10. Alternativa a las soluciones propuestas

Tras comprobar las ventajas de la solución distribuida, puede presentarse como alternativa un sistema de control para la planta desaladora basado en un DCS o Sistema de Control Distribuido. Este sistema presenta una manera diferente de gestionar la planta y plantea ciertas ventajas e inconvenientes, como veremos posteriormente.

Esta solución está basada en el Sistema de Control Distribuido Metso DNA (Dynamic Network of Applications) y sus principales elementos son los siguientes:

- Sistema SCADA de gestión y mantenimiento en sala de control con el software Metso DNA, formado por servidor redundante, servidor Web, una estación de ingeniería y dos de operación.
- Controladores de proceso Metso ACN alojados en armarios en la sala de control.
- Armarios de E/S distribuidos.

7.1. Descripción detallada de la solución DCS de Metso Automation

El DCS elegido para desarrollar el proyecto es el de Metso Automation, debido a que se trata de un DCS de gama alta que ya ha sido instalado en gran cantidad de plantas de numerosos países.

El esquema de esta solución puede verse en la figura 1. Como se muestra, el sistema de Metso está compuesto principalmente por cuatro controladores redundantes asociados tanto a las señales de entrada y salida como a la gestión de las comunicaciones con las unidades del sistema, sobre los que se ejecuta el software Metso DNA, que integrará a todos los elementos de la Planta.

En la configuración propuesta se ha previsto la instalación de armarios centralizados en el edificio eléctrico y de control. De esta forma se tienen dentro del centro de control, además de los equipos de trabajo, los armarios correspondientes a:

- Switches
- Metso ACN (procesadores del DCS Metso DNA)
- Conexiones varias

Además de los controladores, en la sala de control se han incluido los siguientes equipos:

- Dos estaciones de operación
- Una estación de ingeniería
- Un servidor de históricos
- Impresoras
- Un equipo GPS para sincronización

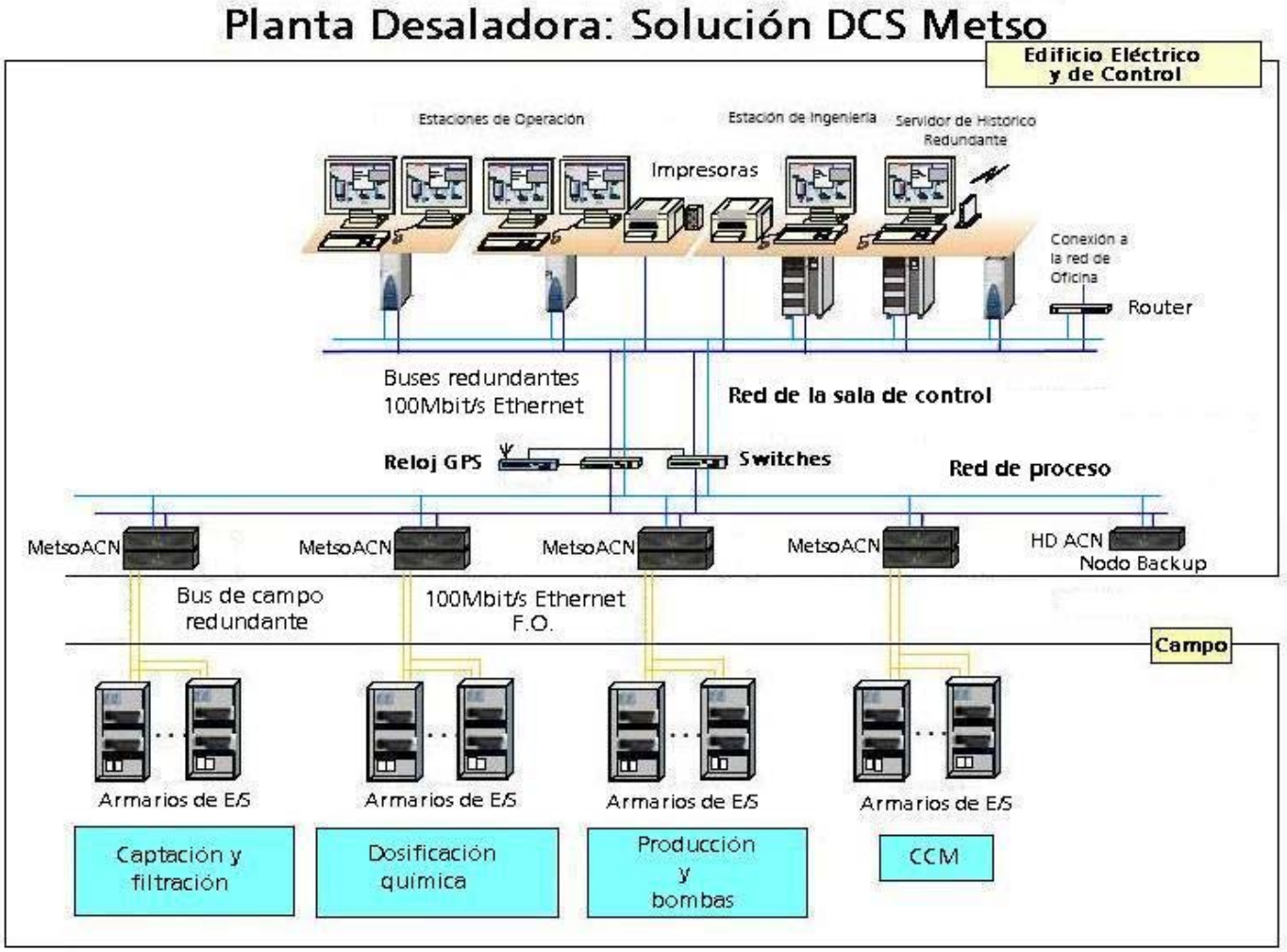

Figura 1: Esquema de la solución DCS de Metso

Tal como se ve en la figura 1 y como se explica en el apartado 7.3, se ha previsto una doble red de supervisión para la integración de todos los puestos de operación e ingeniería, así como otra doble red de control para la integración de los controladores que interaccionan con el campo. Ambas redes están implementadas con dos switches, lo cual dota al sistema de una elevada disponibilidad, y están formadas por buses de comunicaciones redundantes con protocolo Ethernet TCP/IP.

Para la adquisición de señales de campo se han colocado armarios con tarjetas de E/S y se ha considerado la comunicación con los PLC’s mediante un bus de campo de fibra óptica.

7.2. Características de Metso DNA

Este sistema es de muy alta disponibilidad y cuenta con un amplio respaldo en el mundo, soportado por un gran número de referencias.

Como principales ventajas del DCS de Metso DNA, pueden señalarse las siguientes:

- Permite garantizar la máxima confiabilidad y disponibilidad.
- Fácilmente escalable, con capacidad de expansión en términos de aumento de datos manipulados y de añadir tarjetas de entrada/salida, velocidades rápidas, gran cantidad de estaciones, mensajes de alarma y cualquier otro parámetro. Integra la operación y supervisión de todos los datos relevantes para una adecuada coordinación con las operaciones de la planta.
- Puede operarse íntegramente desde la sala de control.
- Cuenta con una unidad de Backup (BU) que garantiza la no pérdida de información del sistema ante cualquier evento que pudiera ocurrir.
- Completamente redundante.
- Permite la conectividad con otros sistemas.

El sistema también dispone un sistema de vigilancia y diagnóstico, monitorización de la ejecución de programa y sistema de diagnóstico automático a nivel de módulos de entradas y salidas, memoria y comunicaciones.

Metso DNA está basado en la distribución libre de la información y el conocimiento, en la automatización del control y en las aplicaciones integradas de control de los dispositivos de campo, constituyendo una red donde diversas aplicaciones basadas en hardware y software diferentes permiten a cualquier planta seleccionar de forma flexible las

aplicaciones de automatización e información que respondan de forma plena a sus necesidades. Esto lo consigue enlazando todas las actividades de automatización y sistemas de información desde los sistemas de campo hasta los centros de control, lo que fortalece tanto al equipo de trabajo como a la toma de decisiones.

Las características más importantes de este sistema son las siguientes:

1. Histórico de datos y alarmas, completo, continuo y complementado con herramientas de usuario.
   Metso DNA ofrece una solución de almacenamiento de datos para todos los procesos y productos relacionados con los sistemas de información. Integrado por datos en tiempo real, históricos y alarmas, este sistema de almacenamiento constituye una base sólida para la gran diversidad de herramientas de usuario que incorpora el sistema.

   Estas herramientas de usuario son productos software avanzados para el análisis y reporte de información tanto de producción como de producto que mejoran tanto la toma de decisiones como la gestión de la producción, al tiempo que reducen posibles alteraciones del proceso.

2. Red del conocimiento.
   Además de los históricos, Metso DNA contiene una base de datos que posibilita la construcción del proceso de conocimiento. Esta base de datos combina los resultados del análisis de información y la experiencia del usuario para crear memoria de organización y experiencia compartida.

3. Nueva interfaz de operación Hombre-Máquina que ofrece el mejor soporte para el equipo de producción.
   Esta interfaz incorpora herramientas dinámicas que permiten un control eficiente incluso de los procesos más complicados. Ofrece una visualización completa del proceso que permite el acceso inmediato y la utilización flexible de la información.

4. Red abierta que incrementa la conectividad y compatibilidad.

Incorpora estándares como **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que permiten el desarrollo de nuevas aplicaciones o seleccionar paquetes de control de terceros.

Sus versátiles herramientas de ingeniería y estándares como Java, IEC 61131-3 así como las tecnologías de Microsoft permiten que todos los procesos de control y gestión de la información se lleven a cabo en un entorno abierto e independiente del vendedor. La conectividad de campo está soportada por estándares como Fieldbus, Modbus, AS-i, Profibus, etc.

5. Mayor productividad de la operación e ingeniería al asegurar la calidad del diseño, permitiendo la incorporación de cambios de forma eficiente y un funcionamiento fiable de la red de automatización e información durante todo su ciclo de vida.

   Las operaciones de la red, basadas en entorno Web, permiten gestionar y actualizar toda la información cada vez que sea necesario.

   Las herramientas de ingeniería permiten visualizar toda la planta de forma jerárquica, permitiendo la navegación a cualquier departamento o área de proceso, y separar la información de los lazos de control y los bloques y parámetros de nivel inferior, o abrir un lazo con una herramienta CAD para ver de forma gráfica sus elementos e interconexiones. Los riesgos de alteraciones en la producción se minimizan con el ambiente virtual de Metso DNA, que permite realizar pruebas previas a las modificaciones.

   También ofrece soporte al mantenimiento mediante la inclusión de herramientas de diagnóstico. Las actividades y redes redundantes aseguran un extraordinariamente alto nivel de fiabilidad.

6. Herramientas para Gestión de Activos de la Planta en Tiempo Real.
   La gestión de activos abarca un amplio rango de herramientas que permiten la monitorización y control continuos del proceso de producción, automatización y

activos de campo, de forma que se previene la inestabilidad o degradación acumulada de la ejecución, al tiempo que se alcanza mejor operación de la planta en todo su ciclo de vida.

7. Activación del ciclo de vida Metso.
   Con su concepto de ciclo de vida, Metso cambia el enfoque del mantenimiento para pasar de acciones de reparación reactivas a una gestión del mantenimiento preventiva.

8. Automatización integrada.
   Esta solución estrecha la interfaz entre los diferentes procesos y la instrumentación, y eleva el nivel de automatización de los resultados de los equipos de proceso. Para Metso, la automatización integrada constituye un escalón en el camino que va de los sistemas de control distribuido a redes abiertas de automatización que se extienden desde los dispositivos de control de campo hasta la gestión de la información.

9. Escalabilidad.
   Las entradas/salidas inteligentes se usan para una interconexión y lógica rápida.

7.2.1. Actividades

Metso DNA se basa en una serie de actividades relacionadas con funciones de la red. Las actividades son entidades funcionales que utilizan nodos o estaciones diferentes, en este caso controladores, como el de la figura 2.

Figura 2: Nodo Metso

Es una estructura descentralizada, por lo que el apagado o fallo de una estación no afectará a otras partes del proceso, y presenta la posibilidad de posteriores extensiones sin perturbar otras partes del sistema ya existentes. Estas actividades son:

- Actividad de Gestión del Conocimiento. Permite que el conocimiento de toda la organización esté disponible para todos los usuarios del sistema permitiendo un aprendizaje continuo.

- Actividad de Gestión de la Información. Almacenamiento continuo de alarmas y de históricos que incluyen las mejores herramientas de análisis y reporte de la información.

- Actividades de Operación. Incorpora las interfases de usuario de operación del proceso, procesadores de alarmas y soluciones integradas de gestión de la información.

- Actividades de Control. Controles de energía, maquinaria, calidad y procesos. Incluye todos los niveles de control, desde los lazos básicos y la lógica de maquinaria hasta la optimización de la calidad.

- Actividades de Campo. Integradas por los racks de entrada/salidas así como las interfaces de los buses de campo, como por ejemplo, AS-i, Profibus, Modbus y Foundation Fieldbus. En los componentes inteligentes

de entrada/salida pueden ejecutarse operaciones de control rápidas e independientes.

- Actividades de Conectividad. Ofrecen interfaces con diferentes sistemas como ordenadores, sistemas lógicos y dispositivos especiales de medición.

- Actividades de gestión de activos de la planta en tiempo real. Ofrece las herramientas necesarias para la gestión de los activos de la planta durante todo su ciclo de vida. Con ellas la planta puede alcanzar objetivos de excelencia que pueden mantenerse durante todo su ciclo de vida.

7.2.2. Interfaz Hombre-Máquina

Desde cada estación de trabajo del operador, todo el proceso entero puede estar controlado y supervisado a través del IHM, para lo cual se presentan varias pantallas en la estación:

- Despliegues del gráfico de proceso
- Despliegues de alarma /eventos
- Despliegues dedicados de gráficos
- Despliegues de secuencia de pantallas
- Despliegues de diagnósticos

El interfaz también incluye un protocolo de autentificación, ya que algunas operaciones necesitan un cierto nivel de privilegios de usuario. De esta forma, los modos de acceso de los usuarios se dividen en tres grupos, según los permisos:

- Modo de pantalla (supervisión e informes)
- Modo de control (tratamiento de datos, gráficos, alarmas, etc.)
- Modo de mantenimiento (manejo y modificación de parámetros, unidades de tiempo, cálculos, etc.)

7.2.3. Sistema de alarma: DNA Alarm

Metso DNA provee al operador información acerca de las situaciones de alarma y facilita un acceso rápido para acceder al cuadro de proceso donde se halla el problema. Las herramientas para la clasificación de alarmas y las operaciones estadísticas permiten análisis fuera de línea.

El manejo de eventos está bajo la dirección del Procesador de Alarma (ALP). El ALP asegura que los datos de los eventos son presentados al operador por medio de la alarma y / o mensaje en pantalla, los despliegues gráficos, las ventanas de curvas, etc.

Los eventos tratados por el ALP se guardarán en una bitácora (log), donde son registrados. Este log se limpiar cada cierto tiempo, que es configurable. También existe un registro de históricos de alarmas, DNA AlarmHistorian, donde se almacenan los eventos periódicamente.

DNA Alarm está funcionando siempre en el puesto del operador de la sala de mando.

7.2.4. Nodo de Backup

Todos los datos de ejecución están distribuidos en varias estaciones y se almacenan en forma de paquetes en la base de datos en la estación de Backup (BU). El disco duro de la estación de backup contiene la configuración de todas las estaciones conectadas en la red. En el arranque de las estaciones, se descarga desde el BU la aplicación de datos en el entorno de ejecución. Los módulos de aplicación también son descargados desde la Estación de Ingeniería directamente al entorno de ejecución (de forma online) y al mismo tiempo, una copia de la reproducción se agrega al paquete de la base de datos, residiendo en el BU.

Tras un evento de fallo, la estación de backup vuelve automáticamente a cargar la configuración respectiva de la estación, guardándose toda la información actual del proceso en intervalos de tiempo determinados.

Las funciones de la estación BU están en funcionamiento a la vez que las de las estaciones de proceso.

7.2.5. Autodiagnóstico

El sistema de autodiagnóstico es una parte integrada de Metso DNA. A continuación puede verse un esquema general del sistema.

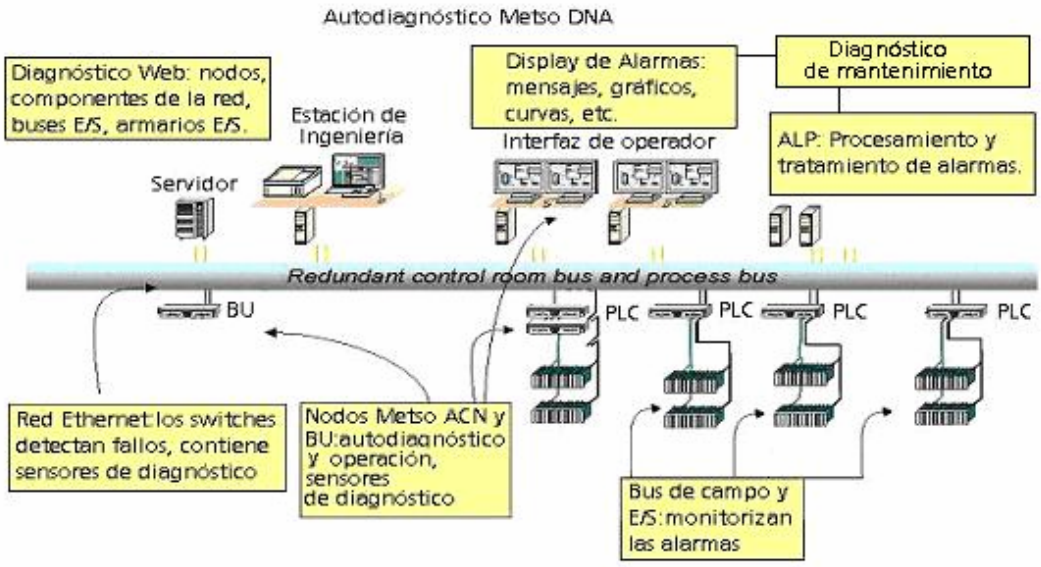

Figura 3: Sistema de autodiagnóstico Metso DNA

El sistema de autodiagnóstico contiene dos herramientas: autodiagnóstico Web y diagnóstico de mantenimiento, cada uno con sus funciones específicas.

Autodiagnóstico Web:

- Da las descripciones de capacidad, versión, el backup de datos y las licencias de los componentes
- Generador del módulo de alarma
- Web basada en interface de usuario, acceso para ordenadores autorizados
- Visual de la estructura de Metso DNA
- Estructura del nodo y la indicación de componente de la alarma

Diagnóstico de mantenimiento:

- Interfaz con características de depuración
- Pantalla de alarma

- Ventana de bucle
- Depurador
- Proporciona una interfaz para la aplicación de Metso DNA y diagnóstico de datos
- Plataforma para las descripciones dinámicas del circuito

7.2.6. Hardware de los nodos: Metso ACN

El hardware de los nodos de la red Metso consiste en una plataforma Metso ACN por cada uno de ellos, que será instalada en armarios con protección IP55 metalizados, idénticos al de los controladores interiores de la solución centralizada, mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Por seguridad, todo el hardware será duplicado, es decir, cada uno de los nodos será redundante, aunque compartirán el mismo armario. La redundancia se realiza en modo Hot Standby de forma totalmente invisible: no es necesario tomarlo en cuenta cuando está funcionando una aplicación; ya que la redundancia es transparente para el usuario. La configuración Hot-Standby funciona en ambos nodos, pero solamente los activos producen salidas.

El monitor de operaciones Metso DNA realiza el diagnóstico interno de ambas partes, la activa y la pasiva. Los nodos activos actualizan los datos de la aplicación en la estación pasiva cada valor de tiempo constante predefinido.

Los criterios del switchover o cambio de nodo activo son los siguientes:

- Los nodos activos pierden su capacidad de operación debido al mal funcionamiento del hardware o del software.
- Los nodos activos pierden la conexión con los procesos del bus.
- Los nodos activos tienen menos conexiones en E/S que la estación pasiva.

Las instrucciones de la transferencia son dadas por la propia aplicación DNA o manualmente. La decisión de transferir será siempre ejecutada en los nodos

activos. Cuando la decisión se deba al primer criterio, será hecho a nivel de hardware, de otra forma será hecha por el software. El usuario puede cambiar las decisiones hechas por el software cambiando los parámetros de referencia.

El efecto de la actualización de todos los valores de cada proceso sólo es posible en el primer criterio. En todos los otros casos el sistema actualiza únicamente el último valor antes del switchover.

El hardware Metso ACN puede ser usado como un control de procesos o como una estación autónoma, y los nodos pueden disponer o no de disco duro. En el DCS pensado para este proyecto no tienen HD, sino que están equipados con un sistema de operación en tiempo real, y operan con el respaldo de la unidad de BU.

7.2.7. Históricos de datos: DNA Historian

DNA Historian es un sistema de administración de alto rendimiento de datos para recoger continuamente datos del proceso. Está compuesto por una base de datos basada en memorias y por un historiador.

El servidor DNA Historian constituye una base de datos jerárquica a tiempo real, optimizada para la adquisición de datos de alta velocidad, y totalmente configurable. A causa de su alta flexibilidad alta, DNA Historian muestra una cierta cantidad de las características de un RDBMS, sin embargo, no se forja en una base de datos relacional comercial.

DNAhistorian incorpora los últimos logros en tecnología dirigida a eventos de bases de datos. Está específicamente diseñado para manejar aplicaciones de tiempo real, funciones residentes en la memoria de alta velocidad y procesamientos, asegurando una respuesta rápida.

Sus características distintivas principales incluyen:

- Acceso para datos de largo plazo. El acceso online está limitado sólo por el tamaño de sistema del archivo.
- Los datos archivados pueden cargarse en la pantalla para su análisis.
- Soporte de múltiples tipos de datos.
- Utilización de un caché propietario de alta velocidad.
- Utilización de una estadística dinámica guardada.
- Capacidad de registrar varios miles de eventos por segundo.
- Capacidad para acumular grandes explosiones de datos mediante colas.
- Capacidad de acceso de múltiples usuarios a los archivos de datos (multithreading).

El DNAhistorian también utiliza procesamiento asincrónico, lo que permite colocar inmediatamente cada dato a almacenar en el archivo a alta velocidad de forma eficiente.

Para acceder a más de dos bases de datos simultáneamente, está equipado con ODBC OAM (Open Access Module), una interfaz basada en ODBC que permite importar y exportar datos entre la base de datos del DNA Historian y RDBMS. De esta manera, permite el acceso para datos de tiempo real en una sola consulta.

Para graficar y representar los datos de DNAhistorian, Metso DNA incluye la herramienta DNA Trend. DNA Trend es un navegador cuya función es la recuperación de datos de las estadísticas y su presentación gráfica, aunque también ofrece la opción de combinar datos de eventos de DNA AlarmHistorian y DNA Historian.

7.2.8. Históricos de alarmas: DNA AlarmHistorian

El DNAalarmHistorian es una base de datos de alto rendimiento para el proceso de alarmas. Colecciona y almacena toda la información sobre alarmas de diferentes fuentes de información en una única base de datos. El DNAalarmHistorian está implementado con un motor de base de datos de MS SQL Server.

Esta base de datos está diseñada para tener un sistema de alarma eficiente y clasificar los distintos tipos de eventos basándose en diversas fuentes y prioridades. La estructura permite disponer de buenos tiempos de respuesta.

La función de DNA AlarmHistorian es óptima cuando se utiliza conjuntamente con DNA Alarm.

7.3. Red

La red de sistema del DCS Metso DNA consta de dos redes principales: la red de proceso y la red de la sala de control. Las redes serán construidas de modo que sean completamente redundantes.

Red de proceso

La tarea principal de la red de proceso es conectar las estaciones de control de de forma fiable. Físicamente, está hecha con componentes de Ethernet IEEE 802.3., y aunque se basa en el estándar 100 Ethernet Mbit/s, el protocolo de comunicación usado es UDP/IP, al que se le añade una aplicación específica de protocolo de Metso DNA. Esta arquitectura de red es llamada Switched Ethernet.

Esta arquitectura hace posible expandir la longitud física del bus usando repetidores estándar Ethernet. La red de proceso es redundante, para lo cual se basa en fibra óptica dual.

La red de la sala de control

La red de la sala de control es una red estándar de 100 Mbit/S Ethernet con protocolo TCP/IP, definido por IEEE 802.3. Esta red asegura que las estaciones de la sala de control se comunican con los controladores. La red de la sala de control está enrutada con la red de proceso por dos switches de 100 Mbit/s Ethernet.

El bus de la sala de control debe estar separado de la red normal de la oficina de la planta por medio de un router. Esto asegura que en caso de existir posibles problemas en la red en la oficina, éstos no afecten al bus de la sala de control y viceversa.

7.4. Comparativa entre solución DCS y PLC-SCADA distribuida

Existen ventajas e inconvenientes de una solución frente a otra, aunque, si bien se distinguen en varios aspectos, las diferencias entre ambas opciones son decrecientes en el tiempo. Aún así, veremos la comparativa realizada desde los conceptos en los que las diferencias entre ambos son mayores.

7.4.1. Controladores

Las soluciones DCS están pensadas para realizar todas las tareas desde los ordenadores del centro de control o desde un puesto de ingeniería independiente, que suele ser un ordenador de grandes prestaciones, lo que es un inconveniente para realizar programación y mantenimiento local, que en caso de solución PLC-SCADA se puede realizar con un portátil de características básicas con OASyS DNA, ya que no requiere las grandes prestaciones propias para un ordenador donde trabaje una aplicación tipo DCS, como Metso DNA. En cambio, el uso de una única herramienta de ingeniería como Metso DNA en lugar de diferente software (OASyS DNA, Unity Pro) proporciona ventajas de homogeneidad.

7.4.2. Fiabilidad

La solución DCS presenta el mismo inconveniente de seguridad que teníamos en el caso de la solución centralizada anteriormente descrita, al ubicar la totalidad del control en nodos centralizados (aunque sean cuatro y redundantes), ya que ante una fatalidad tipo incendio, etc., se inutiliza la zona controlada por dicho nodo, que será mayor que la controlada por un PLC distribuido.

7.4.3. Base de Datos

En la solución DCS, la mayor parte de la base de datos (BDD) se genera conforme se desarrolla el programa del nodo. Esta BDD se transfiere a la parte de programación del centro de control en un paquete, para lo cual es necesario desencadenar un proceso de exportación de BDD desde la parte de PLC hacia la parte del centro de control.

En la solución PLC-SCADA, igualmente, la mayor parte de la BDD se genera conforme se desarrolla el programa de PLC, pero en este caso la exportación no es directa, ya que desde el software de programación del PLC se realiza una exportación de BDD a un formato intermedio, por ejemplo, Excel, y de aquí lo importa la BDD del sistema SCADA. Esto provoca una pérdida de eficiencia al buscar datos, ya que no estarán ordenados ni empaquetados.

En resumen, el procedimiento para generar una gran BDD de intercambio es algo más simple y directa en la solución DCS, pero presenta el siguiente inconveniente: una vez realizada la carga de la BDD, para sucesivas pequeñas ampliaciones (muy usuales), requerirá una exportación automática de la base de datos completa que obligará incluso a parar la aplicación Metso DNA del DCS. Esto ocurre porque en la solución DCS, la exportación de BDD es automática y rígida en su formato. Por otra parte, esta rigidez ocasiona que no sea posible adaptarla a las necesidades del cliente, como denominaciones para determinadas señales o que la propia base de datos respete una estructura determinada, lo que perjudica el futuro mantenimiento del sistema y dificulta el registro cronológico de eventos. En la solución PLC-SCADA, las pequeñas ampliaciones no requieren exportación completa, y no es necesario llegar a extremos como tener que parar la aplicación, pero se pierde rapidez en el acceso a los datos.

7.4.4. Programación

El entorno de programación de PLC en un sistema DCS está orientado a objetos, por ejemplo bloque motor, bloque válvula, etc. Estos bloques, disponibles en una librería de objetos, se insertan en el programa y el programador tiene que parametrizarlos para poder usarlos.

Metso intenta que el objeto tipo ofrezca gran variedad de posibilidades de control, para que le sirva a las necesidades de la aplicación en particular, pero no ofrece posibilidades para crear objetos propios o, si los ofrece, están muy limitados a los existentes, a los que hay que adaptarse obligatoriamente. La utilización de estos objetos es la característica fundamental en la programación de los nodos del DCS; de no usarlos se pierde la principal prestación de los mismos.

Esto representa una ventaja, ya que el uso de objetos ya desarrollados ahorra tiempo de programación frente a desarrollar objetos propios. Sin embargo, la parametrización para ajustarlo a las necesidades concretas de la desaladora es inevitable y requiere tiempo de estudio del funcionamiento de cada objeto, lo cual puede hacer inservible el ahorro de tiempo inicial.

En la solución distribuida, para la programación de los PLC no existe esta tendencia de objetos existentes que se insertan en el programa, de forma que el programador crea los suyos propios a medida de sus necesidades mediante objetos de librería y herramientas potentes. Esto presenta una importante ventaja, ya que el objeto de librería utilizado en DCS consume gran cantidad de recurso de CPU debido a que incluye una programación interna por parte de Metso muy superior a la que podemos necesitar para este proyecto, por lo antes citado de que el fabricante intenta cubrir diversas necesidades posibles con el bloque tipo, de las que no todas se utilizarán. Esto obliga a que, para una misma necesidad de control, el sistema DCS requiera una CPU de gama más alta y por tanto precio superior para realizar la misma función. Este incremento del coste del equipo no compensa el ahorro de tiempo que suponen los objetos preprogramados, sólo en otros proyectos donde el ahorro de tiempo sea muy grande, por ejemplo si se va a realizar un uso posterior del mismo sistema ya parametrizado.

7.4.5. Tiempo de respuesta

La mayor carga de CPU en un sistema DCS hace que éste no consiga trabajar a los reducidos tiempos en los que lo hace un PLC como los que se utilizan en la solución distribuida, llegando a requerir tiempos de ejecución diez veces superiores por parte de un sistema tipo DCS. En concreto, para este Proyecto, los tiempos del DCS son:

- Tiempo de scan: en el entorno de 1 segundo.
- Tiempo de respuesta a una acción de mando o demanda de información por parte del operador: en el entorno de 2 segundos.
- Tiempos de ejecución de las aplicaciones ofertadas: por encima de 100 milisegundos para las estaciones de operación.

Los tiempos de respuesta de la solución distribuida no exceden en ningún caso de 1 segundo, excepto en la representación de gráficos.

7.4.6. Cuadros eléctricos

La solución de Metso Automation, al igual que la solución centralizada, concentra en un Centro de Control de Motores (CCM) todos los cuadros eléctricos y de control de la Planta. Esta característica del sistema presenta las mismas ventajas e inconvenientes frente la solución distribuida que las comentadas en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, referentes a climatización, limpieza y seguridad. Recordamos la facilidad de acceso que posee, frente a las dificultades de la solución PLC-SCADA para mantener en buen estado todos los cuadros, debido a la descentralización de los cuadros.

También es conveniente repetir los problemas de coste que plantea el tendido eléctrico necesario por la existencia de una CCM, que no existen el la segunda solución.

De esta comparativa podemos obtener las siguientes conclusiones finales:

1. El sistema DCS está diseñado para utilizar los objetos de librería preprogramados y configurables mediante parametrización. Esta prestación intenta reducir el tiempo de desarrollo, aunque lo hace a costa de encarecer el equipo PLC y obtener peores rendimientos en tiempos de ejecución y tiempos de adquisición de información.

2. La solución de objetos preprogramados por Metso es ineficiente por utilizar gran cantidad de código de programa y especialmente variables que no serán útiles al proyecto. Es un sistema más adecuado a Plantas mayores, en las que se vaya a reutilizar la parametrización.

3. Las comunicaciones PLC-SCADA son menos eficientes, al tener que buscar la información, ya que no está ordenada ni empaquetada de forma óptima.

4. La solución DCS es totalmente redundante, mientras que la PLC-SCADA no lo es. Aunque ambas soluciones son robustas, la seguridad es menor en el caso del sistema DCS debido a la centralización de los nodos controladores, que incluso comparten armario, cosa que no ocurre en la solución distribuida, donde los armarios que contienen los PLC's están repartidos.

5. El tendido de cables de fuerza encarece el sistema de Metso, pero mantenimiento del DCS es más sencillo y barato, al pertenecer todos los componentes a la misma firma.

Por último incluimos un presupuesto orientativo de la solución DCS:

Part.	Descripción	Precio
1	Sistemas de Gestión	
1.1	Software	85.000
1.2	Hardware	20.000
2	DCS Metso	
2.1	Controladores	200.000

2.2	Armarios de campo	150.000
2.3	Centro de Control	170.000
3	Protecciones y Equipos Auxiliares	100.000
4	Repuestos y varios	75.000
	Total	800.000

Observamos cómo el sistema DCS es más caro que la solución basada en PLC-SCADA, a pesar de las ventajas en homogeneidad, redundancia y mantenimiento que ofrece.