

**REDES DE COMUNICACIÓN AS-I. FUNCIONAMIENTO, VENTAJAS Y ESTADO  
DEL ARTE**

**DUVÁN ALIRIO LÓPEZ CASTILLO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2004**

**REDES DE COMUNICACIÓN AS-I. FUNCIONAMIENTO, VENTAJAS Y ESTADO  
DEL ARTE**

**DUVÁN ALIRIO LÓPEZ CASTILLO**

**Monografía para optar al título de  
Especialista en Telecomunicaciones**

**Director:**

**JULIO AUGUSTO GÉLVEZ FIGUEREDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2004**

## **AGRADECIMIENTOS**

El Autor expresa sus agradecimientos a:

Julio Augusto Gélvez Figueredo, Ingeniero Electricista, Director de la Monografía, por sus orientaciones y aportes.

Directivos, Docentes y Administrativos de la Universidad Industrial de Santander, donde se cursó esta especialización.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, contribuyeron en este estudio.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo General.	13
1.2.2 Objetivos Específicos.	13
1.3 JUSTIFICACION	14
2. COMIENZO Y DESARROLLO DE LAS REDES AS-I	15
2.1 REDES DE CAMPO	16
3. CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE LAS REDES AS-I	19
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REDES AS-I	19
3.2 VENTAJAS DE LAS REDES AS-I	20
4. PARTES DE LAS REDES AS-i	22
4.1 MAESTRO AS-i	23
4.1.1 Maestro Autómata Programable.	23
4.1.2 Maestro Pasarela.	23
4.2 FUENTE DE ALIMENTACION	23
4.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN AUXILIAR	24
4.4 CABLE AS-i	24
4.4.1 Cable Plano con Guía de Posicionamiento.	24
4.4.2 Cable redondo estándar.	26
4.4.3 Cable Redondo Apantallado.	26
4.5 REPARTIDORES	27
4.6 ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y DERIVACIÓN	27

4.7 ACCESORIOS DE AMPLIACIÓN PARA LA RED	27
4.8 EL REPETIDOR AS-i	27
4.9 ESCLAVO AS-i	28
4.10 CIRCUITO INTEGRADO ESPECÍFICO	28
4.11 INTERFACES DE RED PARA ENTRADAS Y SALIDAS	29
5. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED AS-I Y SU PROTOCOLO	30
5.1 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL APLICADA EN LA RED:	30
5.1.1 Pasos Ocurridos en la Emisión de las Señales.	30
5.1.2 Intensidad Emitida.	30
5.1.3 Señales en el Cable AS-i.	31
5.1.4 Pasos Ocurridos en la Recepción de Señales.	31
5.1.5 Reconstrucción de la señal.	32
5.1.6 Principio de la Codificación Manchester Diferencial.	33
5.2 PRINCIPIOS DE COMUNICACIÓN EN EL SISTEMA MAESTRO ESCLAVO	34
5.3.1 Principio del intercambio de datagramas o telegramas.	42
5.3.2 Clases de Petición del Maestro.	43
5.3.2.1 Intercambio de datos.	43
5.3.2.2 Escritura de los Parámetros.	44
5.3.2.3 Asignación de la dirección.	44
5.3.2.4 Vuelta al estado inicial.	45
5.3.2.5 Supresión de una Dirección.	46
5.3.2.6 Lectura de la Configuración para las Entradas y Salidas.	46
5.3.2.7 Lectura del código de identificación del esclavo.	47
5.3.2.8 Lectura del estado del esclavo.	48
5.3.2.9 Lectura y puesta a cero de los bits de estado.	48
5.4 PUESTA A PUNTO DE LAS REDES AS-i	49
6. INTERCONEXIÓN DE REDES AS-i	52
7. PRODUCTOS Y APLICACIONES DE LA REDES AS_i	57
CONCLUSIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	61

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Red AS-i elemental y sus partes.	22
Figura 2. Fuente de alimentación	23
Figura 3. Características físicas del cable AS-i.	25
Figura 4. Características físicas del cable redondo estándar.	26
Figura 5. Características físicas del cable redondo apantallado	26
Figura 6. Ubicación del repetidor.	28
Figura 7. Circuito integrado específico.	28
Figura 8. Secuencia numérica emitida.	30
Figura 9. Secuencia codificada en Manchester	30
Figura 10. Intensidad Emitida	31
Figura 11. Señales en el cable AS-i	31
Figura 12. Impulso negativo.	31
Figura 13. Impulso positivo.	32
Figura 14. Suma de los dos pulsos.	32
Figura 15. Secuencia numérica reconstruida.	32
Figura 16. Codificación Manchester diferencial.	34
Figura 17. Pasos ocurridos en el maestro para la comunicación con la red.	35
Figura 18. Tablas del maestro con información de los esclavos.	37
Figura 19. Diagrama de flujo para el procedimiento que se realiza durante la etapa de detección.	38
Figura 20. Diagrama de flujo de la etapa de activación.	39
Figura 21. Dialogo entre maestro y esclavos.	41
Figura 22. Cantidad de bits empleados por el maestro y esclavo en una comunicación	41
Figura 23. Explicación de los bits que intervienen en el protocolo de	

comunicación para un maestro.	42
Figura 24. Explicación de los bits que intervienen en el protocolo de comunicación para un esclavo.	43
Figura 25. Petición del maestro para el Intercambio de datos.	43
Figura 26. Respuesta del esclavo para el intercambio de datos.	43
Figura 27. Petición del maestro para la escritura de los parámetros.	44
Figura 28. Respuesta del esclavo para la escritura de los parámetros.	44
Figura 29. Petición del maestro para la asignación de direcciones.	45
Figura 30. Respuesta del esclavo para la asignación de direcciones	45
Figura 31. Petición del maestro para configurar un maestro en su estado inicial.	45
Figura 32. Respuesta del esclavo para la confirmación de haber recibido la información	45
Figura 33. Petición del maestro para supresión de una dirección.	46
Figura 34. Respuesta del esclavo para supresión de una dirección.	46
Figura 35. Petición del maestro para configuración de entradas y salidas.	46
Figura 36. Respuesta del esclavo.	47
Figura 37. Petición del maestro para leer el código de identificación del esclavo.	47
Figura 38. Respuesta del esclavo para que el maestro lea el código de identificación del esclavo.	47
Figura 39. Configuración de los bits para el estado de los esclavos.	48
Figura 40. Petición del maestro para saber el estado del esclavo.	48
Figura 41. Respuesta del esclavo para saber el estado del esclavo.	48
Figura 42. Petición del maestro para leer los bits del esclavo.	49
Figura 43. Respuesta del esclavo cuando el maestro pide leer los bits.	49
Figura 44. Ubicación y distribución de corriente para una red.	49
Figura 45. Panorama de conexiones para las redes AS-I.	52
Figura 46. Enlace de la red AS-I a la red Profibus.	53
Figura 47. Interconexión de AS-I con otra red por medio de un PC.	54

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Algunas especificaciones de los cables AS-I.	25
Cuadro 2. Redes para aplicaciones de control industrial e instrumentación.	55
Cuadro 3. Redes aplicadas en la industria del automóvil y maquinaria.	56
Cuadro 4. Características relevantes de la red AS-i.	56

## RESUMEN

TITULO: REDES DE COMUNICACIÓN AS-I. FUNCIONAMIENTO, VENTAJAS Y ESTADO DEL ARTE\*

AUTOR: LÓPEZ CASTILLO, Duván Alirio.\*\*

PALABRAS CLAVES: Redes de Campo, Sensores y Actuadores, Maestro Esclavo Automatización, Bus de Campo.

DESCRIPCIÓN: Este documento pretende dar un análisis básico del modelo de operación que se emplea en las redes de campo, en lo referente a sus características, funcionamiento, ventajas y aplicaciones; especialmente aquella clase de red que permiten comunicaciones entre sensores y actuadores que recogen la información de las diferentes variables en entornos industriales de producción. Para de esta forma aportar un respaldo teórico y bibliográfico a futuras consultas o inquietudes.

Se encuentran descritos varios tópicos teóricos importantes para esta clase de red; tal es el caso de sus partes, forma de comunicación, expansión con otras redes y ventajas tecnológicas; de tal forma que el lector pueda al final hacer un discernimiento y convencerse de las grandes aplicaciones que estas redes ofrecen en la actualidad.

Las redes AS-I fueron desarrolladas en Europa pero en el momento son muy implementadas en la industria por su bajo costo ya que datos y energía eléctrica pueden ir por el mismo cable, además la fácil instalación, adecuación modificaciones y mantenimiento la hacen atractiva como solución a proyectos de automatización industrial. La comunicación empleada es maestro esclavo, donde el maestro envía 14 bits y el esclavo responde con 7 bits; estas redes se pueden interconectar con otras de mayor jerarquización mediante elementos que hagan el respectivo puente y de esta forma llegar a un esquema mas global de información industrial.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica Y Telecomunicaciones. Director: Julio Augusto Gélvez Figueredo

## ABSTRACT

TITLE: THE AS-I NETWORKS COMMUNICATION. FUNCTIONING, STATE OF THE ART.\*

AUTHOR: LÓPEZ CASTILLO, Duván Alirio.\*\*

KEY WORDS: Field Networks, Sensors and Actuator, Master Slave, Automation, Bus of Field

DESCRIPTION: This document is intended to serve as a basic analysis of a model for the operation in field networks with reference to their characteristics, functioning, advantages and applications, especially the type of network which allows communication between sensors and actuator which collect information from the different variables and industrial surroundings relating to production and in this way contribute to a theoretic and bibliographic support of future consultations or enquiries.

Various important theoretical topics for this type of network are found described such as is the case of its parts, the form of communication, the expansion with other networks and technological advantages in such a way that the reader can in the end make a judgement and convince himself of the great number of applications which these networks offer in reality.

The AS-I networks were designed in Europe but at the moment they have been implemented mostly in industry because of its low cost as data and electric energy can travel by the same cable in addition to the ease of installation, adaptation to modification and maintenance which makes it attractive as a solution for industrial automation projects. The communication employed is the slave master in which the master sends 14 bits and the slave replies with 7 bits. These networks can be interconnected with others of a higher hierarchy by way of elements which function as the respective bridge and in this way reach a much greater global scheme of industrial information.

---

\* Monograph

\*\* Ability of Sciences Physical-mechanical School of Electric, Electronic Engineering and Telecommunications. Director: Julio Augusto Gélvez Figueredo

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años y especial a partir de los 70 se comenzaron a introducir los computadores en el control de procesos industriales, fundamentalmente para realizar tareas de vigilancia. Posteriormente, se comenzó a incluir también en las labores de control, ya que por su capacidad de cálculo y rapidez podía reemplazar al panel de control y tener programas para realizar estas tareas.

En la automatización de la industria moderna necesitan interactuar varios elementos; como son el caso de elementos de mando; estos a su vez son los que constituyen el nivel de campo. La tecnología de la automatización permite que estos elementos sean gestionados a través de módulos ubicados estratégicamente y enlazados a través de las redes.

En la actualidad, para la automatización de procesos se requiere un sistema de comunicaciones que se encargue de recoger la información suministrada por los diferentes actuadores, sensores y elementos de mando o equipos de campo que accionan y censan las diferentes variables del proceso. Esta necesidad amplía el número de protocolos para las comunicaciones correspondientes al nivel más bajo del proceso, entre ellos los empleados en redes AS-I, las cuales están siendo cada vez más utilizadas en la automatización y control de procesos industriales.

Las Redes AS-I, son un sistema de comunicaciones utilizado en automatización industrial, mediante cables bus entre actuadores y sensores;

es decir, los datos y la alimentación de la energía se transmiten mediante un cable común. Estas redes son implementadas donde los actuadores y sensores están repartidos por un sector o donde se necesite la interacción de sensores con actuadores del proceso.

# 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los procesos de automatización en la industria moderna están totalmente Integrados y comprenden un nuevo concepto de funcionamiento Las redes AS-i fresen una solución para recolectar datos y controlar las variables de cualquier sistema productivo en la industria moderna que este total o parcialmente globalizado.

Las redes AS-i en nuestro medio son poco aplicadas, porque esta tecnología fue desarrollada en Europa. Mediante esta monografía se pretende analizar las redes AS-i (interfaz sensor actuador), en lo referente a sus, características, funcionamiento (protocolo), ventajas y aplicaciones; para de esta forma poder brindar un respaldo teórico y bibliográfico que sirva como apoyo a posteriores consultas o investigaciones.

## 1.2 OBJETIVOS

**1.2.1 Objetivo General.** Dada la importancia de las redes AS-I en la industria moderna, se realiza la presente monografía, que tiene como objetivo general describir las características, funcionamiento, ventajas y aplicaciones de estas redes AS-i.

### 1.2.2 Objetivos Específicos.

- Detallar las características y ventajas de las redes AS-I (actuador sensor interface).
- Presentar el principio y funcionamiento del protocolo empleado en las redes AS-I.
- Presentar la forma como se integran las redes AS-I, con otras redes, tales como Profibus, Modbus y otras.

- Presentar una visión de las posibles aplicaciones de las redes AS-I en la industria moderna.
- Esta monografía lleva a su vez implícito, brindar un respaldo teórico y bibliográfico, que sirva como apoyo a posteriores consultas o investigaciones.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, para la Automatización de Procesos se requiere un sistema de comunicaciones que se encargue de recoger la información suministrada por los diferentes actuadores, sensores y elementos de mando o equipos de campo que accionan y sensan las diferentes variables del proceso. Esta necesidad implica el conocimiento de protocolos para las comunicaciones correspondientes al nivel mas bajo del proceso, como es el caso de las redes

AS-I, las cuales están siendo cada vez más utilizadas en la automatización y control de los procesos industriales.

## 2. COMIENZO Y DESARROLLO DE LAS REDES AS-I

Las redes AS-I, son un sistema de comunicación según normas (**EN 50295, IEC 6026-2**) para la automatización industrial y cuya función es la conexión de forma económica, mediante cable bus entre actuadores y sensores. Para permitir la compatibilidad de los componentes de diferentes constructores o fabricantes se unieron en 1990 once firmas que producían sensores y actuadores para diseñar y construir un bus económico y muy versátil que complaciera estas expectativas, ya que el mundo pasaba por una situación donde las empresas necesitaban invertir poco en sus procesos de automatización y optaron por producir una red económica, pero con gran capacidad tecnológica para la industria de la época. Los pioneros de este gran desarrollo se dividen en dos grupos.

Los miembros fundadores que se unieron y aportaron tecnología para producir las redes AS-I son: Festo KG, IFM Efector, Leuze electronic GmbH&Co, Pepperl + Fuchs GMBH, Erwin Sick GMBH, Siemens AG, Turck GmbH & Co KG

Después llegaron otros miembros que son: Allen Bradley, Datalogic Prod. GmbH, Eaton Corporation, Endress & Hauser, Groupe Schneider SA, Honeywell, Itec, Lumberg GmbH & Co, Omron Electronics, Europe.

Ya que en un principio se necesitaba unificar la tecnología y poner en el mercado el sistema AS-I, fue entonces cuando se fundó en 1991 la asociación para estandarizar las condiciones a cumplir por las conexiones mediante cable bus entre sensores y actuadores llamada Asociación AS-Interface; esta asociación acepta las especificaciones del consorcio AS-Interface, estandariza el sistema internacional, certifica y desarrolla productos; es decir, es la máxima entidad rectora de las redes AS-I. En la actualidad, aproximadamente, forman parte de la asociación mas de 250 participantes, todos los productos son probados, certificados y llevan el logotipo que caracteriza la red AS-I.

En el momento, la asociación AS-I, está cumpliendo las siguientes tareas para difundir por todo el mundo esta tecnología tan utilizada en la industria hoy día:

Difundir el concepto y la tecnología AS-I a escala mundial en toda la industria de la automatización; esto lo hace mediante la publicación en Internet de todos los avances, tecnologías utilizadas, estándares, innovaciones y otros.

Proporcionar a los usuarios información de actualidad sobre los trabajos relacionados con AS-I en cuanto a sus adelantos, modificaciones, estandarización y otros relacionados.

Trabajar en la elaboración de los perfiles a utilizar y especificaciones AS-I en la construcción y puesta en marcha de estas redes; para que de esta forma todo el mundo le pueda dar aplicaciones en muchos campos de la automatización, donde se requiera de esta red y este acorde con las necesidades de las industrias.

Certificar los productos adaptados a las normas estandarizadas AS-I para dar mayor confiabilidad y fortalecimiento de estas redes; para que de esta forma cuando se vaya a utilizar alguna red o parte de esta se haga con mayor confianza y su funcionamiento sea perfecto.

Gestionar la estandarización de dichas normas para su mayor confiabilidad y de esta forma tener un soporte eficaz en toda las implementaciones de estas redes y además, que los productores de redes ASI puedan fabricar partes de redes que acoplen perfectamente con otros productos ya hechos.

Antes de continuar con este tema es pertinente dar una información fundamental acerca de las redes de campo, ya que los sistemas AS-I hacen parte de este.

## **2.1 REDES DE CAMPO**

Las redes de campo son sistema de comunicaciones que interconectan diferentes dispositivos de adquisición de datos y control, es decir conectan computadores y autómatas con sensores y actuadores.

La finalidad de utilizar redes de campo en la industria de la producción es:

Reducción del número de cables, cosa que no tienen las instalaciones cableadas.

Robustez frente a interferencias y ruidos producidos por motores eléctricos, switches de potencia y relés entre otros; que en entornos industriales son muy comunes.

Fácil adición de componentes para las futuras actualizaciones de las industrias.

Conectividad de componentes diversos, típico en cualquier industria que se este continuamente actualizando y que se requiera gran variedad de equipos para la interconexión de las diferentes tareas de producción.

Comunicaciones en tiempo real, para de esta forma poder actuar con mayor seguridad en los procesos industriales; ya que en una cadena de producción se necesita actuar con rapidez y tener un registro de eventos durante todo el tiempo que se este funcionando.

En los buses de campo se transmiten diferentes tipos de datos, como se expresan a continuación:

**Datos de proceso:** Estos son señales que actúan directamente sobre los elementos que se van a controlar y que reflejan el funcionamiento perfecto de todo el entorno; como es el caso de datos que van a actuar sobre válvulas, variables de proceso, controladores, etc; cuya mayor cualidad es que deben ser muestreados y actualizados constantemente y en tiempo real.

**Parámetros o Mensajes:** Son datos que ajustan, monitorizan y programan dispositivos inteligentes; estos son los datos que actúan sobre computadores, autómatas, etc; estos no necesitan un muestreo cíclico continuo, sino por demanda; es decir cada elemento a controlar solicita estos datos. Son paquetes de datos más grandes que los de proceso.

También en las redes de campo hay diferentes tipos de datos y métodos para establecer la comunicación que se nombran a continuación; estos le ponen un toque de diferencia en cuanto a la complejidad, tecnología y por ende al costo y aplicabilidad de las diferentes redes.

Los tipos de datos son:

**Datos de Proceso:** Actúan directamente sobre el sistema controlado válvulas, variables de proceso, controladores, etc.

**Parámetros o Mensajes:** Ajustan, monitorizan y programan dispositivos inteligentes se piden con un muestreo por demanda.

La transmisión de datos para configuración y administración se hace por:

**Strobe:** Petición de información por parte de un maestro y envío por parte de los esclavos.

**Polling:** Envío de salidas a los esclavos y recepción de entradas de los mismos.

**Cambio de estado:** El dispositivo no transmite información hasta que no cambia su estado de apagado a encendido o viceversa.

Los tipos de comunicación empleados son:

**Cíclico:** El dispositivo envía datos a la red en un tiempo prefijado, en ciclos que se repiten.

**Configuración:** Métodos para transmitir información de configuración de los dispositivos.

**Programación:** Métodos para transmitir programas para los dispositivos programables.

**Test:** Métodos para comprobar el bus y los dispositivos conectados.

### **3. CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE LAS REDES AS-I**

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REDES AS-I**

Los datos y la alimentación de energía de los elementos conectados al bus se transmiten a través de un cable común, sin presentar ninguna interferencia o conflicto.

AS-I se puede conectar con otros sistemas de comunicaciones ya existentes (como es el caso de Profibus o Modbus); ofreciendo la integración de la red AS-I en el entorno de comunicaciones, sirviendo esta característica para unir varias redes AS-I o formar un gran centro de supervisión.

El tumulto de cables de control en el armario eléctrico y la gran cantidad de cuadros de distribución de señales pueden ser sustituidos por un único cable que interconecta elementos de mando y control con protocolo AS-I.

En estas redes se pueden hacer conexiones según se necesite en cualquier punto gracias a su tecnología especialmente desarrollada y al método de conexión por perforación del aislamiento; dando de esta forma una enorme flexibilidad y permitiendo el ahorro en trabajos de instalaciones futuras.

Las redes AS-I tienen un estándar abierto que es utilizado en todo el mundo por muchos fabricantes de actuadores y sensores; por lo tanto, la asociación AS-Interface ofrece gratuitamente las especificaciones eléctricas y mecánicas de este bus a todas las empresas interesadas.

AS-I es aplicada en donde los diferentes actuadores y sensores están distribuidos por todo un gran espacio; como a menudo sucede donde hay máquinas que estén conectadas para producción en cadena.

Se pueden hacer ampliaciones en cualquier momento dentro de cuartos o en espacios de gran interferencia y también soporta aplicaciones donde hayan líquidos o cuerpos sólidos muy pequeños como es el agua y el polvo.

La temperatura en que estas redes pueden operar están en un rango comprendido entre  $-25^{\circ}$  y  $+85^{\circ}$ ; lo cual es perfecto para ambientes muy hostiles de temperatura; como es el caso de calderas, o elementos que produzcan calor o que para el funcionamiento de estos necesiten altas temperaturas.

Poseen tiempos de respuestas cortas y constantes; hecho por el cual da gran fortaleza para conocer cualquier daño de un equipo y su rápida acción para la solución de cualquier problema; lo anterior favorece la producción de una empresa.

Comunicación con niveles más altos de control, permitiendo de esta forma la interacción con otras redes más complejas o grandes.

### **3.2 VENTAJAS DE LAS REDES AS-I**

Estas redes al tener un montaje sencillo y un funcionamiento simple pero eficaz, es útil en procesos industriales, en donde las máquinas de trabajo son tan grandes y complejas que no es posible adicionar más cables.

La transmisión de datos y energía por el mismo cable favorece económicamente los costos en las conexiones y el montaje.

El funcionamiento de estas redes poco falla gracias al continuo monitoreo de los esclavos conectados en el bus, permitiendo conocer más rápido y certeramente cualquier anomalía.

La puesta en marcha es rápida y sencilla, muy útil en empresas donde la suspensión de sus labores en cualquier fracción de tiempo puede representar grandes pérdidas.

Los armarios de distribución son más pequeños ya que se necesitan menos módulos de conexión para entradas y salidas de alimentación o datos; siendo esto muy bueno en espacios que ya están abarrotados de aparatos.

Las redes AS-I permite integrar en sistemas de comunicaciones actuadores y sensores donde sea difícil su implementación o resulta muy costoso un acoplamiento directo al bus de campo.

Estas redes utilizan un cable especial que tiene codificación mecánica para proveer la polaridad correcta; característica que resulta muy útil en el mantenimiento de esta red cuando es hecho por personas que no tengan un gran conocimiento en la instalación de equipo para la automatización.

No se necesita ningún software adicional solo se utiliza la programación tradicional y en el caso de Siemens STEP 5 o STEP 7, esto facilita mucho la rapidez el montaje y la configuración de los equipos de trabajo.

Los tiempos de parada en caso de algún daño son menores gracias al intercambio de módulos sin necesidad de reconfiguración; ahorrando de esta forma tiempo y haciendo menos compleja cualquier reparación o adecuación futura.

Permite una fácil descentralización de las funciones inteligentes relacionadas con sensores y actuadores; porque estas son repartidas en toda la red.

El cambio de cualquier elemento defectuoso o que deje de funcionar es muy fácil , ya que estas redes vienen organizadas y estructuradas por módulos; entonces al presentarse esta situación solo es cambiar el módulo sin tener que hacer grandes adecuaciones o reconfigurar la red cada vez que un elemento se dañe o deje de funcionar.

Tiene topología sin restricción, es decir que se pueden hacer redes en cualquier forma; estas redes se pueden instalar lo mismo que una persona instala una red eléctrica para el abastecimiento de energía de cualquier instalación.

Menos tiempo para la supervisión y elaboración de control y mando, motivo por el cual las personas encargadas para hacerle el mantenimiento, adecuación, instalación y demás labores de funcionamiento pueden ser más eficaces.

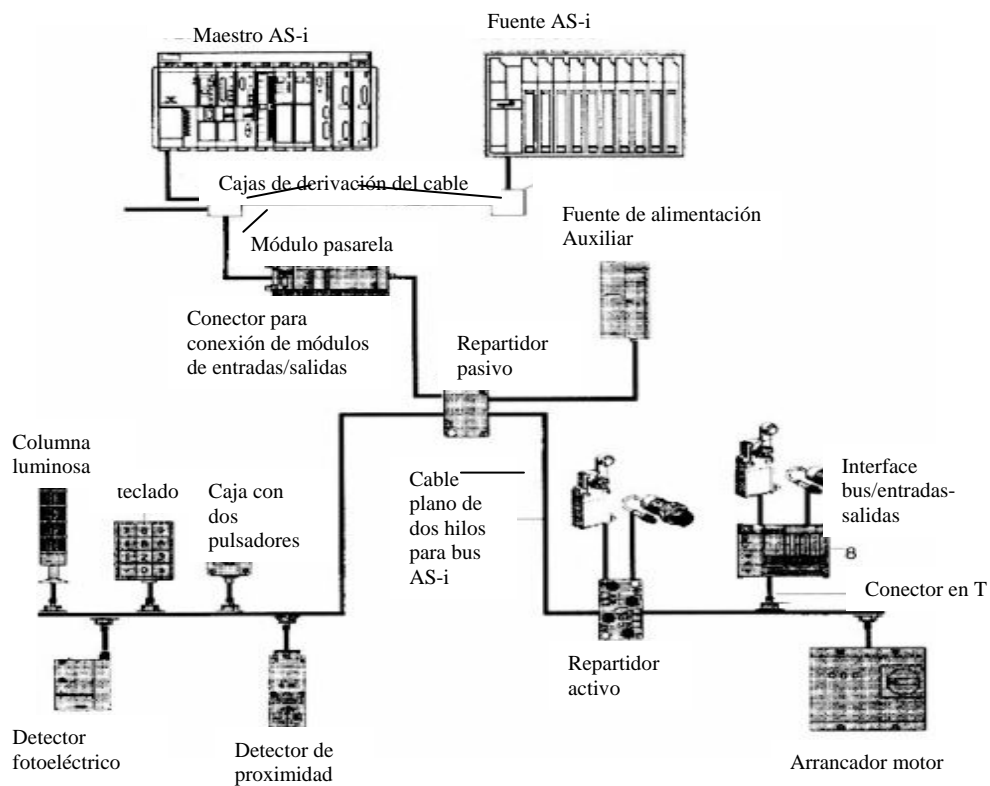
Menos esfuerzos para identificación de cables y elementos de conexión, razón por la cual favorece la agilidad o labor que se le quiera hacer a algún proceso de automatización industrial.

En esta red cualquier operario requiere de un menor esfuerzo para identificación de cables y bornes, porque estos están diseñados de tal forma que su manipulación es muy fácil para que cualquier persona lo pueda realizar.

## 4. PARTES DE LAS REDES AS-i

Las redes AS-i son un sistema de transmisión estándar para todo tipo de sensores y actuadores, esta tecnología permite que los sensores y actuadores sean enlazados con el maestro y eliminar cableado comúnmente asociado a estos dispositivos. (Véase Figura 1.)<sup>1</sup>

Figura 1. Red AS-i elemental y sus partes.



A continuación se explican las partes más relevantes de esta red.

<sup>1</sup> Grafico tomado de TELEMECANIQUE AS-interface, introducción y Fundamentos. España, 10/03/2003.

## 4.1 MAESTRO AS-i

El maestro es el objeto inteligente que gestiona los intercambios de datos en la red, interroga a los esclavos sucesivamente mediante barrido de todos los elementos en el sistema, les proporciona información y espera las respuestas. AS-i admite dos tipos de maestro distintos que son:

**4.1.1 Maestro Autómata Programable.** Este maestro integra un módulo de comunicación AS-i para garantizar que la comunicación sea transparente a dicho elemento.

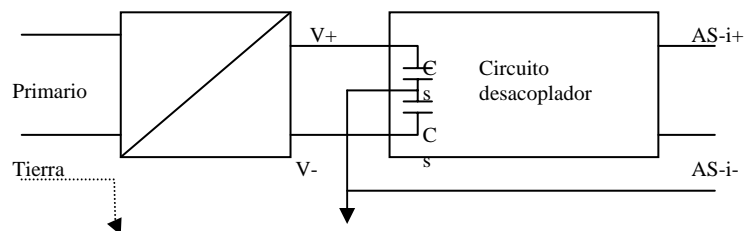
**4.1.2 Maestro Pasarela.** El maestro pasarela transforma la red AS-i en un simple nodo de comunicaciones de una red de nivel superior.

## 4.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación AS-i se utiliza para alimentar eléctricamente los componentes conectados al bus AS-i que formen parte del proceso de comunicación de datos.

La distribución de esta potencia se realiza por el mismo cable que el utilizado para el intercambio de datos, está equipada con un circuito desacoplador que permite superponer los datos a la tensión de alimentación. (Véase Figura 2.)

Figura 2. Fuente de alimentación



### **4.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN AUXILIAR**

Las fuentes auxiliares permiten energizar los elementos AS-i de toda la red AS-i que cuya característica es el consumo de corriente como es el caso de los arrancadores de motores.

La alimentación auxiliar se hace por un cable negro, este tiene la misma forma de la sección que el cable amarillo de datos, sólo el color del recubrimiento es diferente.

### **4.4 CABLE AS-i**

En la transmisión de señales por una red AS-i se emplea cable plano con dos hilos y guía de posicionamiento geométrica no apantallado o cable redondo apantallado ambos son de tipo encauchetado.

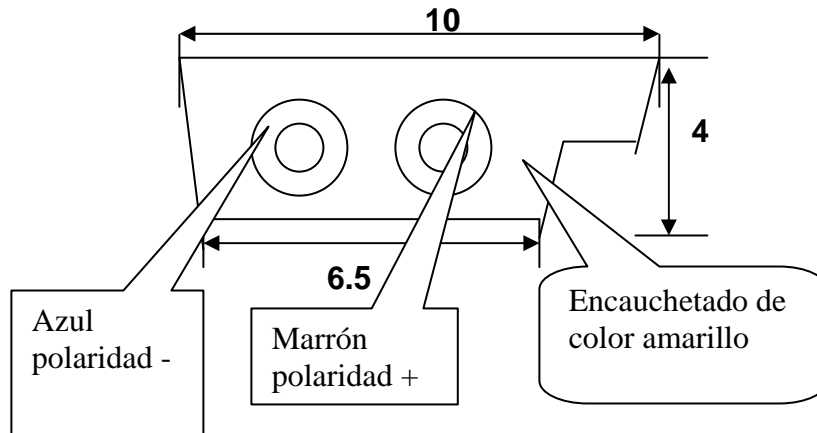
**4.4.1 Cable Plano con Guía de Posicionamiento.** Los accesorios de conexión se añaden al cable mediante tomas especiales llamadas tipo vampiro que constan de unas cuchillas para que penetren el encauchetado y hagan contacto con el conductor.

Las propiedades físicas del recubrimiento permite que los cortes de las tomas se cierren herméticamente cuando éstas se retiran; gracias a este tipo de recubrimiento, llamado autocicatrizante, los componentes de la red se pueden añadir o retirar con mayor comodidad.

El cable plano no está apantallado, es amarillo y la máxima distancia del segmento es de 100 m, se puede añadir al primero otro segmento de 100 m intercalando un repetidor para que vuelva a regenerar la señal. (Véase Figura 2.)

El cable transmite las señales y la tensión continua de 30 V DC que alimenta los sensores y accionadores, siempre que éstos no consuman más energía de la que puede suministrar la fuente de alimentación de la red.

Figura 3. Características físicas del cable AS-i.



**Nota:** Las unidades de medida están en mm

Este cable presenta una forma de sección especial que impide invertir las polaridades al conectarlo.<sup>2</sup>

A continuación se verá un cuadro de referencias de cables y su color. (Véase Cuadro 2.)

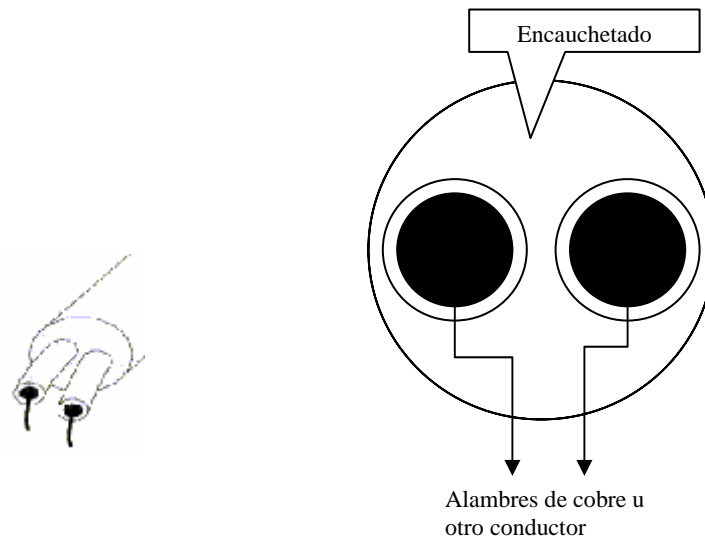
Cuadro 1. Algunas especificaciones de los cables AS-I.

Material del cable	Color del cable	Referencias existentes
Caucho	Amarillo	3RX9 010-0AA00 3RX9 012-0AA00
	Negro	3RX9 020-0AA00 3RX9 022-0AA00
TPE (Goma elástica y resistente a altas temperaturas)	Amarillo	3RX9 013-0AA00 3RX9 014-0AA00 3RX9 017-0AA00
	Negro	3RX9 023-0AA00 3RX9 024-0AA00 3RX9 027-0AA00
PUR (Poliuretano)	Amarillo	3RX9 015-0AA00 3RX9 016-0AA00
	Negro	3RX9 025-0AA00 3RX9 026-0AA00

<sup>2</sup> Información para el cuadro tomada de FESTO. AS-interface. El sistema de instalación ingenioso y sencillo. España2003.

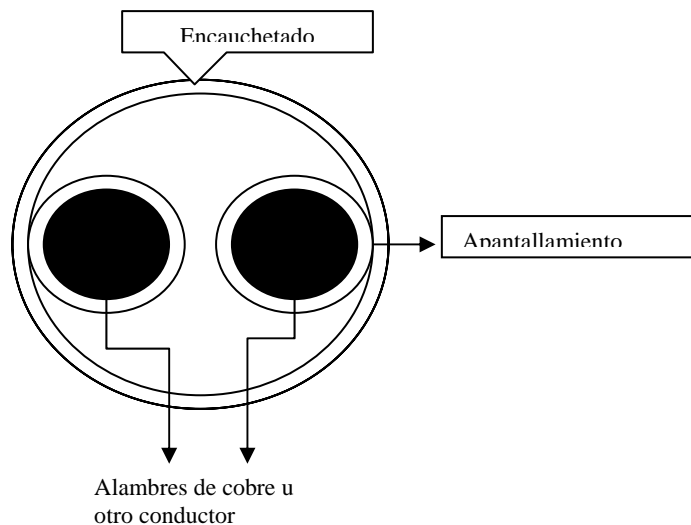
**4.4.2 Cable redondo estándar.** Este cable proporciona las mismas funciones que el anterior, es decir permite alimentar eléctricamente y transmitir las señales a los sensores y accionadores conectados en la red, la conexión de este cable resulta muy fácil de realizar, tienen una sección de 1,5 mm<sup>2</sup> o 2,5 mm<sup>2</sup>. (Véase Figura 5.)

Figura 4. Características físicas del cable redondo estándar.



**4.4.3 Cable Redondo Apantallado.** En los ambientes con muchas interferencias o ruido electromagnético se recomienda utilizar un cable redondo con una cinta de aluminio en su interior como lo muestra el grafico y se conoce como apantallado. (Véase Figura 5.)

Figura 5. Características físicas del cable redondo apantallado



Los sensores/accionadores, los elementos de control y de señalización se conectan al cable AS-i utilizando módulos de interface específicos, los cuales se explican a continuación:

#### **4.5 REPARTIDORES**

Enlazan los esclavos con el maestro AS-i, los actuadores/sensores se conectan a través de conectores M12; existen dos clases de repartidores que son:

Repartidores activos con circuito integrado AS-i, que permiten conectar sensores/accionadores y repartidores pasivos, que carecen de componentes electrónicos y permiten conectar sensores/accionadores comunicantes, tienen un circuito integrado específico llamado ASIC, los repartidores se componen de dos partes: una parte, llamada módulo de conexión que forma el interface eléctrica con el cable AS-i y el llamado módulo de usuario.

El módulo de usuario comprende dos partes; una es activa que integra el circuito integrado AS-i y la otra parte es la pasiva que sólo incluye conexiones eléctricas.

#### **4.6 ACCESORIOS DE CONEXIÓN Y DERIVACIÓN**

Para las conexiones al bus AS-i se pueden utilizar conectores en T con el fin de conectar a un cable plano AS-i o realizar derivaciones de cable plano a cable redondo, estos elementos se conectan al bus AS-i mediante tomas vampiro.

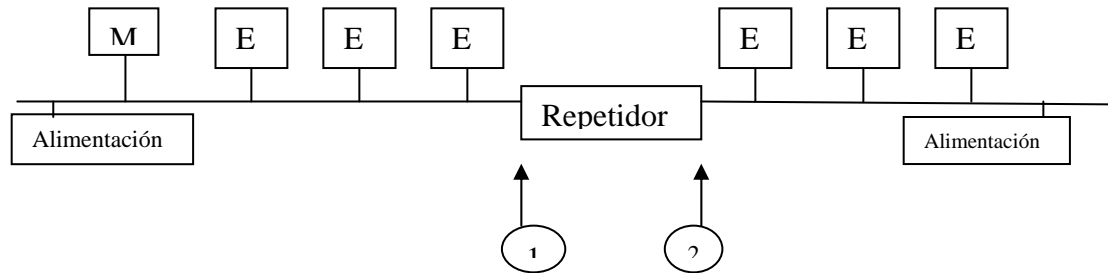
#### **4.7 ACCESORIOS DE AMPLIACIÓN PARA LA RED**

Aunque la longitud máxima de un segmento AS-i es de 100 metros, es posible prolongarla si se requiere; para prolongar la longitud del segmento de red se necesita un repetidor.

#### **4.8 EL REPETIDOR AS-i**

El repetidor es un elemento que se utiliza para instalar esclavos en todos los segmentos de la red que estén ubicados después del maestro; con la condición que antes y después del repetidor se necesita una fuente de alimentación AS-I independiente. Con el repetidor es posible la prolongación de la longitud del cable a un máximo de 300m. (Véase Figura 6.)

Figura 6. Ubicación del repetidor.



La comunicación sigue siendo transparente para los esclavos, el repetidor vuelve a generar las señales recibidas, un controlador comprueba las señales de entrada del repetidor y activa el emisor/receptor correspondiente al sentido de la transmisión, los repetidores retrasan la transmisión de la señal para conservar las características AS-i de comunicación.

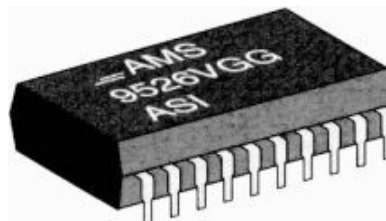
#### 4.9 ESCLAVO AS-i

Es el elemento de la red AS-i con un circuito integrado AS-i que pueden ser interface de bus, sensor o accionador; ejemplo de estos son: interfaces de red para conectarle sensores y actuadores, arrancadores de motores, detectores de proximidad inductivo u otros.

#### 4.10 CIRCUITO INTEGRADO ESPECÍFICO

El elemento básico más importante de la red AS-i es el circuito integrado específico. (Véase Figura 7.)

Figura 7. Circuito integrado específico.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Dibujo del circuito tomado de: TELEMECANIQUE. AS-Interface, Introducción y Fundamentos. España, 10/3/2003.

Parte de las funciones inteligentes de AS-i están reunidas en un chip integrado directamente en el accionador/sensor.

El chip se encarga de gestionar todas las funciones del sensor o del accionador para proporcionar al maestro AS-i información sobre el estado de las entradas/salidas o comunicarle la disponibilidad de funcionamiento del sensor o del accionador.

De este modo, el mismo circuito integrado AS-i se puede utilizar con el sensor o con el accionador.

El chip incluye además 4 bits de parámetros que proporcionan al esclavo una función inteligente adicional, al permitirle controlar funciones específicas del esclavo como son: las inversiones de estado, los cambios de escala de sensibilidad, las temporizaciones específicas, etc.

#### **4.11 INTERFACES DE RED PARA ENTRADAS Y SALIDAS**

Son interfaces utilizadas para conectar las entradas-salidas de los sensores/accionadores convencionales, son diferentes a los repartidores activos porque integran funciones como la conexión de 2 o 3 hilos aislados o alimentados a través del bus, protección contra cortocircuitos en la alimentación de los sensores, protección contra cortocircuitos en cada salida, desconexión automática del bus en caso de cortocircuito, protección contra la inversión de polaridad del bus y de la alimentación externa.

## 5. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED AS-I Y SU PROTOCOLO

### 5.1 CODIFICACIÓN DE LA SEÑAL APLICADA EN LA RED:

Unos de los principales procesos que suceden en esta clase de red es la transmisión de señales entre los diferentes elementos.

**5.1.1 Pasos Ocurridos en la Emisión de las Señales.** La serie de bits que se va a transmitir se codifica primero en código sin retorno a cero y a continuación se convierte al código Manchester, esta técnica requiere un circuito desacoplador en relación con la fuente de alimentación. (Véase Figura 8.)

Figura 8. Secuencia numérica emitida.

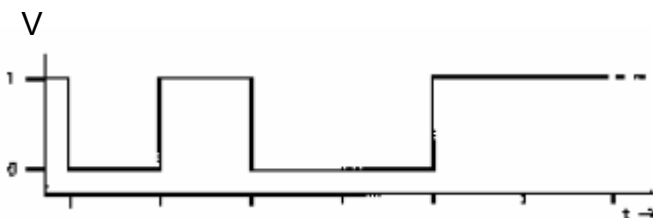
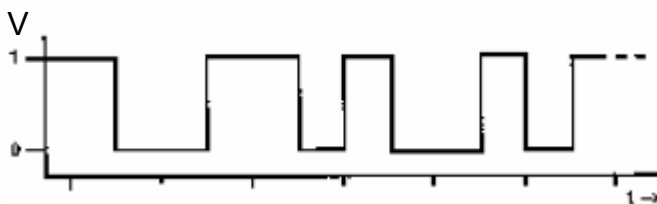
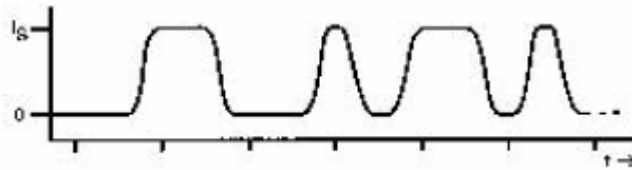


Figura 9. Secuencia codificada en Manchester



**5.1.2 Intensidad Emitida.** La transmisión se realiza gracias a la corriente portadora con la técnica de modulación por impulsos alternativos (APM), este procedimiento utiliza un ancho de banda de transmisión pequeño y una señal en sen al cuadrado con un armónico de baja frecuencia que reduce al mínimo los problemas de radiación del cable. (Véase Figura 10.)

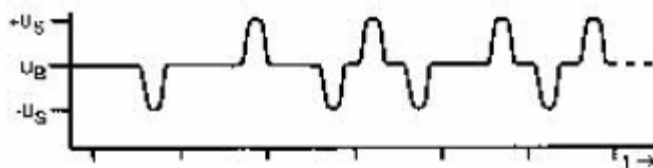
Figura 10. Intensidad Emitida



$I_g$ : intensidad emitida

**5.1.3 Señales en el Cable AS-i.** Durante la transmisión, a cada impulso negativo sigue un impulso positivo que se llama redundancia implícita, lo que permite controlar la trama de forma permanente y completa; además, la simetría del cable contribuye a una mayor integridad de los datos. (Véase Figura 11.)

Figura 11. Señales en el cable AS-i



$V_g$ : voltaje emitido

**5.1.4 Pasos Ocurridos en la Recepción de Señales.** El receptor comprueba la amplitud de la señal y los impulsos parásitos de todos los telegramas entre el maestro y los esclavos.

Cuando la señal esta en el receptor se convierte en cuadrada y se divide la señal en dos; a un lado los impulsos positivos y a otro lado los negativos para después convertir los impulsos negativos en positivos, esto se aprecia a continuación.(Véase Figura 12 y 13.)

Figura 12. Impulso negativo.

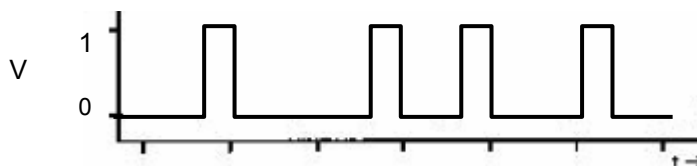
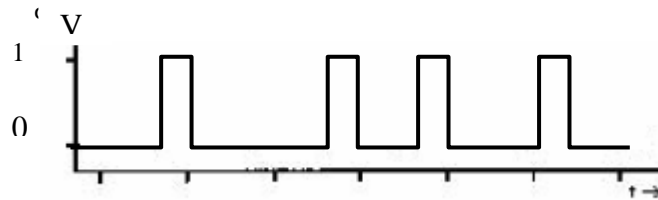


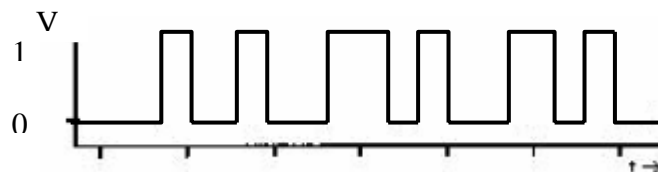
Figura 13. Impulso positivo.



Después se suman las dos ondas producidas anteriormente.

**5.1.5 Reconstrucción de la señal.** Se aplica nuevamente la codificación Manchester, dando como resultado una onda como se aprecia en la grafica de la figura 14.

Figura 14. Suma de los dos pulsos.



Aquí se aplica nuevamente la codificación Manchester y finalmente se produce la secuencia numérica reconstruida. (Véase Figura 15.)



Figura 15. Secuencia numérica reconstruida.



La codificación Manchester es un código, basado en la existencia de un cambio de estado en cada semiperiodo, que permite a la estación receptora realizar un muestreo preciso y sencillo de la información.

Además, debido al código Manchester el valor medio de la señal es constante, independientemente del número de bits en 0 o en 1, lo que mejora la calidad de la detección de fallos.

**5.1.6 Principio de la Codificación Manchester Diferencial.** En esta codificación cuando el BIT de origen esta en 0 al codificarlo, la forma de onda queda igual que el obtenido anteriormente; pero si el BIT de origen esta en 1, al codificarlo, la forma de onda queda en forma opuesta al anterior. La codificación Manchester diferencial tiene en cuenta el valor binario de la señal en el momento anterior. (Véase Figura 16.)

Las formas de onda que se habla son:  y .






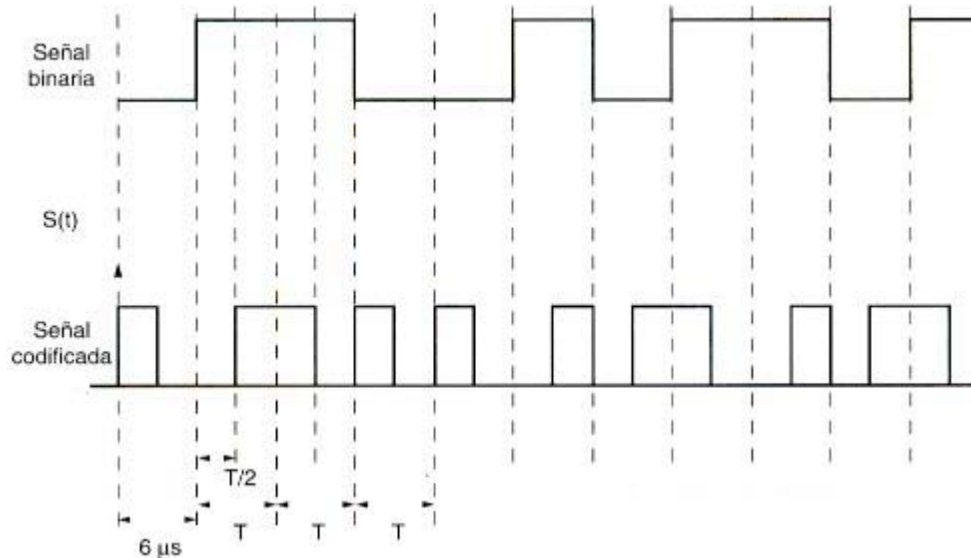
En la figura se empieza el resultado de la codificación con  porque es 0 y después pasa  porque es un 1, seguidamente se repite el 1 por lo que le corresponde la forma de onda contraria que es , después siguen dos ceros; a los cuales les corresponden la forma de onda , continuando tenemos 1 con un resultado de onda contraria a la anterior que es  y sigue de esa forma.

Figura 16. Codificación Manchester diferencial.



## 5.2 PRINCIPIOS DE COMUNICACIÓN EN EL SISTEMA MAESTRO ESCLAVO

El protocolo de esta red se hace entre un maestro y un número máximo de 31 esclavos, el maestro interroga en intervalos de tiempo a todos los esclavos, en cada ciclo se actualiza la información de las entradas y salidas del maestro y de los esclavos.

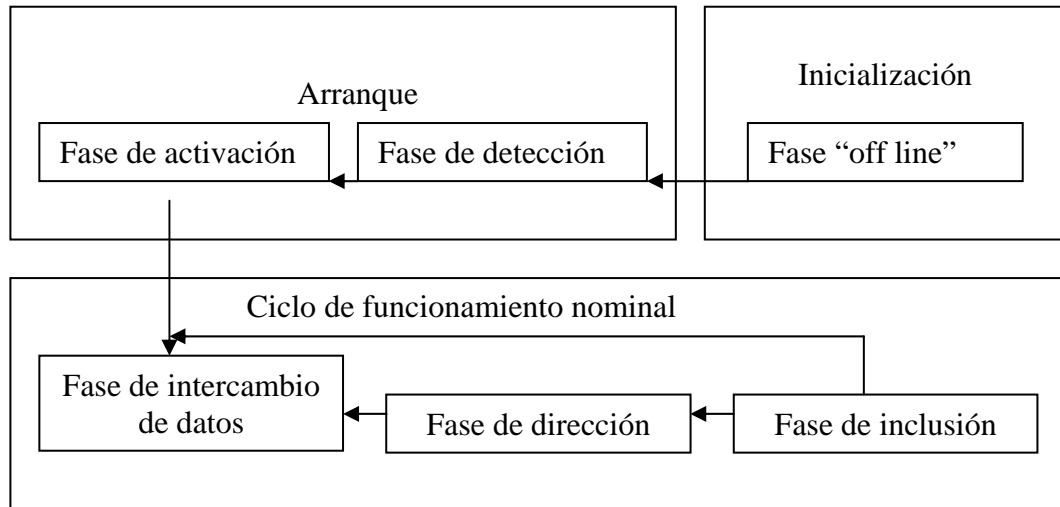
En funcionamiento sin contar las fases de inicialización del sistema, la duración del ciclo es de 5 ms para 31 esclavos. Este tiempo disminuye cuanto menor sea el número de esclavos.

A continuación se describen los pasos que se efectúan en el maestro para comunicarse con la demás elementos de la red:

1. Inicialización de la red
2. Identificación de los esclavos
3. Transmisión no cíclica de los parámetros a los esclavos
4. Transferencia cíclica de los datos
5. Diagnóstico de la red
6. Transmisión de los fallos al controlador
7. Nueva asignación de las direcciones en caso de cambio de configuración.

Ahora se expresará el funcionamiento de las diferentes etapas de trabajo del maestro:

Figura 17. Pasos ocurridos en el maestro para la comunicación con la red.



Como se muestra en la figura anterior, el proceso de comunicación AS-i abarca distintas fases que son las operaciones del maestro ante los esclavos; para explicar este proceso es necesario enumerar cuáles son las principales tablas del maestro que tienen la información necesaria para el funcionamiento de la red.

Primero que todo se tiene que definir los perfiles de esclavos y maestros, el código identificador y la configuración de entrada y salida, las cuales sirven para intercambiar las funciones de operación de los productos AS-i.

El maestro responde a un perfil determinado que caracteriza sus funciones que son:

**PERFIL MINIMO:** Lectura y escritura de los datos de las entradas/salidas.

**PERFIL REDUCIDO:** Lectura y escritura de los datos de las entradas/salidas, modificación de los parámetros del esclavo.

**PERFIL COMPLETO:** Lectura y escritura de los datos de las entradas/salidas, modificación de los parámetros de los esclavos, diagnóstico de la red, control de la configuración proyectada en relación con la configuración detectada.

Todos los esclavos que se pueden conectar a la red AS-i están definidos de fabrica, llamándose a este un perfil de tipo X.Y; depende del la configuración de las entradas/salidas y del código de identificación; la configuración de las

entradas/salidas permite caracterizar a los elementos conectables a cualquier esclavo en cuanto a entrada, salida y elementos bidireccionales.

El código de identificación permite diferenciar a todos los esclavos que posean la misma configuración de entradas/salidas.

Algunos perfiles ya están normalizados, es el caso de aparatos diseñados para aplicaciones específicas o también existen perfiles pendientes de normalización.

**PEFIL PARA ELEMENTOS ANALOGICOS:** Este perfil se utiliza para esclavos de tipo analógico que necesitan la transmisión de 16 bits de información, la cual requiere de varios ciclos AS-i.

La extensión de los datos y la función de cada BIT (D0, D1 , D2, D3) están definidos en la documentación del esclavo que suministra el fabricante.

En el maestro hay unas tablas que contienen la información necesaria para el funcionamiento de la red y son:

**TABLA IMAGEN DE LAS ENTRADAS:** Esta tabla contiene los datos que envían los esclavos cuando están funcionando en la red; cuando un esclavo se encuentra fuera de servicio, el valor correspondiente de la tabla equivale a 0.

**TABLA IMAGEN DE LAS SALIDAS:** Esta tabla contiene los datos que hay que enviar a los esclavos que se encuentren funcionando en la red.

**TABLA IMAGEN DE LOS PARÁMETROS:** En esta tabla se guardan los valores de los parámetros transmitidos a los esclavos.

**TABLA DE LOS PARÁMETROS PERMANENTES:** Contiene los parámetros de los esclavos configurados en el maestro; en la siguiente puesta en marcha, esta tabla se vuelve acopiar en la tabla imagen de los parámetros.

**DOS TABLAS IMAGEN DE LA CONFIGURACIÓN:** Estas tablas contienen la configuración de las entradas y salidas; también tienen el código de identificación de todos los esclavos conectados a la red AS-i.

**TABLA DE CONFIGURACIÓN DE REFERENCIA:** Esta tabla contiene la referencia de los distintos códigos posibles de configuración de un maestro o un

esclavo; la anterior y la copia de seguridad de la misma están archivadas en el maestro.

**TABLA DE LOS PARÁMETROS PREDEFINIDOS:** Esta tabla contiene los parámetros definidos con anterioridad para los esclavos de dirección no nula; se utiliza cuando el esclavo necesita los parámetros predefinidos durante la configuración y los perfil del maestro le permite utilizarlos.

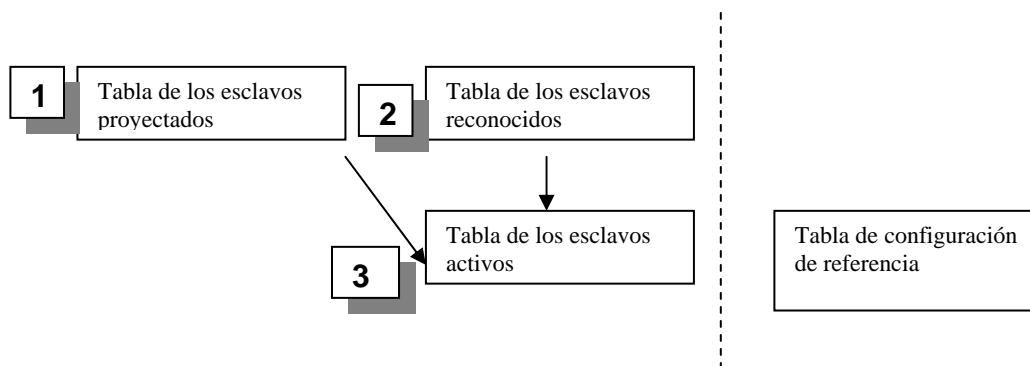
**TABLA DE LOS ESCLAVOS PROYECTADOS:** Esta tabla contiene la lista de las direcciones y perfiles de los esclavos, establecidos durante la configuración del bus; los esclavos que figuran en esta lista se llaman proyectados.

**TABLA DE LOS ESCLAVOS DETECTADOS:** Esta tabla contiene la lista de las direcciones y perfiles de los esclavos conectados a la red.

**TABLA DE LOS ESCLAVOS ACTIVOS:** Los esclavos detectados y proyectados se activan y se memorizan en esta tabla.

El ciclo de funcionamiento del maestro con respecto a los esclavos esta implícito en el siguiente esquema donde podemos ver que los datos de los esclavos proyectados y detectados o reconocidos son almacenados en la tabla de los esclavos activos:

Figura 18. Tablas del maestro con información de los esclavos.



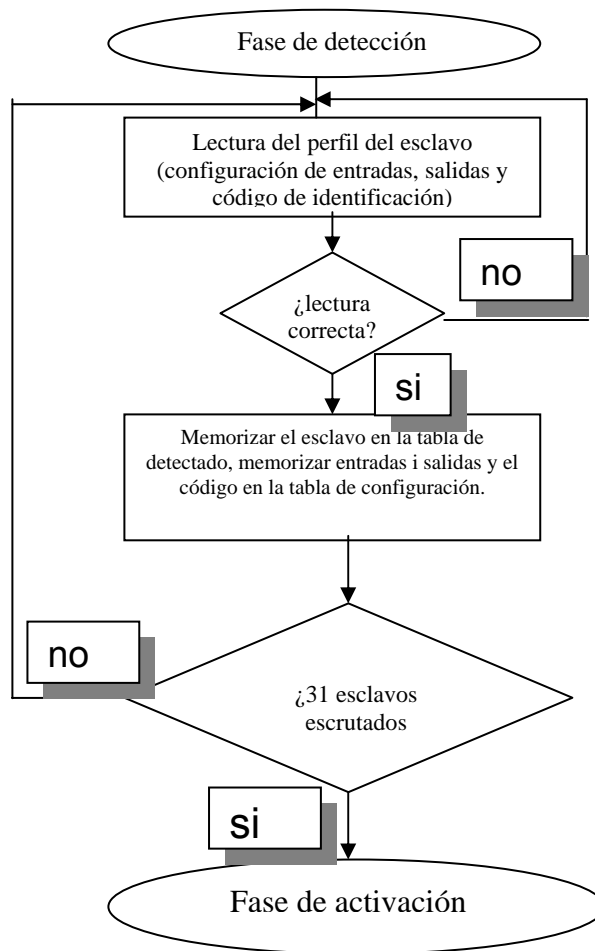
La inicialización empieza después de la puesta en marcha o de volver al estado inicial del maestro; el objetivo de esta fase es colocar los componentes del bus que son el maestro, los esclavos y las memorias asociadas en su estado inicial. Para llegar a esto el sistema tiene que hacer las siguientes acciones:

Se coloca a 0 las entradas imagen de los esclavos que no corresponde al estado real de los sensores o accionadores conectados al bus en dicha tabla, llevar a cero las salidas imagen de los esclavos que no corresponde al estado real de los sensores o accionadores conectados al bus en dicha tabla, memorizar los parámetros predefinidos en las memorias de parámetros de cada esclavo, colocar a 0 de la lista de esclavos detectados, llevar a 0 de la lista de esclavos activos; es decir en las listas de esclavos detectados y activos se les asigna 0.

Después que se ha concluido con la etapa de inicialización se pasa a la etapa de arranque, que consta de dos subetapas que son llamadas fase de detección y fase de activación.

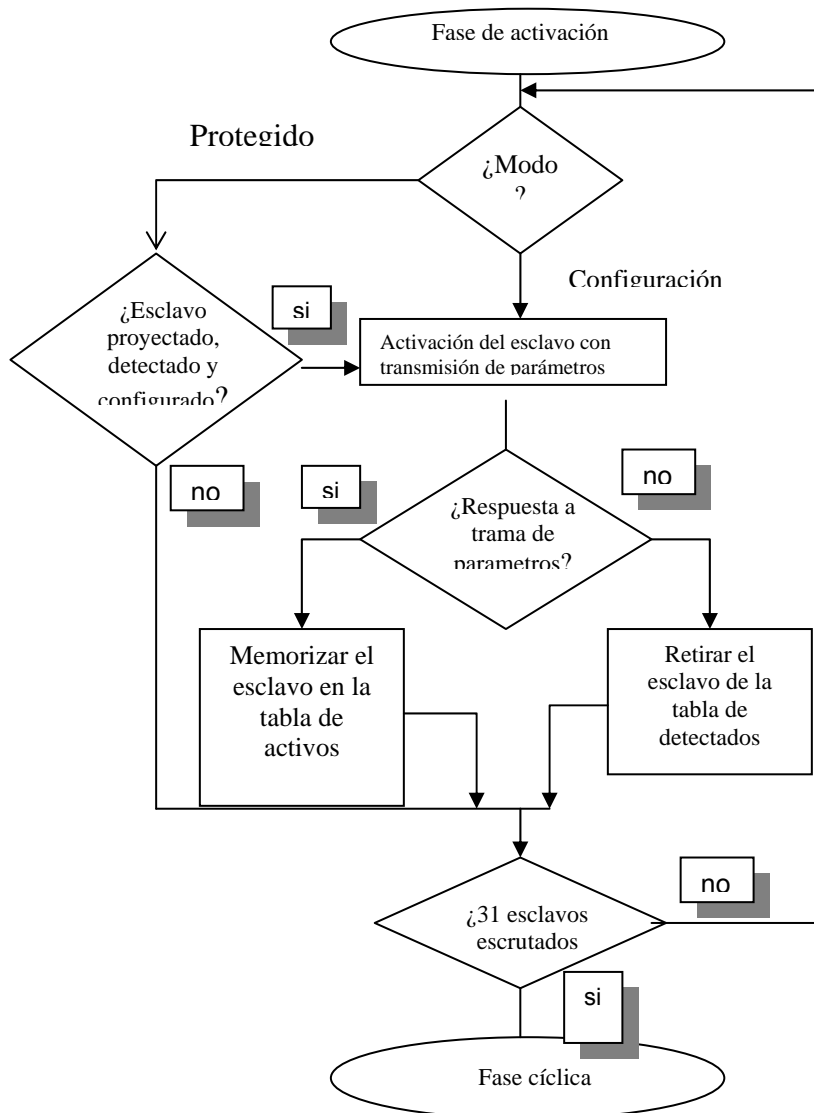
Durante la fase de detección el maestro detecta los esclavos conectados a la red y memoriza la dirección y el perfil de cada uno de ellos. (Véase Figura 19.)

Figura 19. Diagrama de flujo para el procedimiento que se realiza durante la etapa de detección.



Durante la fase de activación se ponen a funcionar los esclavos que estén detectados en la red con una configuración entrada y salida mas el código de identificación.

Figura 20. Diagrama de flujo de la etapa de activación.



Este sistema de activación de los esclavos es válido cuando el maestro trabaja en modo protegido; en el modo configuración, se activan todos los esclavos detectados sin tener en cuenta la configuración predefinida.

El modo configuración es cuando los esclavos conectados a la red están activos, el maestro no tiene en cuenta ninguna configuración de referencia y dialoga directamente según sea la configuración.

El modo protegido es cuando el maestro sólo dialoga con los esclavos proyectados en la configuración y detectados en la red, este es el modo mas utilizado, porque se pueden realizar direccionamientos automáticos.

La ultima fase es el intercambio de datos entre los maestros y el esclavo en ciclos de tiempo; cada ciclo se desarrolla en tres etapas que son:

**FASE DE INTERCAMBIO DE DATOS:** Es el diálogo entre el maestro y el esclavo; cuando falla un intercambio se repite durante los tres ciclos siguientes, después de tres intentos negativos, se considera que el esclavo está ausente o defectuoso y se elimina de las tablas asignándole un valor de cero en la tabla imagen.

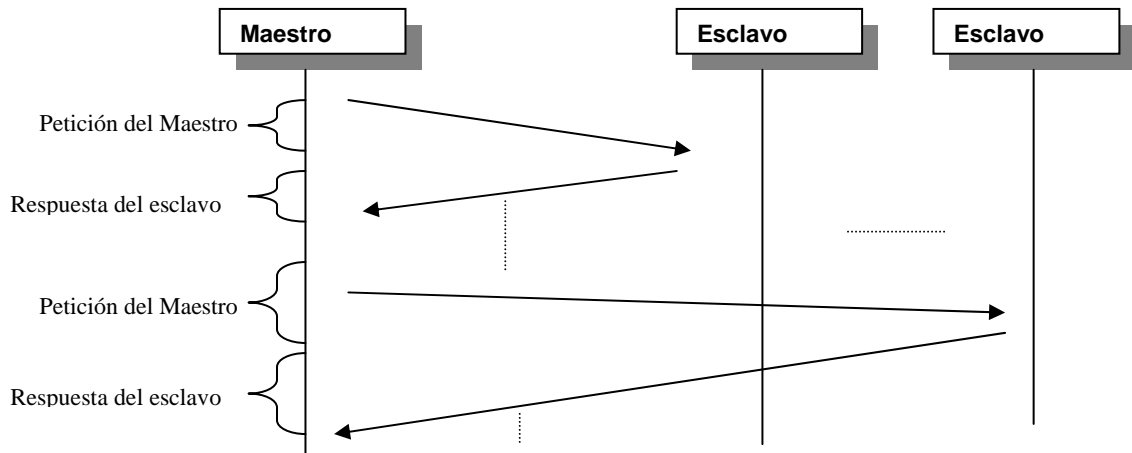
**FASE DE DIRECCION:** Esta sucede cuando ha terminado la anterior fase y el maestro puede enviar escritura de parámetros, lectura del estado, lectura de la configuración de las entradas y salidas del esclavo, lectura del código de identificación del esclavo y asignación de dirección entre otras. Esta fase no es cíclica, es decir, que durante un ciclo normal de funcionamiento; si el intercambio falla tiene tres intentos mas para ejecutarlo, si vuelve a fracasar, la acción se considera negativa.

**FASE DE INCLUSIÓN DE ESCLAVOS:** Esta es la etapa de detección de los nuevos esclavos conectados a la red; el maestro emite una orden de lectura de configuración de las entradas y salidas de un único esclavo, esta dirección esta entre 0 a 31 y en el peor de los casos puede tardar 31 ciclos en detectar un nuevo esclavo.

### **5.3 INTERCAMBIO DE BITS ENTRE EL MAESTRO Y LOS ESCLAVOS**

Los intercambios entre el maestro y los esclavos se realizan mediante transacciones que obedecen al siguiente esquema:

Figura 21. Dialogo entre maestro y esclavos.



Las transacciones incluyen la pregunta del maestro de 14 BIT y la respuesta del esclavo de 7 BIT, son de dimensiones pequeñas y longitud fija. El maestro transmite una petición y espera la respuesta durante un tiempo determinado, si al terminar el tiempo, el maestro no recibe ninguna respuesta válida, considera que la respuesta es negativa y vuelve a transmitir la misma petición o la petición siguiente.

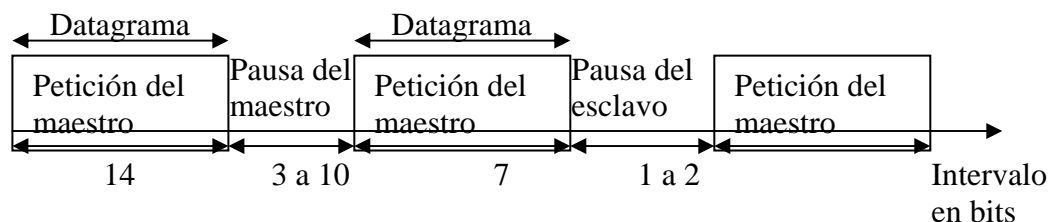
Cuando el maestro recibe una respuesta correcta, este inicia un nuevo intercambio de datos, después de la pausa que se produce al final de la respuesta.

El esclavo no responde al maestro cuando la petición de éste es errónea o incompatible con los servicios para el cual esta configurado.

El protocolo AS-i se basa en el Tipo de Acceso *Polling*.

El intervalo de transmisión de un BIT es de 6  $\mu$ s y hay un total de 26 intervalos por bit para realizar una transacción, lo que equivale a 156  $\mu$ s. (Véase Figura 22.)

Figura 22. Cantidad de bits empleados por el maestro y esclavo en una comunicación



En el esquema anterior, el esclavo sólo responde al maestro después de una pausa.

Cuando el esclavo se encuentra en estado de funcionamiento normal, y no de inicialización, puede transmitir la respuesta después de los tres intervalos BIT. En cualquier otro estado necesita otros dos intervalos de BIT.

En todas las topologías, si el maestro no recibe la respuesta después de diez intervalos BIT, puede iniciar la siguiente transacción.

Todas las transacciones entre maestro y esclavo cumplen una secuencia, permitiendo de esta forma saber que clase de información se está transmitiendo en determinado tiempo.

**5.3.1 Principio del intercambio de datagramas o telegramas.** Las tramas AS-i, también son llamados telegramas o datagramas.

El telegrama correspondiente a las peticiones del maestro contiene las informaciones siguientes:

Figura 23. Explicación de los bits que intervienen en el protocolo de comunicación para un maestro.

St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	I4	I3	I2	I1	I0	PB	EB
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

- St: BIT de inicio del mensaje (0: inicio)
- SB: BIT de control (0: intercambio de parámetros, de datos o de direcciones y 1: orden)
- A0....A4: Dirección del esclavo (todos en 0: reservado para la función de direccionamiento automático)
- I0.....I4: Información a enviar en función del tipo de petición
- PB: Control de paridad (paridad par)
- EB: BIT de final del mensaje 1:final

El datagrama correspondiente a las respuestas del esclavo contiene las informaciones siguientes:

Figura 24. Explicación de los bits que intervienen en el protocolo de comunicación para un esclavo.

St	I3	I2	I1	I0	PB	EB
----	----	----	----	----	----	----

St: BIT de start o indicador de comienzo de la trama  
 I0.....I3: Información intercambiada  
 PB: BIT para control de paridad  
 EB: BIT de fin

En la información intercambiada puede ir la dirección del esclavo cuando se necesite.

Gracias a la estructura de estas tramas se consigue un buen rendimiento y un control eficaz de los datos.

**5.3.2 Clases de Petición del Maestro.** El maestro AS-i puede transmitir peticiones relativas a la transmisión de datos y de parámetros, otras para asignar o modificar las direcciones y para identificar los esclavos, estas son:

**5.3.2.1 Intercambio de datos.** Esta petición permite el intercambio de datos entre maestro y esclavo, contienen el valor de los estados de entrada o de salida de los sensores o accionadores conectados al bus.

Figura 25. Petición del maestro para el Intercambio de datos.

0	0	Dirección del esclavo					BIT de control	Informaciones intercambiadas				1	
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	0	D3	D2	D1	Do	PB	EB

Se debe tener en cuenta que esta petición no se puede utilizar si la dirección del esclavo es 0000, las informaciones intercambiadas en este caso corresponden a las salidas del esclavo

Figura 26. Respuesta del esclavo para el intercambio de datos.

0	Informaciones del esclavo					1
St	D3	D2	D1	D0	PB	EB

Las informaciones del esclavo que aparecen en esta parte corresponden a las entradas del esclavo, el maestro sabe con cual esclavo esta hablando porque el dialogo se hace en ciclos para cada esclavo.

**5.3.2.2 Escritura de los Parámetros.** Aquí el maestro permite asignar los parámetros de cada esclavo para controlarlo a distancia; esto se hace por ejemplo para activación de un temporizador, cambio de la sensibilidad de un detector, conmutación de función de un sensor multifunción etc.

El valor de los parámetros se transfiere al esclavo, donde queda archivado hasta que la siguiente petición la remplace o la pone a 0; estos parámetros se pueden estar borrando y adoptan por defecto el estado 1 cuando el esclavo se pone en tensión.

Figura 27. Petición del maestro para la escritura de los parámetros.

0	0	Dirección del esclavo					Bit de control	Valor de los parámetros enviados al esclavo					1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	P3	P2	P1	P0	PB	EB

En esta petición no se puede utilizar si la dirección del esclavo 00000.

Figura 28. Respuesta del esclavo para la escritura de los parámetros.

0	Parámetros transmitidos por el esclavo al maestro					1
St	P3	P2	P1	P0	PB	EB

**5.3.2.3 Asignación de la dirección.** Esta petición permite al maestro asignar la dirección de un esclavo con dirección 0000, la nueva dirección es válida a partir del momento en que el esclavo confirma que el mensaje de petición fue recibido.

El esclavo archiva esta dirección en una memoria no volátil, integrada en su componente llamado ASIC; esta operación dura como máximo 15 ms.

Figura 29. Petición del maestro para la asignación de direcciones.

0	0	Dirección 00hex del esclavo					0	Nueva dirección del esclavo						1
		0	0	0	0									
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	A4	A3	A2	A1	Ao	PB	EB	

El esclavo responde afirmativamente que ya recibió la información.

Figura 30. Respuesta del esclavo para la asignación de direcciones

	6 hexagecimal					
0	0	1	1	0		1
St	P3	P2	P1	P0	PB	EB

**5.3.2.4 Vuelta al estado inicial.** Esta petición se hace para que el maestro configure de nuevo un esclavo a su estado inicial.

Figura 31. Petición del maestro para configurar un maestro en su estado inicial.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control						1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	1	1	0	0	PB	EB

El esclavo responde para confirmar que recibió la información de la siguiente forma.

Figura 32. Respuesta del esclavo para la confirmación de haber recibido la información

	6 hexagecimal					
St	0	1	1	0	PB	EB

**5.3.2.5 Supresión de una Dirección.** Esta petición permite al maestro eliminar la dirección de un esclavo asignándole la dirección 00000; esta nueva dirección pasa a ser la dirección habitual del esclavo, aunque no la memoriza.

No se puede modificar la dirección de un esclavo sin que tenga ya una dirección establecida con anterioridad, pero si se borra después de escribirla

se vuelve a asignar al esclavo su antigua dirección que sigue guardada en la memoria del ASIC.

La estructura de la petición se da a conocer en las graficas siguientes.

Figura 33. Petición del maestro para supresión de una dirección.

0	1	Dirección del esclavo					0	0	0	0	0		1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0						PB	EB

Figura 34. Respuesta del esclavo para supresión de una dirección.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control						1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	1	1	0	0	PB	EB

**5.3.2.6 Lectura de la Configuración para las Entradas y Salidas.** Esta petición permite al esclavo leer la configuración de las entradas y salidas del esclavo y la información se guarda en una memoria del esclavo y se vuelve a enviar al maestro en 4 bits.

Figura 35. Petición del maestro para configuración de entradas y salidas.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control						1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	0	0	0	0	PB	EB

Figura 36. Respuesta del esclavo.

0	Estado de la configuración de las entradas Y salidas						1
St	D3	D2	D1	D0	PB	EB	

En D3, D2, D1, D0 esta la información necesaria de las entradas y salidas del esclavo.

**5.3.2.7 Lectura del código de identificación del esclavo.** Esta petición permite al maestro leer el código de identificación del esclavo; asocia el procedimiento anterior, se hace para que el maestro identifique por completo al esclavo. El esclavo responde transmitiendo su numero de dirección. Cuando un esclavo tenga características que no se conozcan en la red pero que están claramente identificados por el fabricante se le asigna la dirección 11111.

La estructura de la petición esta expresada en los esquemas que siguen.

Figura 37. Petición del maestro para leer el código de identificación del esclavo.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control						1
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	0	0	0	1	PB	EB

Figura 38. Respuesta del esclavo para que el maestro lea el código de identificación del esclavo.

0	Código de identificación						1
St	D3	D2	D1	D0	PB	EB	

El código de identificación de cada esclavo esta comprendido entre 0000 y .1111.

**5.3.2.8 Lectura del estado del esclavo.** En la memoria del esclavo están guardados 4 bits de estado y cada uno tiene dos posibilidades, cuando esta en 0 no representa ninguna novedad, pero si esta en 1 nos informa que:

Figura 39. Configuración de los bits para el estado de los esclavos.

S0	S1	S2	S3	S4
----	----	----	----	----

S0: en estado 1 cuando se guarda una nueva dirección posterior a la asignación de dirección.

S1: en estado 1 cuando se detecta un error de paridad desde el última vuelta al estado inicial o la última Lectura y puesta a 0 de los bits de estado.

S2: en estado 1 cuando se detecta un error al final del mensaje después de la última vuelta al estado inicial lectura y puesta a 0 de los bits de estado.

S3: en estado 1 cuando se produce un fallo de lectura en la memoria, integrada en el componente ASIC, durante una vuelta al estado inicial.

La lectura del estado del esclavo permite al maestro leer los anteriores bits.

Figura 40. Petición del maestro para saber el estado del esclavo.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control					1	
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	1	1	1	0	PB	EB

Figura 41. Respuesta del esclavo para saber el estado del esclavo.

0	4 bits de estado					1
	S3	S2	S1	S0	PB	EB

**5.3.2.9 Lectura y puesta a cero de los bits de estado.** Esta petición permite al maestro leer los bits del esclavo que son S3, S2, S1 Y S0; el esclavo después de informar al maestro pone a cero sus bits de estado.

Figura 42. Petición del maestro para leer los bits del esclavo.

0	1	Dirección del esclavo					Bit de control					1	
St	SB	A4	A3	A2	A1	A0	1	1	1	1	1	PB	EB

Figura 43. Respuesta del esclavo cuando el maestro pide leer los bits.

0	4 bits de estado						1
	S3	S2	S1	S0	PB	EB	

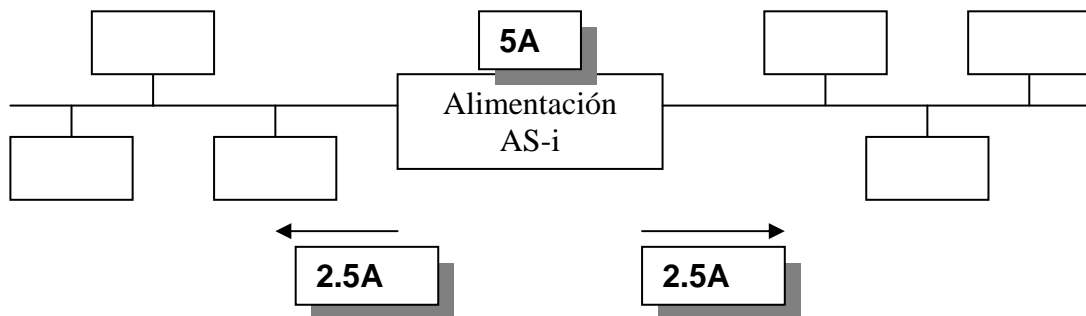
#### 5.4 PUESTA A PUNTO DE LAS REDES AS-i

Para la interconexión de una red AS-i, el cable amarillo del bus AS-i deberá colocarse en una canalización separada de la red eléctrica, también se recomienda colocarlo de forma plana a la superficie por donde va y sin retorcerlo.

Los extremos del cable, de una red con topología en estrella, deben protegerse conectándolo en una derivación “T” e impidiendo que sobresalgan del último punto de conexión.

Si la fuente de alimentación de la red esta situada en uno de los extremos, proporciona a toda la red la corriente nominal siendo la caída de tensión en el otro extremo de la red proporcional, si se sitúa en un punto medio de la red, la caída de tensión al final de éste sólo será la mitad del caso anterior.

Figura 44. Ubicación y distribución de corriente para una red.



Para una interconexión eficiente, primero que todo hay que distribuir correctamente la alimentación en el cable para que cada producto situado en la línea disponga de la tensión necesaria para garantizar su correcto funcionamiento.

Lo anterior se logra al elegir bien la capacidad y localización de la fuente de alimentación para que cubra el consumo total del segmento AS-i.

Hay que tener en cuenta que en un repartidor pasivo las longitudes de cable que conectan el repartidor y el esclavo deben sumarse a la longitud del bus AS-i y ambos no deben exceder el límite de los 100 m, en el caso de un repartidor activo la longitud del cable que lo une al captador o al accionador convencional no debe incluirse en los 100 m.

Cuando se va a conectar un esclavo en la red es importante comprobar que sea asignado a una dirección correcta que no haya sido asignada a otro esclavo de la red

Se debe verificar los modos de operación del maestro, primero colocándolo en modo configuración y mirando que todos los esclavos detectados se activen utilizado principalmente en la puesta a punto y después el modo protegido para observar que únicamente se activan los esclavos proyectados y detectados en el cuadro de configuración del maestro.

Las operaciones necesarias para poner en servicio a la red AS-i después de realizar el cableado eléctrico son:

Cargar el programa en el maestro AS-i utilizando un software para poner en servicio el maestro de la red; el software define en el maestro los esclavos que se prevé conectar llamados esclavos proyectados, programa la gestión de los sensores/accionadores, configura las redes relacionadas con las funciones pasarela. Además de las funciones relacionadas con el maestro.

La instalación de la red requiere el direccionamiento de cada esclavo en su primera puesta en marcha. Esta función puede ser realizada directamente punto a punto en el bus con el maestro por medio del software de programación o localmente mediante la utilización del terminal de direccionamiento, asignando un número de esclavo distinto a cada uno de los aparatos conectados a la red con el software de programación o el terminal de direccionamiento.

Con el software, las direcciones se asignan una a una, con el terminal de direccionamiento es necesario desconectar los aparatos del bus para conectarlos al terminal.

Comprobar que todos los esclavos están alimentados correctamente; además, comprobar el funcionamiento de cada aparato por separado y comprobar que todos los esclavos están correctamente conectados a la red.

Comprobar que el funcionamiento global de la red es correcto, esta operación se realiza con el software de programación de maestros AS-i, módulos para autómatas

o pasarelas, que permite comprobar que todos los esclavos conectados responden correctamente a las peticiones del maestro, el software también permite visualizar las entradas y forzar las salidas, igualmente se puede comprobar que los esclavos estén activados.

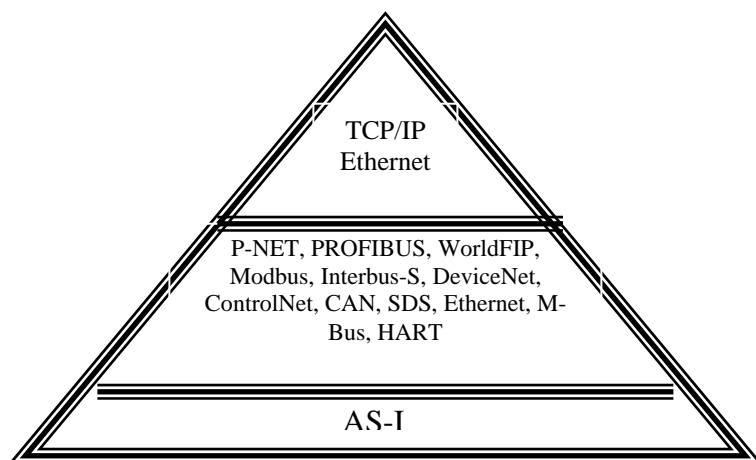
## 6. INTERCONEXIÓN DE REDES AS-i

Las redes que interactúan hoy en día en los procesos de automatización llevan información de las más simples unidades de adquisición de datos colocadas donde se quieran recoger variables hasta altos niveles superiores de control y procesamiento.

En la actualidad las redes AS-I se están conectando a otras redes mas grandes o complejas para la automatización de las industrias.

En el siguiente grafico se muestra la estructura de utilización de las redes para la automatización, empezando con las AS-i, en orden ascendente aparecen las redes para aplicaciones de control industrial e instrumentación y llevándola a una más grande y compleja como es el caso de ethernet. (Véase Figura 45.)

Figura 45. Panorama de conexiones para las redes AS-I.<sup>4</sup>

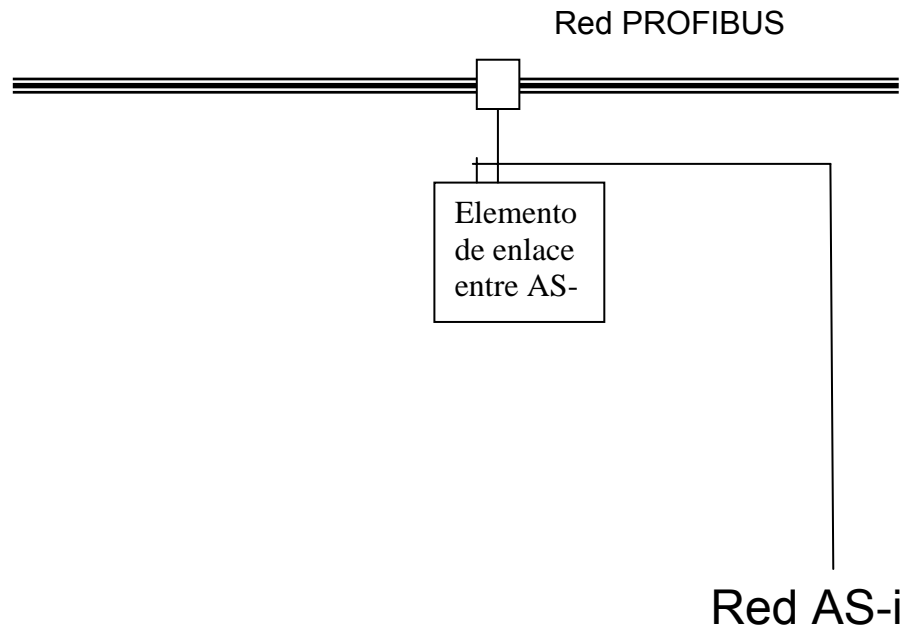


Las redes AS-i ofrecen un modelo industrial abierto (las redes AS-i se puede interconectar con cualquier otra red de automatización), también es común para conectar los sensores y accionadores con el sistema de control del nivel superior a través de las pasarelas que tengan características para permitir el perfecto acople entre la AS-i y la red a interconectar, otro método es mediante módulos de autómatas AS-i integrados en el autómata programable, que a su vez está conectado a los niveles superiores.

<sup>4</sup> Información para el dibujo extractada de: <http://www.as-interface.com>

A continuación se aprecia una de las conexiones entre redes más utilizadas como es el caso de la unión entre AS-I y profibus. Véase Figura 46. Para conectar directamente la red AS-I a la periferia de una red profibus se ofrecen pasarelas, de esta forma desde profibus se puede acceder a las entradas y salidas de los esclavos AS-I y a sus valores.

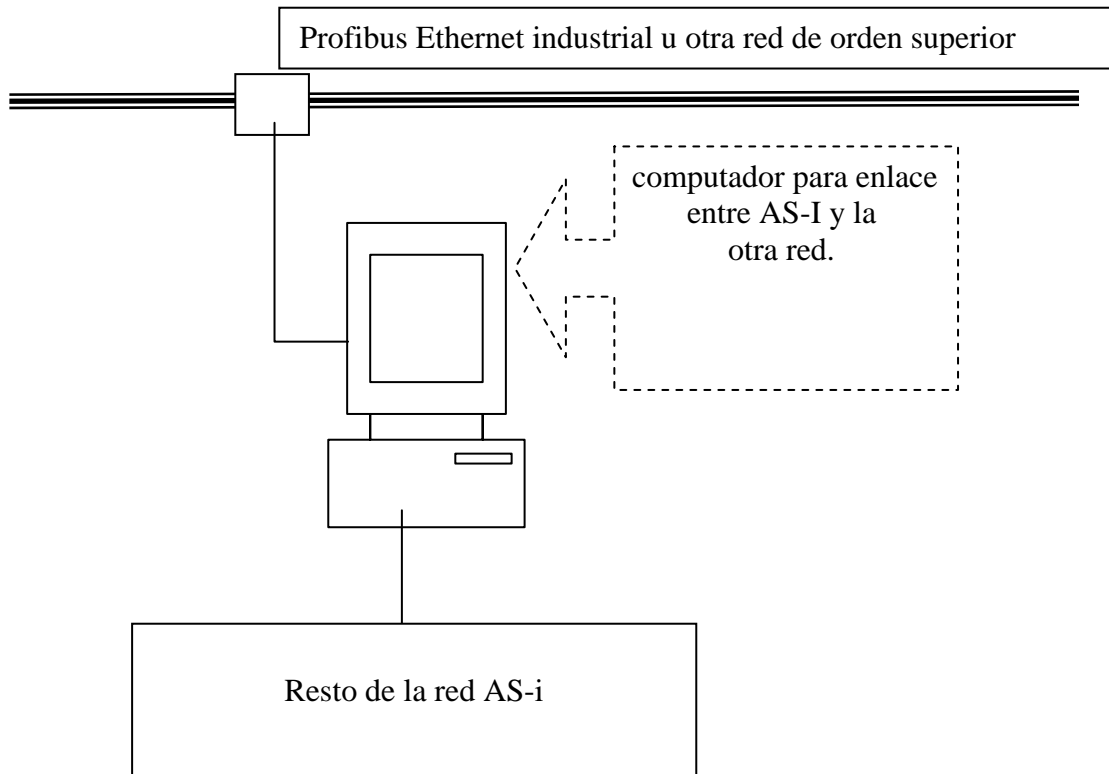
Figura 46. Enlace de la red AS-I a la red Profibus.



Otra forma que se puede hacer la integración de las redes AS-i con otras redes de orden superior es mediante computadores que sirvan como puente de enlace; en este caso, el maestro AS-I se reemplaza por un computador.

Dado que con un PC se pueden operar paralelamente con tarjeta de maestro e interfaces de PC para Industrial ethernet y profibus; de esta forma los datos suministrados por los esclavos AS-I se pueden proporcionar también a otras unidades conectadas a la red mediante el computador que sirve como un gateway de interconexión entre las dos redes a conectar. La utilización del computador es muy práctico. (Véase Figura 47).

Figura 47. Interconexión de AS-I con otra red por medio de un PC.



El maestro PC tiene controladores y librerías para aplicaciones C y Visual-Basic bajo MS-DOS y Windows; la aplicación de estos programas es muy eficiente y de gran utilidad en la conexión de PCs como maestros en redes AS-I.

A continuación se muestra un cuadro donde se listan las redes que se puede unir a AS-i. (Véase cuadro 2.)

Cuadro 2. Redes para aplicaciones de control industrial e instrumentación.

RED	Principales variantes	Topología	Medio físico	Velocidad banda base (bps = bits por segundo)	Distancia segmento	Nodos por segmento	Tipo de acceso al bus
P-NET		Anillo	Par trenzado apantallado	76.800 bps.	1.200 m	125	Paso de testigo Sondeo principal-subordinado
PROFIBUS	PROFIBUS-DP (Siemens)	Bus lineal	Par trenzado apantallado	9,6 Kbps 19,2 Kbps 93,75 Kbps 187,5 Kbps 500 Kbps	1.200 m 1.200 m 1.200 m 600 m 200 m	32	Paso de testigo Sondeo activa-pasiva
WorldFIP	FIPIO (Schneider) FIPway (Schneider)	Bus lineal	Par trenzado apantallado  Fibra óptica	31,25 Kbps 1 Mbps 2,5 Mbps 5 Mbps	1.900 m 750 m 500 m	32	Centralizado (árbitro de bus)
Modbus	Modbus-plus (Schneider)	Bus lineal	Par trenzado	de 300 bps a 19,2 Kbps	1.000 m	248	Sondeo principal-subordinado
Interbus-S		Anillo	Par trenzado	500 Kbps	400 m	256	Paso de testigo
DeviceNet		Bus lineal	Par trenzado	125 Kbps 250 Kbps 500 Kbps	500 m 250 m 100 m	64	CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Colision Detection )
ControlNet		Bus lineal Árbol Estrella	Coaxial Fibra óptica	5 Mbps 5 Mbps	1.000 m 3.000 m	48	CTDMA (Concurrent Time Domain Multiple Access)
CAN		Bus lineal	Par trenzado	de 50 Kbps a 1 Mbps	de 1.000 m a 40 m	de 127 a 64	CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Colision Detection ) con arbitraje de bit
.SDS		Bus lineal	Cable de 4 hilos	125 Kbps 250 Kbps 500 Kbps 1 Mbps	500 m	64	CSMA (Carrier Sense Multiple Access)
Ethernet	Ethway (Schneider)	Estrella	Par trenzado  Fibra óptica	10 Mbps 100 Mbps 100 Mbps 200 Mbps	100 m		CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Colision Detection ) TCP / IP
M-Bus		Bus lineal	Cable de 2 hilos	de 300 a 9.600 bps	1.000 m	250	Centralizado
HART		Bus lineal	Cable de 2 hilos	1.200 bps	3.000 m	30	Sondeo principal-subordinado

Otras redes que se pueden integrar con las AS-i, son aquellas redes utilizadas en la industria del automóvil y maquinaria. (Véase Cuadro 3.)

Cuadro 3. Redes aplicadas en la industria del automóvil y maquinaria.

RED	Propietario	Principales variantes	Topología	Medio físico	Velocidad banda base (bps = bits por segundo)	Distancia segmento	Nodos por segmento	Tipo de acceso al bus
SENSOPLEX	Ford (California)		Bus lineal	Cable coaxial			120	Sondeo principal-subordinado
SERIPLEX	APC (USA)		Bus lineal	Cable 4 hilos apantallado	98 Kbps	1.500 m	300	Sondeo principal-subordinado
J1939	SAE		Bus lineal	Par trenzado apantallado	250 Kbps			CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection ) con arbitraje de bit

Cuadro 4. Características relevantes de la red AS-i.

RED	Propietario	Principales variantes	Topología	Medio físico	Velocidad banda base (bps = bits por segundo)	Distancia segmento	Nodos por segmento	Tipo de acceso al bus
AS-I	Asociación de fabricantes AS-I		Bus lineal Árbol Estrella	Cable de 2 hilos	167 Kbps	100 m	32	Sondeo principal-subordinado

## 7. PRODUCTOS Y APLICACIONES DE LA REDES AS\_i

En la actualidad son muchos los fabricantes de productos para redes AS-i; entre ellos tenemos:

Allen-Bradley, Allen-Bradley D, Amphenol – Tuchel, Andras, AUCOTEC, Balluff, Banner, Baumer electric, Bernstein, Bihl + Wiedemann, Binder, Bosch, Brad Harrison, Bürkert, Carinthian Tech Res, Crouzet Autom, Datalogic, eao – Lumitas, Egemin, EMC, Endress + Hauser, Festo, Fuji, FZI Karlsruhe, Gavazzi, GroupeSchneider, Gebauer & Griller, Harting, Hengstler , HERION, Hirschmann, Honeywell, HTL Oensingen, ifm electronic, Klöckner-Moeller, Kostal, Kuhnke, Lanny, Leuzeelectronic, Lumberg, Lütze, Melhardt, Mitel, Murrelektronik, Nixdorf Institut, Norgren, Omron, Pepperl+Fuchs, Pepperl+Fuchs NL, Phoenix Contact, Pulsotronic, Rechner, Schaltbau, Schiele, Schmersal, SGS-Thomson, Sick, Siemens, SMC Pneumatik, STZ Göppingen, STZ Leipzig, STZ Weingarten, Technikum Kärnten, Technikum Vorarlberg, Thomas & Betts, TMG i-tec, TU Brno, Turck, VEGA B, VEGA NL, VisoluxElektronik, Weidmüller, WERMA, Wiechers + Partner, Wöhner.<sup>5</sup>

Las redes AS-I en la industria moderna son muy utilizadas en procesos de manufactura como, en los casos que vamos a referir a continuación:

Cintas transportadoras en montajes convencionales o donde tengan derivaciones de consumidor descentralizado, es decir que en una parte de la cadena productiva se necesite tomar una decisión para efectuar una actividad en especial.

Arrancadores de motor como participantes individuales en la red AS-I, es decir donde haya instalado un motor que se necesite encender o apagar desde diferentes puntos de una cadena de producción.

La red AS-I es muy utilizada donde se necesite módulos neumáticos como participantes de una red, estos cilindros se pueden colocar distribuidamente de forma espacial por toda la instalación

Cuando se presenta el ensamblaje final de las partes de un motor para automóvil es muy empleada la red AS-I porque se debe tener gran sincronización de los procesos.

---

<sup>5</sup> Lista de nombres encontrada en: [www.aisa.uvigo.es/joaquin](http://www.aisa.uvigo.es/joaquin)

Las plantas de embotellamiento completamente automatizadas, también emplean AS-I por que cada botella es envasada en serie a través de válvulas controladas que funcionen simultáneamente.

Las redes ASI encuentran su mejor campo de aplicación en cadenas de producción; porque son ahí donde se necesita recoger información de muchas partes para llevarla a un centro de monitoreo que organiza y lleva registros.

## CONCLUSIONES

Al ser las redes de campo utilizadas en ambientes industriales con condiciones difíciles de funcionamiento; las redes AS-i tienen un gran espectro de aplicación gracias a cualidades tales como la reducción del número de cables, alta inmunidad a interferencias externas, fácil adición de componentes y comunicación en tiempo real.

Unas de las mayores características de las redes AS-i es su gran versatilidad de adecuación, mantenimiento, implementación y funcionamiento; lo anterior es debido al funcionamiento sencillo de esta red, componentes modulares y estandarización de todos sus componentes por la Asociación AS-Interface que es la encargada de dar soporte técnico, patentes y documentación de productos y fabricantes.

Se podría pensar que las redes AS-i por su estructura y funcionamiento sencillo son inseguras al trabajar en tiempo real; pero en realidad, su tecnología de hacer un monitoreo constante por toda la red reduce la probabilidad de cualquier fallo y provocando de esta forma una solución temprana si se llegase a producir cualquier error durante su tiempo de funcionamiento.

El fácil funcionamiento y entendimiento de estas redes se debe a la comunicación maestro esclavo donde el maestro encuesta a cada esclavo con 4 bits de datos y este responde inmediatamente con 4 bits de datos; motivo por el cual, estas redes no necesitan de grandes cantidades de datos.

En la industria moderna donde se requiere reducir costos, sistemas fiables y seguros en condiciones hostiles de trabajo, funcionamiento en tiempo real, instalaciones sencillas y aplicaciones de rápido montaje; es aconsejable usar redes AS-i porque son las que cumplen con todos estos requisitos y se están utilizando en la actualidad en todo el mundo con gran eficiencia.

Las aplicaciones de redes AS-i se están implementando de forma progresiva, lo cual implica una proliferación de equipos de última tecnología para la automatización, esto involucra la realización de estudios y consideraciones técnicas que permitan planificar a mediano y largo plazo la utilización de PLCs, computadores industriales y sensores entre otros.

Las tecnologías AS-i emergen como una excelente alternativa frente a las tecnologías para controlar grandes fábricas o equipos de producción

tradicionalmente utilizadas, tanto por la mayor eficiencia ofrecida como por una relación costo / beneficio muy favorable, que permite a las organizaciones tener un rápido retorno de la inversión, permitiendo amortizar el costo de los equipos en poco tiempo, sin sacrificar la calidad de producción en las grandes industrias.

La prospección al desidirse utilizar una red AS-i debe prever no solo la factibilidad del diseño teniendo en cuenta la situación actual de su industria, factibilidad de modificaciones futuras que puedan interferir en el funcionamiento de dicha empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

AS INTERFACE. (2004). *Available from Internet*: <URL:<http://www.as-interface.com>>.

AS INTERFACE. (2004). *Available from Internet*: <URL:<http://www.as-interface.net>>.

FERNÁNDEZ MADRIGAL, Juan Antonio. *Sistemas en tiempo real. Tiempo real en redes de comunicaciones*. España: Universidad de Málaga, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2002.

FESTO. *AS-Interface. El sistema de instalación ingenioso y sencillo*. España: FestO, 2003.

KASCHEL C., Héctor y PINTO, Ernesto. *Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales*. Chile: Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2002.

KRIESEL, Werner, MADELUNG, O.W., AND HANSER VERLAG, Carl. *AS-Interface Das Aktuator-Sensor-Interface für die Autoamtion* (La fase de actuador/sensor para la automatización). München Wien, 1994.

TELEMECANIQUE. *AS-interface, Introducción y Fundamentos*. España, 10/03/2003.

ROMERO , Edwuis. *Redes de comunicaciones industriales*. Venezuela: Ingenieros Consultores, 2003.

SIEMENS. *Unidad periférica descentralizada DP/AS-I Link EWA 4 NEB 7106055-04 b*. Alemania : Siemens, 2003.

----- . *AS-Interface según EN 50 295 IK-PI-200/2003*. Alemania: Siemens, 2003.

----- . *DP/AS- Interface Link 20E*. Alemania: Siemens, 2003.

----- . *Interface*. Alemania. (nov. 2003). *Available from internet*: <URL:<http://www.siemens.de/automations/as-interface>>

SIEMENS- SIMATIC NET. AS-Interface, Introducción y Fundamentos. Manual. Alemania, 2003.

UNIVERSIDAD AISA. Redes AS-I. España (2002). *Available from Internet:* <URL:<http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>>.