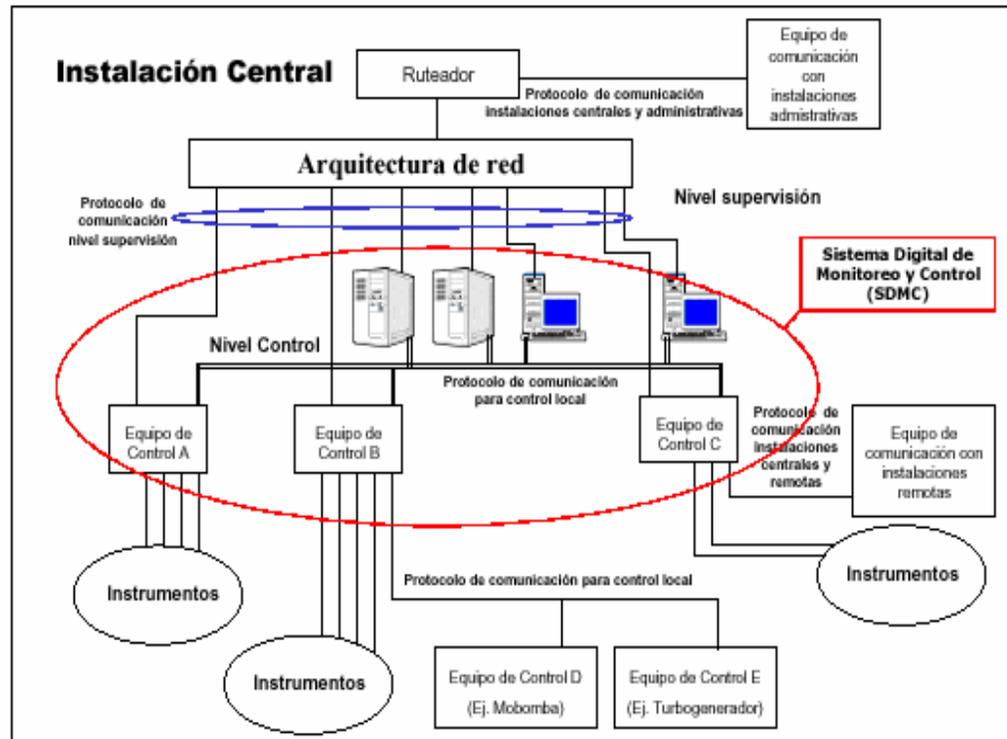
Un sistema digital de monitoreo y control en una instalación central, se compone por uno o varios equipos de control que entre otras funciones integran información de un proceso local, de equipos de control, de equipos paquete y de equipos de control en instalaciones remotas, con la finalidad de tomar decisiones operativas para la producción. Adicionalmente proporciona información a instalaciones administrativas respecto al estado de la operación del proceso.

En un proceso industrial existen los siguientes niveles:

1. La comunicación con equipos de control ubicados en instalaciones remotas.
2. Las comunicaciones entre equipos de control de equipos paquete.
3. Los equipos de control del sistema digital de monitoreo y control, llamada comunicación de control local y las comunicaciones para fines de supervisión realizadas con las instalaciones administrativas.

En la figura 17 se puede observar la disposición de cada uno de los elementos que conforman estructuralmente una red de monitoreo y control de procesos.

Figura 17. Elementos que conforman estructuralmente una red de monitoreo y control de procesos.



3.2. COMUNICACIÓN CON INSTALACIONES REMOTAS, CENTRALES Ó ADMINISTRATIVAS.

La comunicación de equipos de control ubicados en las instalaciones centrales con los equipos de control ubicados en las instalaciones remotas requiere de un protocolo de comunicación que deben cumplir con unos requerimientos.

Típicamente los sistemas digitales de monitoreo y control que involucran aplicaciones entre instalaciones remotas e instalaciones centrales, por la distancia entre una y otra, y/o las características del terreno donde se ubican, requieren del uso de un equipo de comunicaciones supla esta deficiencia.

3.2.1. ESTRATEGIA DE MANEJO DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL EN INSTALACIONES REMOTAS.

Cuando se requiere un enlace de comunicación para el intercambio de información entre los equipos de control de las instalaciones remotas y los equipos de control de las instalaciones centrales, generalmente se emplean sistemas de comunicación los cuales no tengan gran cantidad de equipos, lo que genere problemas con la instalación.

Se establecen dos categorías para la interconexión de los equipos de control con los equipos de comunicación, basado en la cantidad de equipos de control que se localizan en la instalación remota. Estas categorías son:

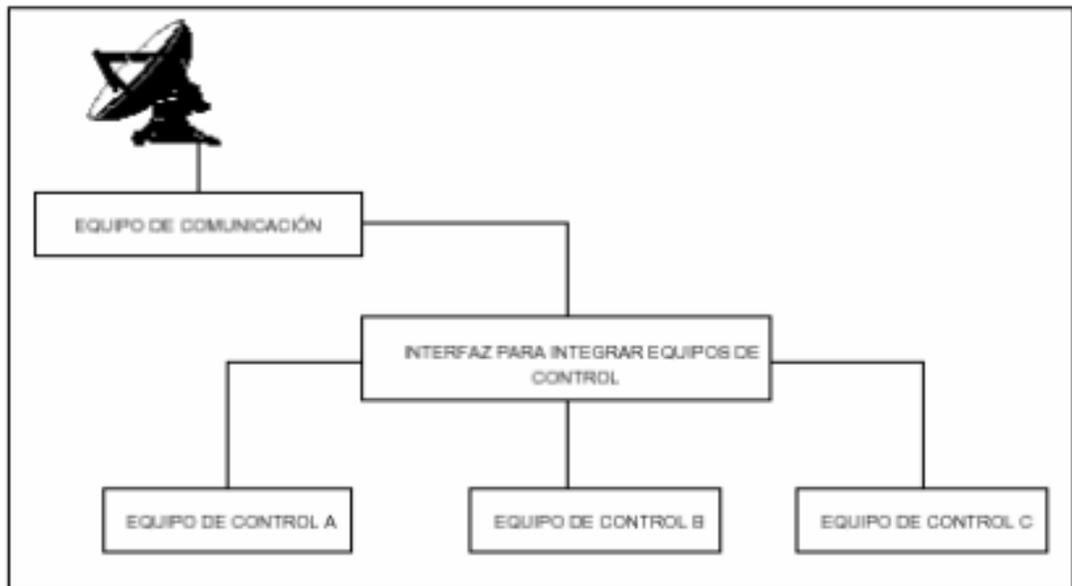
El equipo de comunicación y el equipo de control a través de una interfaz de comunicación (hardware y software del equipo de control que permite conectarse a un equipo de comunicación para transmitir información), deben conectarse en

forma directa empleando para ello cables, conectores y todos los elementos necesarios para el correcto funcionamiento de este enlace.

Cuando en una instalación remota se van a interconectar dos o más equipos de control que intervienen en el proceso como se muestra en la figura 18, para el envío / recepción de datos entre ellos, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Definir si la medición de las variables de proceso es con propósitos de monitoreo y/o control.
2. Definir si la aplicación es en proceso o seguridad.
3. Verificar si los equipos de control son del mismo fabricante o de diferentes fabricantes.
4. Definir la estrategia para integrar los equipos de control al equipo de comunicación.
5. Definir el requerimiento de una interface para integrar los equipos de control con el equipo de comunicación, como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Requerimientos de integración de equipos de control en una instalación remota.



3.2.2. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA CONTROL LOCAL.

Los enlaces de comunicación entre equipos de control dentro de una instalación deben emplear como medios de comunicación cable de cobre o fibra óptica. Se deben considerar dos tipos de aplicaciones: las aplicaciones de equipos de control para seguridad y las aplicaciones de equipos de control para proceso.

Los equipos de control local del mismo fabricante interconectados para hacer funciones de control en una aplicación de seguridad deben emplear un protocolo de comunicación propietario. En la integración de equipos de control de diferentes fabricantes para hacer funciones de control en una aplicación de seguridad, la selección del protocolo de comunicación debe ser realizada considerando las siguientes funcionalidades:

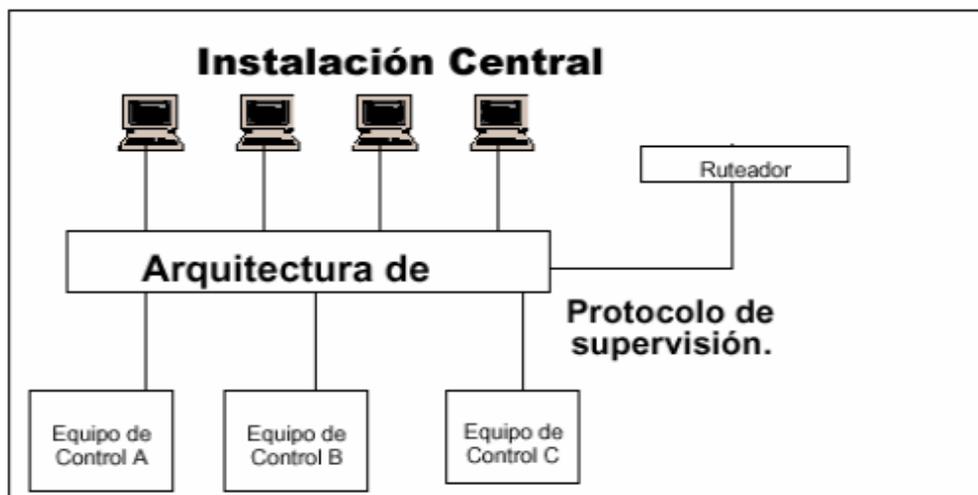
- Adquisición de datos a través de proceso de interrogación secuencial.
- Adquisición de datos a través de reporte por excepción en proceso de interrogación secuencial.
- Adquisición de datos a través de reporte por excepción no solicitado.
- Redundancia de comunicación.
- Prioridad de datos.
- Estampado en tiempo.
- Determinismo y repetibilidad.
- Operaciones punto a punto.
- Sincronización de relojes.

La función de supervisión involucra estaciones de supervisión y equipos de control, como se muestra en la figura 19. Las estaciones de supervisión son las interfaces humano - máquina que tienen la finalidad de presentar la información de la planta al operador y que le permite tomar acciones de control en el proceso.

Se tienen tres casos de comunicación al realizar funciones de supervisión:

- a) Comunicación entre instalaciones remotas e instalaciones centrales.
- b) Comunicación entre las estaciones de supervisión y los equipos de control dentro de una instalación.
- c) Comunicación entre instalaciones centrales e instalaciones administrativas.

Figura 19. Equipos de control y estaciones de supervisión en una instalación central.

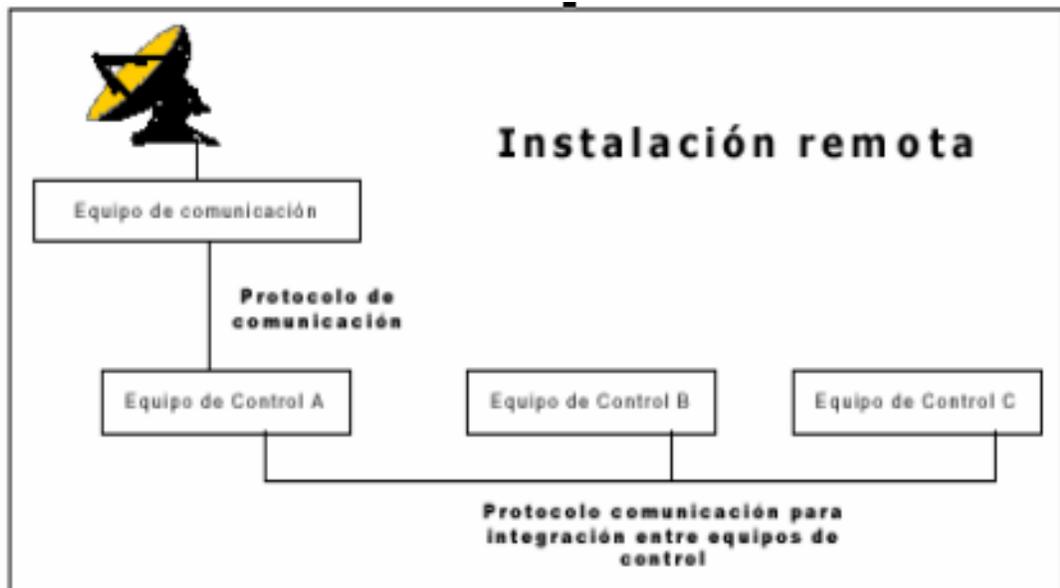


Cuando se requieren hacer funciones de monitoreo desde las instalaciones centrales, de variables de proceso en instalaciones remotas, independientemente

del tipo de aplicación (seguridad o proceso), se debe considerar los siguientes casos para interconectar los equipos de control con el equipo de comunicación:

- Empleando un solo equipo de comunicación, el diseñador debe definir la solución de interconexión de los equipos de control con el equipo de comunicación. Así mismo, debe considerar el uso del protocolo de comunicación propietario del fabricante de los equipos de control para integrar la información entre equipos de control como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Localización de protocolos de comunicación para equipos de comunicación y protocolos de comunicación para integración de equipos de control.



- Se debe emplear un solo equipo de comunicación para el enlace de la instalación remota con la instalación central como se ilustra en la figura 20. En la selección del protocolo de comunicación que opera del equipo de control hacia el equipo de comunicación, mostrado en la figura 20, el diseñador debe considerar la funcionalidad de protocolos de comunicación. En el caso de requerirse un protocolo para integrar la información de más de un equipo de control, como se muestra en la figura 20, el diseñador debe considerar lo establecido el Protocolo de comunicación para control local entre equipos de control mas adecuado.

3.2.3. COMUNICACIÓN ENTRE LAS ESTACIONES DE SUPERVISIÓN Y LOS EQUIPOS DE CONTROL EN UNA INSTALACIÓN CENTRAL.

Los enlaces de comunicación entre equipos de control y estaciones de supervisión en una instalación central deben emplear como medios de comunicación cable de cobre o fibra óptica, y deben considerar Redes de cableado estructurado de telecomunicaciones para edificios administrativos.

Los protocolos de comunicación que deben ser empleados para comunicar las estaciones de supervisión y los equipos de control en una instalación central, son:

A nivel de las capas física y de enlace de datos (capas 1 y 2 de acuerdo al modelo OSI) entre las estaciones de supervisión y los equipos de control, se deben soportar de acuerdo al ISO/IEC 8802.3: 2000 “Tecnología de información --Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas -- Redes de área local y metropolitana -- Requerimientos específicos” – Parte 3: “Especificaciones de capa física y método de Acceso Múltiple de Detección de Portadora con detección de colisión (CSMA/CD)”, comúnmente llamado Ethernet y la norma ISO/IEC 8802.2: 1998 “Tecnología de información -- Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas -- Redes de área local y metropolitana -- Redes de área local y metropolitana Requerimientos específicos” -- Parte 2: “Control de Enlace lógico”.

A nivel de las capas de red y transporte (capas 3 y 4 de acuerdo al modelo OSI), se deben emplear el protocolo de Internet y el protocolo de control de transporte (TCP/IP).

A nivel de las capas de sesión, presentación y aplicación (capas 5, 6 y 7 del modelo OSI) se debe considerar uso del estándar OPC (OLE para Control de Proceso), para integrar equipos de control nuevos.

En el caso de los equipos de control existentes debe considerarse el uso de Intercambio Dinámico de Datos (DDE) para poder supervisar los datos.

Los conmutadores de datos (switches) y ruteadores, en caso de emplearse, deben soportar el uso del protocolo de Internet (IP) seleccionado y los protocolos de red de acuerdo al ISO/IEC 8802.2: 1998 "Tecnología de información -- Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas -- Redes de área local y metropolitana -- Redes de área local y metropolitana -- Requerimientos específicos" -- Parte 2: "Control de Enlace lógico".

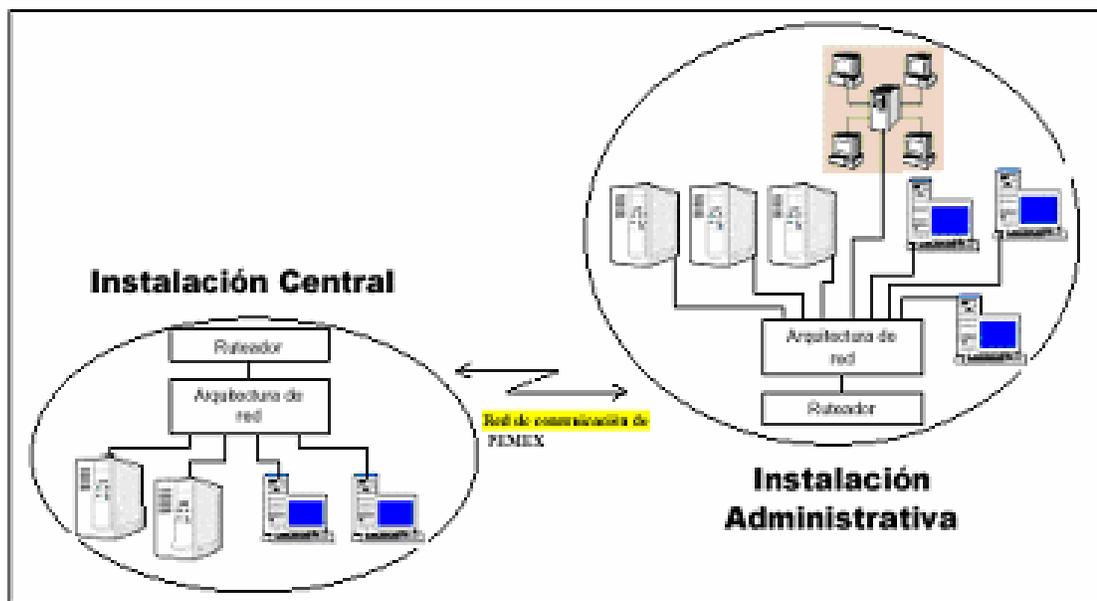
El uso de convertidores de protocolo de comunicación (gateways) para equipos de control ya existentes es permitido únicamente cuando sus interfaces de comunicación no cuentan con la capacidad de proporcionar el enlace de comunicación a la red Ethernet (ISO/IEC 8802.3-1996), el protocolo de control de enlace de datos, protocolo de Internet (IP) y el protocolo de control de transporte (TCP/IP).

El protocolo empleado en la capa de red, es el protocolo de Internet (IP). Sin embargo, se acepta el uso de otros protocolos de capa de red que sean compatibles con el protocolo de la capa de transporte y que puedan manejar el protocolo de la capa de enlace de datos de acuerdo al ISO/IEC 8802.2: 1998 “Tecnología de información -- Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas -- Redes de área local y metropolitana -- Redes de área local y metropolitana -- Requerimientos específicos” -- Parte 2:“Control de Enlace lógico”.

3.2.4. COMUNICACIÓN ENTRE INSTALACIONES CENTRALES E INSTALACIONES ADMINISTRATIVAS PARA FUNCIONES DE SUPERVISIÓN.

Los protocolos de comunicación para instalaciones administrativas son los que están involucrados en la transferencia de información entre aplicaciones de los sistemas informáticos que intervienen en los niveles de control y operaciones de producción, de la logística y planeación de negocios, de acuerdo a la especificación extranjera ANSI/ISA 95.00.01-2000 “Integración de sistemas de control y de negocios“, como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Integración de equipos entre instalaciones centrales y administrativas.



3.2.5. PROTOCOLOS PARA EL SISTEMA INTEGRAL DE INFORMACIÓN DE CONTROL DEL PROCESO.

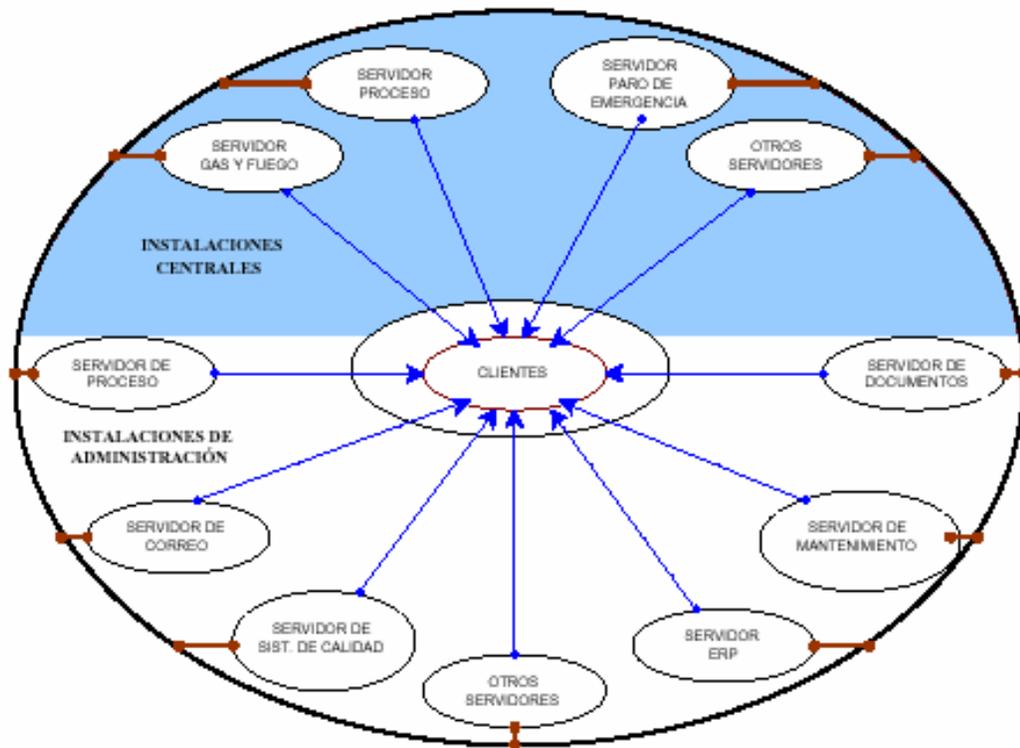
El sistema integral de información de control del proceso es el sistema que involucra servicios de información relacionados con el monitoreo y control de los procesos, así como de todas las actividades interrelacionadas para la planeación y

toma de decisiones, para asegurar la calidad en procesos industriales. La información involucrada puede pertenecer a los siguientes rubros:

- Procesamiento de órdenes.
- Programación de la producción.
- Control de la producción.
- Ingeniería para el soporte del proceso
- Control de las operaciones, Planificación de las operaciones, Control de la energía y los materiales, Aseguramiento de la calidad.
- Contabilidad del costo del producto, Administración del embarque del producto, Administración del mantenimiento, Investigación, Desarrollo e Ingeniería, y Mercadeo y ventas.

Esto solo es valido para protocolos de comunicación entre estaciones de supervisión o servidores ubicados en instalaciones centrales e instalaciones administrativas, ver figuras 21 y 22.

Figura 22. Modo funcional para la intercomunicación entre equipos de instalaciones centrales y administrativas.



Los protocolos de comunicación que sean empleados en redes de comunicación deben apegarse al modelo TCP/IP, para lo cual deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para satisfacer los requerimientos de la capa Internet (capa 3 del modelo OSI), deben utilizarse alguno de los protocolos siguientes: el Protocolo Internet (IP), Protocolo de Mensajes de Control en Internet (ICMP),

Protocolo de resolución de direcciones (ARP) y el Protocolo de resolución de dirección inversa (RARP). Así mismo, puede seleccionarse el protocolo de enrutamiento (Protocolo de información de enrutamiento RIP), Protocolo de enrutamiento convertidor de protocolos interior (IGRP), Protocolo de enrutamiento convertidor de protocolos interior mejorado (EIGRP), Protocolo de primer vía corta abierta (OSPF), etc., de acuerdo a las necesidades de comunicación.

- Para satisfacer los requerimientos de la capa de transporte (capa 4 del modelo OSI), se cuenta con dos protocolos: el protocolo de control de transmisión (TCP), y el protocolo de mensajes de datos de usuario (UDP).
- El protocolo TCP se debe usar cuando el usuario requiere confiabilidad en el transporte de datos y confirmación en la recepción de información. El protocolo UDP se usa cuando no se requiere confirmación en la recepción de información, ni confiabilidad en el transporte de datos.
- Para satisfacer los requerimientos de la capa de Aplicación, el contratista y/o proveedor debe definir un protocolo que asegure la comunicación entre las aplicaciones involucradas, cumpliendo con los requerimientos de eficiencia de intercambio de información.

3.2.6. TECNOLOGÍAS O PROTOCOLOS PARA INTEROPERABILIDAD ENTRE APLICACIONES.

Las instalaciones administrativas disponen de procesos para el manejo de información, todos ellos vinculados para lograr un objetivo en común que es lograr que la empresa sea más competitiva. Estos procesos de manejo de información se efectúan en forma local en servidores específicos, tal como servidores de correo, servidores de información para la administración del conocimiento, servidores para la administración del mantenimiento, servidores de información de proceso, servidores para la planificación de recursos de la corporación (ERP), etc., como se muestra en la figura 22.

Las aplicaciones residentes en los servidores de información para las actividades del negocio o las actividades de control del proceso, deben estar vinculadas por medio de tecnologías, algoritmos o protocolos que permitan el intercambio satisfactorio de la información.

Para múltiples aplicaciones corriendo bajo un ambiente operativo Windows, en una misma estación de supervisión, se debe utilizar OPC (OLE para Control de Proceso). Cuando una aplicación no soporte OPC, debe emplearse el Intercambio

Dinámico de Datos (DDE) para lograr la transferencia de datos de una aplicación a otra. Dichas aplicaciones deben de soportar Interconectividad de Bases de Datos Abierta (ODBC).

Independientemente del sistema operativo, cuando se requiera transferir datos entre aplicaciones residentes en distintos servidores o estaciones de supervisión, debe emplearse el estándar OPC (cliente, servidor o ambos, según sea requerido). Cuando una aplicación de un servidor no soporte OPC, debe emplearse el lenguaje estructurado de consultas (SQL) para la transferencia de información entre bases de datos.

La intercomunicación entre los servidores del sistema integral de control y los del sistema de las actividades del negocio (ERP), debe ser realizada como primera instancia empleando OPC, servidor o cliente, según sea el caso. De no soportar OPC el sistema de actividades del negocio (ERP) la transferencia de información debe ser realizada empleando el lenguaje estructurado de consultas (SQL). Se debe verificar que las aplicaciones que se deben intercomunicar soporten formatos apropiados para la capa 3 del modelo OSI, con la finalidad de que la información sea correctamente codificada y decodificada en el origen y en el destino, respectivamente.

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista de la arquitectura, el protocolo de comunicación ETHERNET se ha reforzado utilizando el nombre de Industrial ETHERNET. Su configuración y manejo es el mismo que el ETHERNET normal usado en las oficinas, pero con la diferencia de haber sido rediseñada para ser utilizada en entornos industriales para el control de procesos. Entre las características que resaltan tiene redundancia incorporada, su carácter determinístico y durabilidad, lo cual es necesario para los equipos que permanecen conectados en las difíciles condiciones de un ambiente industrial.

El mayor aporte del protocolo de comunicaciones INDUSTRIAL ETHERNET en el área de la Instrumentación y Automatización industrial es en la interconexión a nivel de campo de sensores, actuadores y controladores generando el surgimiento de diversos protocolos para la comunicación industrial sobre Ethernet. Tal es el caso de MODBUS TCP/IP el cual tiene las ventajas de ser un protocolo abierto, ampliamente aceptado en la industria y de fácil implementación, pero con la desventaja de no soportar las comunicaciones basadas en objetos.

Las normas IEEE 1451 son el protocolo que estandariza la conexión de los instrumentos directamente a ETHERNET. Este protocolo permite la incorporación directa del protocolo de comunicaciones TCP/IP en el instrumento, lo cual

posibilita la comunicación entre equipos a través de INTERNET/INTRANET generando un gran auge de este tipo de tecnologías y mejorando las comunicaciones entre los distintos departamentos de la empresa de manera incalculable, generando estabilidad dentro de la empresa lo que conlleva en una mayor rentabilidad.

Las normas IEEE1451 se enfocan en el hecho de que los sistemas de control y supervisión de procesos industriales están cada vez más orientados hacia una utilización de sistemas de control distribuidos, para poder implementar indistintamente elementos de distintos fabricantes sin pensar si hay que crear interfaces para que estos se entiendan. Todo esto nos lleva a pensar que muy pronto cualquier diseñador de sistemas de control de distribuidos estará en la capacidad de escoger cada uno de los componentes de su red de monitorización, control y mantenimiento sin necesidad de limitarse a un solo fabricante, lo que genera una mayor abertura en los mercados y las competencias cada día serán mayores, generando un avance vertiginoso en el control, monitorización y mantenimiento de los sistemas de control para procesos industriales.

La Intranet esta basada en los estándares y protocolos abiertos desarrollados en Internet aplicados a nivel local; es decir sin salir de la red interna de comunicaciones de la empresa, estos estándares abiertos soportan aplicaciones y servicios que normalmente se pueden acceder de manera rápida y fácil por

cualquier cliente de la red dependiendo de su nivel de acceso. Existen muchos casos donde este sistema es de gran ayuda unido a los distintos programas existentes en el mercado de los sistemas de control, uno es el caso de las conexiones remotas a partir de interfaces graficas programadas en JAVA y accedidas remotamente a través de INTRANET, gracias a su pila de protocolos TCP/IP para las comunicaciones de red.

El uso de INTRANET a nivel industrial se basa en que son un sistema muy poderoso para permitir a una compañía desde hacer negocios en línea hasta controlar totalmente toda la planta de producción remotamente en tiempo real, ejemplos de dicha aplicación, es que cualquier cliente tenga la facilidad de cotizar ó solicitar vía Internet cualquier producto de la empresa y, a su vez que los ingenieros u operarios se encuentren en contacto con la empresa aún cuando estén aislados geográficamente y puedan estar monitoreando y controlando el comportamiento de la planta en general, son de las muchas aplicaciones que permite este tipo de comunicaciones. Es muy claro que su implementación en sistemas distribuidos de control, ha generado que estos sean cada vez más flexibles, fiables y potentes, logrando que las empresas cada día sean más competitivas y rentables.

El gran avance de las tecnologías de la información, unida a la existencia previa de los sistemas de comunicación en planta para el intercambio de información

general, ha dado paso a la posibilidad de utilizar remotamente la información disponible del proceso permitiendo que los sistemas de producción sean más abiertos y flexibles. En la actualidad todo se centra en investigar las posibilidades que existen para diseñar sistemas de control distribuido capaces de ser monitorizados y controlados remotamente. Para esto existen gran cantidad de posibilidades, para cumplir con dicha conexión, pero la más auge y posibilidades de crecimiento es el control e intercambio de información a partir de MODBUS TCP/IP, INDUSTRIAL ETHERNET e INTRANET, que se han convertido en tres plataformas de gran utilidad en la actualidad y han generado que los sistemas puedan ser controlados en tiempo real, lo cual es de gran importancia cuando manejamos procesos de mucho cuidado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Daponte P., Nigro L., and Tisato F., "Virtual laboratory: an object-oriented framework", In Proc. Of the 1994 Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 11-16, May 1994.
- [2] ESCOBAR, Angélica M. y SANCHEZ, Hugo A. Implementación de una Red Inalámbrica usando el protocolo MODBUS. Trabajo de grado, Universidad del Valle. Santiago de Cali, 2001.
- [3] Howarth D. "*Performing data acquisition over the internet*". Sensors, vol. 15 No. 1 pp.49-51 January 1998.
- [4] Lutz, Thomas. "*Using TCP/IP as an instrument interface*", Sensor, Vol. 15 , No. 7 , ppp 43-46, July 1998.
- [5] Ruiz, C. *Instrumentación Inteligente (III): El futuro está aquí*. Revista Automática e Instrumentación. Diciembre 2000. no 313. pp56-60.
- [6] Spoelder H., "*Virtual Intrumentation and virtual Enviroments*". IEEE Instrumentation and measurement magazine, Vol. 2 No. 3 pp 14-17 , sept 1999.

[7] Wesley Cole and John Eidson. "Closed Loop Control Using Ethernet as the Fieldbus", , ISA 97 Conference Proceedings.

[8] <http://www.modbus.org/default.htm>

[9] <http://www.modbus-ida.org>

[10] <http://www.intellicom.se/solutions.shtml>

[11] http://www.intellicom.se/ModbusTCP_overview.shtml

[12] http://www.intellicom.se/ethernet_tutorial_2.shtml

[13] http://www.hirschmann.de/Industrial-Ethernet/industrial_ethernet_en.pdf;
[Industrial Ethernet.](#)

[14] http://www.applicom-int.com/us/applicom_en/protocols/_protocols_Modbus_T/_protocols_modbus_tcp_ip.html [protocols] Modbus TCP-IP

[15] <http://www.applicom-int.com/us/products/direct-link/SW1000/SW1000.htm>
[protocols] Modbus TCP-IP2

[16] http://www.moxa.com/product/about_industrial_ethernet.htm (About Industrial Ethernet)

[17] http://www.intellicom.se/modbus_ethernet.shtml (Modbus to Ethernet).

[18] <http://www.intellicom.se/modbustcp.shtml> (Modbus tcp overview).

[19] <http://ieee1451.nist.gov/>

[20]

<http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/A64B197A80F62E3C86256A5D0082EE06>

[21] <http://scmstore.com/SCM-Hacker/num8/project/domo.htm>

[22] http://www.disa.bi.ehu.es/gcis/spanish/lineas_de_investigacion/line_tecn.html

[intranet](#)

[23]

<http://www.google.com.co/url?sa=U&start=6&q=http://www.sib.org.bo/articulos/pdfs/ame03.pdf&e=10313>

[24]

http://www.google.com.co/url?sa=U&start=6&q=http://www.afina.com.mx/download/docs/webtrends/Firewall_rep_ana.ppt&e=10313 📄