



Actualización tecnológica de sistema de control en Planta de elaboración de Margarinas

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor/es:

Bertotto Hernán Carlos

2018

Acreditación:

Fecha: 08/08/2018

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio

1° Vocal: Ing. José Luis Catalano

2° Vocal: Ing. Fabián Sensini



Dedicatorias

Todas las personas que pasan por la vida dejan alguna enseñanza y ayudan al desarrollo. Lo importante es saber descubrirlo y aprovecharlo.

En algún momento priorice mi desarrollo laboral, en otro momento fueron las ganas de formar una familia, sin embargo, el desafío de poder finalizar mi carrera de grado siempre estuvo latente, hoy puedo decir que el anhelo se vuelve realidad.

En este camino, muy importante fue el apoyo de mi familia para lograrlo, ayudándome consciente o inconscientemente. Gracias en primer lugar a Carina, Bautista y Bianca, ellos me demostraron que se puede aun cuando no se ve el final del camino y me apoyaron incondicionalmente.

Gracias a mis padres los cuales me enseñaron con actitudes el camino a tomar.



Agradecimientos

Gracias a aquellos con los cuales comparto mi faceta profesional, los cuales me han ayudado a desarrollarme, compartiendo sus experiencias, inquietudes, conocimiento, impulsándome a la superación diaria.



Memoria Descriptiva

Las actualizaciones tecnológicas de los sistemas de control plantean a los grupos a cargo de su ejecución un modo de desarrollo muy diferente en el cual tiene mucho peso factores tales como “encajar” los tiempos de migración ajustados al ritmo de producción, manteniendo la mayor cantidad posible de componentes reutilizables para garantizar el retorno de inversión, a la vez que se debe escoger correctamente el sistema a implementar para no caer en el uso de tecnología obsoleta, por citar solo algunas de estas condiciones.

En el desarrollo de este trabajo se presenta la migración en el sistema de control de una planta de procesamiento de aceites y grasas, del cual se tomó una de las líneas de elaboración de margarinas como caso testigo de lo que implicó este proceso.

La primera etapa en un proceso de migración es analizar los aspectos técnicos, económicos y de mercado que justifican la necesidad de la actualización del sistema de control. En este trabajo se presenta la justificación desde el punto de vista de la obsolescencia del sistema de control existente, así como de los aspectos de mercado que justifican el cambio.

Seguidamente se procede a presentar los objetivos basados en las expectativas planteadas por el cliente final y las características más importantes de los sistemas de control distribuido (DCS) de la actualidad que justifican la elección de la tecnología de base.

Para poder mostrar el impacto positivo de las mejoras introducidas se presenta la situación inicial del sistema con sus puntos débiles y a partir de estos cuales son las herramientas propuestas para cumplir con los objetivos marcados al inicio del proyecto por el cliente final.

El conocimiento de la naturaleza del proceso permite definir la implementación de la solución correcta y cuales son las variables que impactan en el resultado final y como se relacionan entre sí. Para ponerlo en contexto se realiza una breve introducción del producto terminado de la planta según el Código Alimentario Nacional y los aspectos físicos más importantes que presenta el proceso de obtención de margarina, junto con las estrategias de control que se emplean en cada sector de la planta.

La correlación de los objetivos con la implementación final se explican con profundidad marcando los aspectos más importantes de esta solución mostrando la arquitectura propuesta y explicando la funcionalidad de cada una de las partes que forman el conjunto. También se presentan las principales características técnicas de algunos de los elementos que forman parte del sistema.

Sin perder de vista la seguridad en la operación, para proteger los activos y capital humano de la empresa, así como también el impacto sobre el medio ambiente se muestran los puntos clave tenidos en cuenta en el control de la planta y los puntos críticos de control.

Finalmente se elaboran las conclusiones del desarrollo y el impacto que tuvo sobre el proceso.



Índice

Dedicatorias.....	2
Agradecimientos.....	3
Memoria Descriptiva.....	4
Índice.....	5
Introducción.....	6
Objetivos.....	9
Características de un sistema de control distribuido (DCS).....	10
Situación inicial.....	22
Descripción del proceso de obtención de Margarinas.....	25
Estrategias de control.....	30
Control por lotes (tipo batch).....	31
Control continuo.....	41
Sistema de control de frío.....	46
Desarrollo de la aplicación.....	52
Dimensionamiento CPU.....	52
Reemplazo de I/O.....	52
Definición de las funciones.....	59
Definición de la jerarquía de planta.....	59
Editor CFC.....	60
Editor SCL.....	61
Editor SFC.....	62
Asignación de roles y manejo de usuarios.....	63
Pantallas de operación.....	68
Funcionalidades destacadas de la estación de operación.....	70
Operación de motores.....	71
Monitoreo de las secuencias de operación.....	74
Sistema de avisos.....	76
Funcionalidad “Loop in alarm”.....	81
Sistema de tendencias.....	81
Comparación entre las pantallas del sistema antiguo y el nuevo sistema.....	83
Conclusiones.....	88
Bibliografía.....	89
Acrónimos.....	90
Glosario.....	91
Anexos.....	92



Introducción

La aparición de nuevas tecnologías modifica o cambia los conceptos de los sistemas de control. Estos conceptos y sus implicancias también se ven influenciados por los cambios en la sociedad. El fenómeno de globalización cambio la forma en que las compañías pensaron sus negocios. La capacidad de las compañías para adaptarse a estos cambios normalmente determina el éxito de sus negocios.

En la actualidad los conceptos sobre los que se basan los **sistemas de control modernos** tienen como **pilares** a la **integración**, **acceso a la información** y **modularidad**. La mayoría de estos conceptos están en sintonía con los nuevos avances en los sistemas computarizados, los cuales en la actualidad permiten un número prácticamente ilimitado de datos que se pueden poner en juego e interrelacionarse, para beneficiar la toma de decisiones casi en tiempo real, adaptando la producción a lo que el mercado exige.

También, muchas organizaciones (ISA, IEC, NAMUR, NFPA, etc.) han hecho innumerables esfuerzos en dictar los estándares que deben cumplir estos sistemas, con lo cual todas las empresas que ofrecen este tipo de tecnología están acotadas a seguir estos caminos para dotar a sus productos de las funcionalidades exigidas por las normas, las cuales en algunos casos poseen también implicancias legales para su cumplimiento.

A diferencia de lo que hasta hace unos años se les exigía a los sistemas de control, hoy se concibe a las unidades productivas como un todo, en donde desde el piso de planta (instrumentos, motores, etc.) hasta la gestión administrativa deben tener un grado de integración muy alto. Esta interrelación entre los distintos niveles esta estandarizado bajo la norma ISA 95.

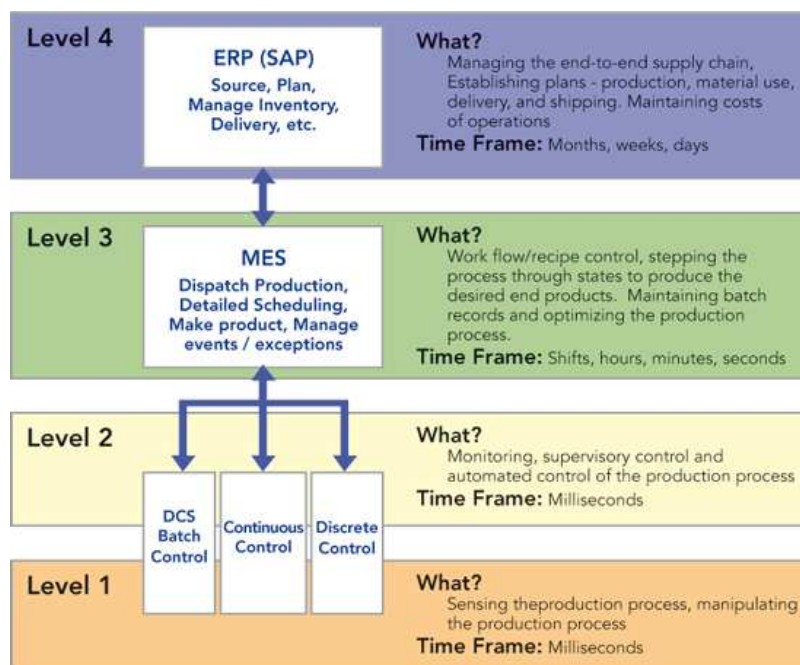


Figura 1 - Modelo ISA 95



Aun cuando la planta se mantenga productiva, la obsolescencia de los sistemas se manifiesta en los costos que implica mantener esta “operatividad”, destacándose puntos tales como:

- Imposibilidad de integrar funcionalidades, tales como control, seguridad y comunicaciones.
- Capacidades de diagnóstico limitadas, lo cual aumenta los tiempos de detección y corrección de fallas.
- Velocidades de intercambio de datos bajos y latencias en estados de entradas/salidas.
- Imposibilidad de compartir datos con los sistemas de alto nivel tales como MES y ERP.
- Limitaciones en la flexibilidad para adaptar la planta según las necesidades del mercado lo demanden.

¿Porque no se discute automatizar un sistema?

Algunas de las preguntas que pueden ayudar a determinar cuándo un sistema de control a alcanzado el límite de su vida útil son:

- ¿Su Sistema de control le permite adaptarse fácil y rápidamente a los cambios que el negocio exige?
- ¿Pueden ser implementadas estrategias de control avanzado con poca programación?
- ¿El Sistema se puede vincular fácilmente con redes LAN o WAN?
- ¿Puede el Sistema tomar datos de producción en tiempo real de los sensores de campo?
- ¿El Sistema soporta la implementación de múltiples protocolos de comunicación a nivel de campo?
- ¿Se pueden encontrar en el mercado los repuestos necesarios para mantener el sistema de control?
- ¿El fabricante de la tecnología continúa ofreciendo soporte al Sistema? Si la respuesta es no, ¿qué impacto tendrá esto en el costo de propiedad?

Si la mayoría de las respuestas fueron negativas, es porque necesita actualizar el Sistema de control.

Los proyectos de migración del sistema de control tienen que ser abordados con la filosofía que el usuario final debe conservar todos los activos existentes en el sistema de control que sean de fácil mantenimiento y puedan continuar ofreciendo valor.

Consultados varios documentos elaborados por distintas entidades, en base a los datos aportados por diferentes tipos de industrias, surge, como resultado de los ciclos de vida de los elementos que conforman el Sistema de control, como se observa en la figura 2. Como resultado de esto se puede ver que el software para visualización y control (HMI, SCADA), es el que tiene menor ciclo de vida como resultado de los continuos cambios en el hardware y software de las



computadoras sobre las que está montado esta parte del sistema. Recordemos que esto es una consecuencia de haber tomado un producto COTS (Windows) como corazón del sistema.

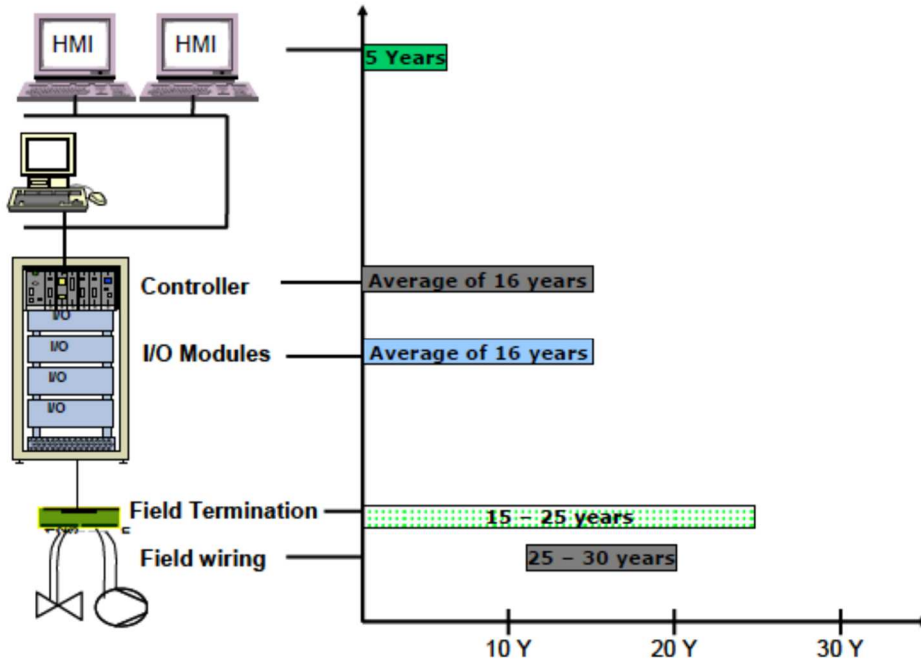


Figura 2 - Tiempos de obsolescencia de elementos de sistemas de control industriales



Objetivos

El objetivo principal trazado fue la migración de la arquitectura del sistema de control debido a la obsolescencia del mismo, aprovechando para dotar al sistema de la modernidad necesaria para atender a los requerimientos actuales de los procesos productivos.

Como objetivos más mensurables se fijaron varios puntos a cumplir dentro del proceso de reemplazo, los cuales se enumeran a continuación

- Por tratarse de una instalación que ya está en fase productiva, se requiere que la migración impacte lo menos posible en la disponibilidad productiva de la instalación, debido a que este tiempo implica pérdidas monetarias.
- Minimizar el reemplazo de componentes que por no estar obsoletos pueden integrarse al nuevo sistema de control. Esto redundaría en un costo menor de inversión para la empresa.
- Escalabilidad de la solución de control, la cual permita la máxima funcionalidad desde el comienzo y el crecimiento posterior sin que sea necesario el reemplazo de los elementos existentes.
- Estructura de estaciones cliente-servidor, con servicio de alta disponibilidad.
- Descentralización de los puntos de entradas y salidas, a través de buses de campo no propietarios, que permitan la vinculación de dispositivos de diferentes fabricantes, sin degradar la integración del sistema.
- Se deben integrar, bajo una misma filosofía de control, los diferentes tipos de control de proceso sin perder la uniformidad en el manejo de los mismos. O sea, contar con una sola herramienta de ingeniería que pueda atender todas estas necesidades y de puestos de control únicos que puedan también soportar estas herramientas. Estos procesos son: por lotes (batch) y continuos.
- Se debe tener la posibilidad de gestionar en una base de datos los diferentes seteos de planta (recetas de producción), las cuales, debidamente protegidas contra accesos indeseados, deben poder ser modificadas de una manera sencilla, para poder adecuarlas a las necesidades de producción.
- Se debe realizar un manejo de usuarios por roles, que permita diferentes privilegios al momento de realizar operaciones sobre la planta, haciendo foco sobre las cuestiones de seguridad de operación.
- Posibilidad de historización de variables a largo plazo que permita realizar análisis de comportamiento de la planta con distintas condiciones de proceso.
- No deseaban que los operadores de los distintos sectores tuvieran acceso a los recursos del sistema operativo.
- Posibilidad de visualizar los diferentes sectores de planta desde un entorno web, sin posibilidad de operar el sistema, para determinados puestos, tales como responsables de producción, jefes de ingeniería, etc.



Características de un sistema de control distribuido (DCS)

La introducción del concepto de DCS data del año 1975 y nació como reemplazo a los múltiples lazos de control continuo de las plantas de proceso, los cuales estaban emplazados en un panel que representaba en forma estática el proceso y permitía al operador su control.

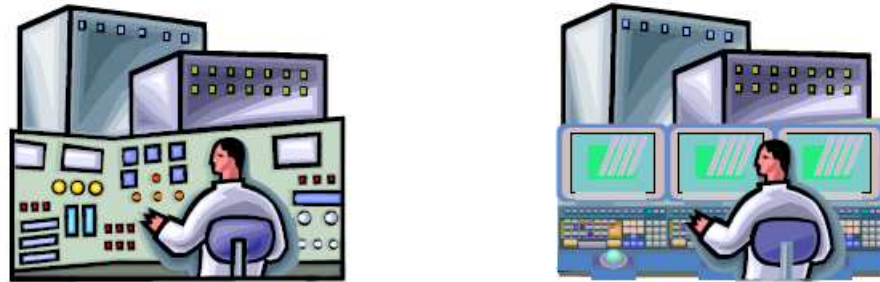


Figura 3 – Diferencia de una sala de control

Por contraparte los PLC (controladores lógicos programables), vieron la luz a finales de la década del 60 y se pensaron como reemplazo a la lógica cableada con relés de los extensos centros de control de motores (MCC).

Inicialmente los **DCS** tomaron auge en los sistemas donde el control era **mayormente analógico**, con múltiples variables a controlar (temperaturas, caudales, presiones, niveles, etc.) y se caracterizaban por ser implementaciones muy costosas y que requerían un alto nivel de conocimiento del software a emplear ya que eran sistemas muy cerrados. Los tiempos de ejecución de las acciones eran superiores al segundo ya que implicaba mucho cálculo matemático para implementar los algoritmos PID, pero como la mayoría de las variables a controlar tenían mucha inercia esto no suponía un problema.

Los **PLC** surgieron como ya mencioné como reemplazo de una gran cantidad de relés, para resolver los problemas de espacio y falta de flexibilidad de estos. Este tipo de control era **predominantemente discreto** y generalmente eran más sencillos de programar, las herramientas no eran demasiado sofisticadas y las implementaciones no eran tan costosas como en el caso de un DCS. Por otra parte, las velocidades de procesamiento de los PLC's eran muy superiores a los DCS¹.

Durante algunos años estos dos sistemas tomaron un camino separado, coexistiendo en antiguas plantas los dos sistemas, uno que se encargaba de la parte de control analógico (DCS) y el otro que gestionaba el control discreto (PLC), resultando a menudo muy difícil –por no decir imposible- vincularlos.

Con los cambios tecnológicos que sucedieron –miniaturización e incremento de las capacidades de procesamiento- en los microcontroladores, los PLC's incorporaron procesamiento analógico de señales, surgieron interfaces hombre-máquina (HMI) y fueron incorporando características que antes solo poseían los DCS, con lo cual hoy en día es difícil distinguir –por prestaciones- un DCS, de un sistema que no está concebido como tal.

¹ Tener en cuenta que los microprocesadores que usaban ambos dispositivos eran los mismos o muy similares.



Las principales características que definían a los dos tipos de sistemas en sus comienzos se encuentran resumidas en el siguiente cuadro.

Characteristic	PLC	DCS
Market Introduction	1960s	1975
Replacement of . . .	Electromechanical Relays	Pneumatic & Single-Loop Controllers
Products Manufactured . . .	"Things"	"Stuff"
Classic Application	Automotive	Refining
Type of Control	Discrete	Regulatory
Redundancy	"Warm" Backup	"Hot" Backup
Engineering Mindset	"Programming"	"Configuration"
Operator Interaction	Exception Basis	Man in the Loop
Operator Interface	Simple Graphics	Sophisticated Graphics
Size/Footprint	Compact	Large
Up-front cost	\$\$	\$\$\$\$
System	"Open"	"Closed" (Proprietary)

Figura 4 – Características de las diferentes soluciones de control

Actualmente estamos en presencia de la tercera generación en el desarrollo de los DCS. Haciendo un repaso rápido, la primera generación dictó las características generales que marcaron a estos sistemas (redundancia en el control, alta densidad de I/O, interfaz hombre-máquina), quizá la más importante fue la posibilidad real de distribuir los controladores e I/O, reduciendo de esta manera el cableado necesario, manteniendo la vinculación entre ellos.

Uno de los principales problemas de esta primera generación fue el uso de tecnologías de comunicación propietarias, lo cual hacía muy complicado – o casi imposible – la vinculación entre los sistemas de diferentes fabricantes. Esto fue resuelto con la segunda generación de estos sistemas los cuales adoptaron protocolos de comunicación estándares y abiertos propiciando la vinculación entre los subsistemas; adicionalmente el uso de tecnologías COTS – Windows a la cabeza – ayudo al desarrollo. Con estas características se generaron nuevas oportunidades para lograr interrelacionar datos y comenzar con los análisis de eficiencias, por ejemplo, de las plantas.

La continua demanda de integración, análisis de datos para lograr la máxima eficiencia, así como la posibilidad de adaptarse a los cambios que el mercado exige, ayudo a la aparición de la tercera generación de sistemas, en los cuales las características que hoy se exigen son las siguientes:



Alta disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que un sistema este operativo cuando se necesite.

En la mayoría de las aplicaciones de proceso, las paradas no programadas, traen aparejadas grandes pérdidas de dinero. Es por eso que se necesita mantener la disponibilidad de operación de la planta tan alta como sea posible.

La disponibilidad se define matemáticamente como

$$\text{Disponibilidad} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

Donde,

MTBF: tiempo promedio entre fallas.

MTTR: tiempo promedio para reparar.

Normalmente el camino más simple para mejorar la disponibilidad es la redundancia, pero un sistema redundante mal implementado puede bajar la disponibilidad debido al incremento de elementos, lo cual incrementa las posibilidades de fallas. En estos sistemas existe la posibilidad de lograr redundancia en todos los niveles del sistema de control.

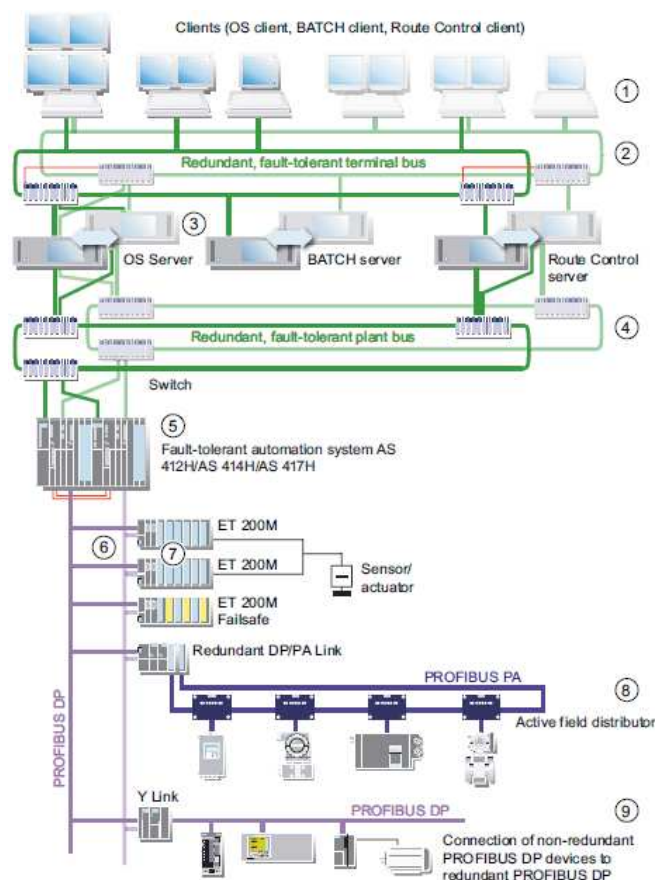


Figura 5 – Soluciones de alta disponibilidad



Basado en estándares

Al contrario de las primeras generaciones hoy una de las claves para lograr una buena posición en el mercado es la adopción de estándares internacionales de programación, las cuales eliminan barreras en cuanto a funcionalidad y permiten que los usuarios se sientan confiados en el manejo de los mismos. La mayoría de las tareas que deben desarrollar los DCS hoy se encuentran cubiertas por un estándar que define las características a cumplir, por ejemplo:

- IEC61131, referido a los lenguajes de programación que deben estar soportados.
- ISA 88, referido a las metodologías de control de los procesos batch.
- ISA 95, referido a la vinculación entre sistemas de control y sistemas de gestión de la empresa.
- IEC 61158 / IEC 61784, referido a las características a cumplir por los buses de campo.
- Algunos otros estándares adoptados de facto, como HART, OPC, historización basada en SQL.

Integración y escalabilidad

Las aplicaciones de control distribuido tienen niveles de complejidad y tamaños muy variados, desde un centenar de puntos de entradas/salidas hasta varios miles de ellos. Es crítico que las arquitecturas soporten la expansión y la integración de múltiples sectores con la posibilidad de reutilizar los mismos componentes, manteniendo el concepto de integración. La escalabilidad e integración comienzan en el nivel de campo y terminan en el nivel de gestión de la empresa. Debe ser posible mantener la vinculación entre los distintos niveles tan simples como sea posible, incorporándola a medida que sea requerida, pero bajo las mismas herramientas de programación.

De los fabricantes de sistemas de control distribuido mundiales con presencia en Argentina, el cliente optó por la solución ofrecida por la empresa SIEMENS a través de su sistema PCS7 basándose en la escalabilidad, grado de integración del producto, soluciones estándar de la mayoría de los requerimientos y por una buena relación precio-calidad. Esto sumado a que el modelo de negocio que SIEMENS ofrece, en el cual el cliente final no queda cautivo de un proveedor del servicio postventa

<i>Fabricante</i>	<i>Logo</i>	<i>Denominación</i>
<i>Siemens AG</i>		<i>SIMATIC PCS7</i>



Usos de buses de campo

Cuando los sistemas de automatización comenzaron a emplearse en todos los procesos de manufactura y en la producción de servicios, integrando cada vez mayor cantidad de dispositivos, uno de los mayores desafíos consistía en reducir la gran cantidad de cables que recorrían la planta, aproximando la electrónica usada para adquisición de los valores a los puntos de entradas y salidas, tanto como fuera posible.

El nacimiento de las técnicas digitales de procesamiento de señales, parecía ser la solución por adoptar para resolver este gran problema. Es por ello por lo que impulsado por esto muchas compañías desarrollaron sus propios buses de comunicación, tratando de dar solución a esto con sus diferentes enfoques.

Casi todas las compañías adoptaron como soporte físico el standard RS-485, el cual consta de las siguientes características:

- Par trenzado, blindado.
- Interfase diferencial balanceada.
- Multipunto.
- Alimentación única de 5Vcc.
- Hasta 32 estaciones.
- Half-duplex.
- Distancias hasta 1200mts.
- Velocidades hasta 35Mbps (dependientes de la distancia).

Las dos primeras características le confieren a este medio de transmisión una alta inmunidad al ruido, lo cual la hace particularmente interesante para su uso en ambientes industriales, en donde las fuentes de ruido eléctrico son inherentes a la aplicación.

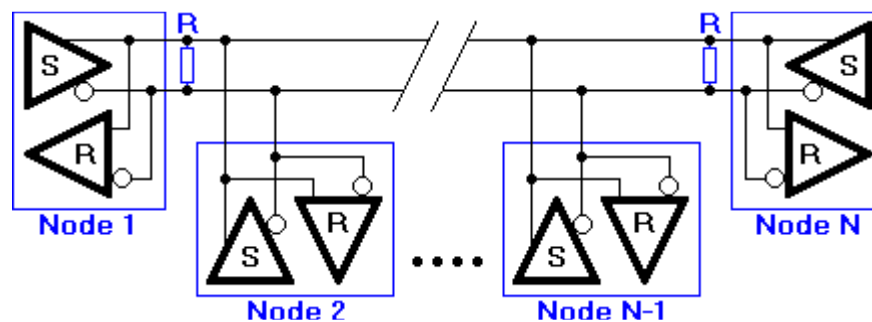


Figura 6 – Esquema de un bus serial

Como ya dijimos, en sus comienzos cada compañía usó este soporte físico para desarrollar su propio protocolo, aspirando cada una a posicionarse inmejorablemente frente al resto. Hasta nuestros días los principales buses que hoy dominan el mercado, basados en RS-485, son: MODBUS RTU, FIELDBUS FOUNDATION H1, PROFIBUS DP/PA.

Desde hace unos años, una nueva familia de buses de campo está creciendo en detrimento de los buses basados en RS-485, estos son los buses de campo basados en ethernet. Al día de la fecha no todas las características de los buses basados en RS-485 tienen su correlato en los buses basados en Ethernet, una de las más importantes es que todavía no está resuelto como llegar con



buses basados en ethernet a zonas peligrosas, donde los procesos empleados implican riesgos de explosión. Comparten características comunes entre ellos, pero se diferencian en muchos otros aspectos.

Todos los buses antes mencionados tienen hoy su variante basada en ethernet: MODBUS TCP, FIELDBUS FOUNDATION HSE, PROFINET.

A continuación, una tabla demostrativa con las diferencias entre ambos buses (para el caso Profibus/Profinet)

	PROFIBUS	PROFINET
organization	PI	
application profiles	same	
concepts	Engineering, GSDs	
physical layer	RS-485	Ethernet
speed	12Mbit/s	1Gbit/s or 100Mbit/s
telegram	244 bytes	1440 bytes (cyclic)^
address space	126	unlimited
technology	master/slave	provider/consumer
connectivity	PA + others*	many buses
wireless	possible*	IEEE 802.11, 15.1
motion	32 axes	>150 axes
machine-to-machine	No	Yes
vertical integration	No	Yes
^with multiple telegrams: up to 2 ³² -65 (acyclic)		
*not in spec, but solutions available		

Figura 7 – Características de un bus serial vs un bus basado en ethernet

	User program	Application profiles
7	Application Layer	PROFIBUS DP Protocol (DP V0, DP V1, DP V2)
6	Presentation Layer	Not used
5	Session Layer	
4	Transport Layer	
3	Network Layer	
2	Data link Layer	Fieldbus Data link FDL) Master slave principle Token principle
1	Physical Layer	Transmission technology
	OSI Layer Model	OSI implementation at PROFIBUS

Figura 8 – Modelo OSI aplicado a Profibus

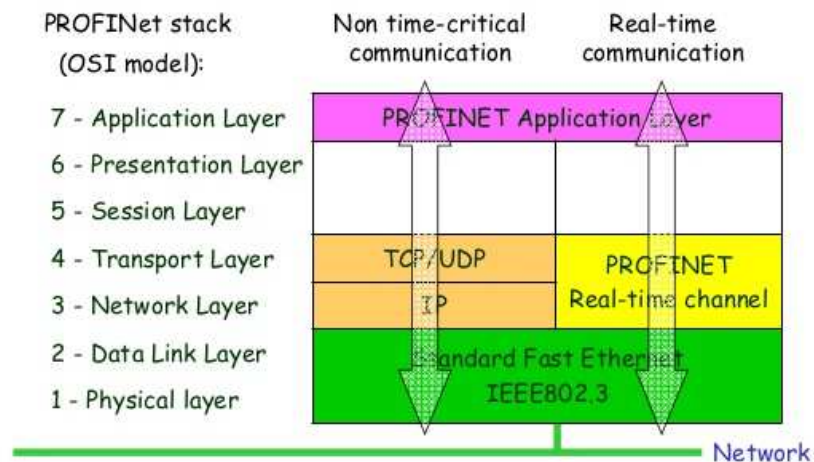


Figura 9 – Modelo OSI aplicado a Profinet

Hoy en día el uso de buses de campo es una solución beneficiosa desde el punto de vista tecnológico, la cual tiene su correlato en la faz económica, no muchas veces con puntos de impacto directo, sino con varios de ellos indirectos.

Las principales características buscadas en un bus de campo son:

- Abierto y estandarizado.
- Robusto.
- Facilidad para instalar y poner en marcha.
- Alto grado de amigabilidad en la instalación.
- Facilidad para intercambiar y conectar nuevos dispositivos durante la operación.
- Posibilidad de uso en ambientes peligrosos.
- Cumplimiento de requisitos de operación en tiempo real.



La periferia de proceso fue dividida en varias redes

PROFINET

PROFINET es un standard abierto en tiempo real para la industria de automatización basado en Industrial Ethernet desarrollado y mantenido por PROFIBUS & PROFINET International (PI). PROFINET está estandarizado en IEC 61158 e IEC 61784 y, como cualquier tecnología de comunicación universal, cumple con todos los requerimientos de los sistemas de



automatización actuales, tanto de los sectores de automatización discreta como los de automatización de procesos.

El modelo de Profinet es productor-consumidor, lo cual significa que el productor genera un telegrama cada un tiempo fijo y el consumidor lo toma cuando le toca el turno, esto hace que muchos telegramas puedan no ser utilizados, debido a la diferencia de tiempos de actualización de los dispositivos.

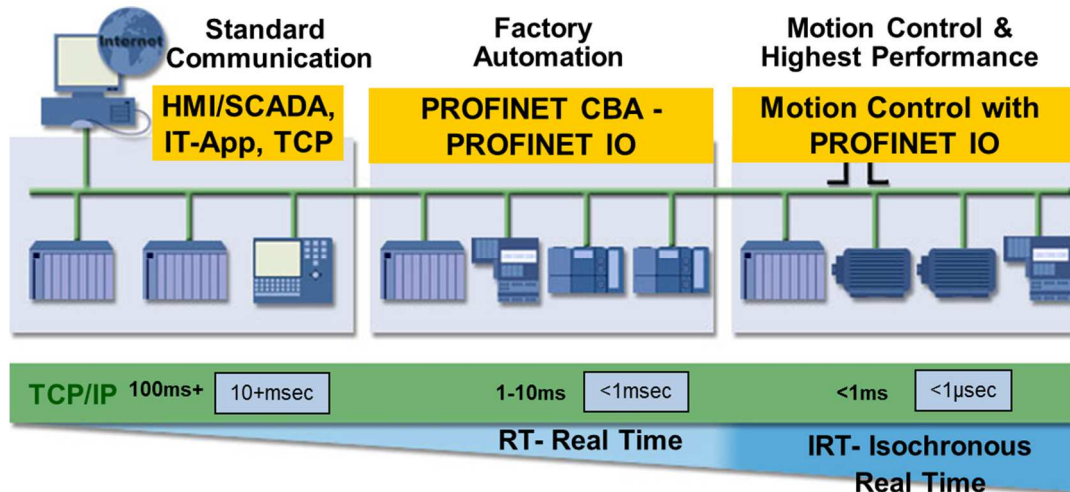


Figura 10 - Tiempos de ciclo vs Usos PROFINET

Esta red integra todos los dispositivos de periferia descentralizada, distribuidos por toda la planta, de los distintos controladores, en un solo bus físico, con ejecución en anillo, lo cual provee un método de redundancia de sistema basado en protocolo MRP (Media Redundancy Protocol). Este está descrito en el estándar IEC 62439-2 y la adaptación a los buses de campo en el estándar IEC 61158-5/6-10

La implementación de la redundancia brinda la posibilidad de disponer de un sistema de alta disponibilidad a nivel de redes de comunicación, algo que es altamente necesario cuando se trabaja en la industria de procesos. La red troncal al recorrer toda la planta puede estar expuesta a problemas ocasionados por los movimientos de otras instalaciones, maquinarias, medios de transporte, etc.

Este protocolo de redundancia posee las siguientes características distintivas:

- Permite un máximo de 50 participantes en el anillo.
- Todos los participantes deben tener la posibilidad de implementar MRP.
- Brinda un tiempo máximo de reconfiguración del anillo de 200ms.
- Permite la posibilidad de diagnóstico de estado de la redundancia.

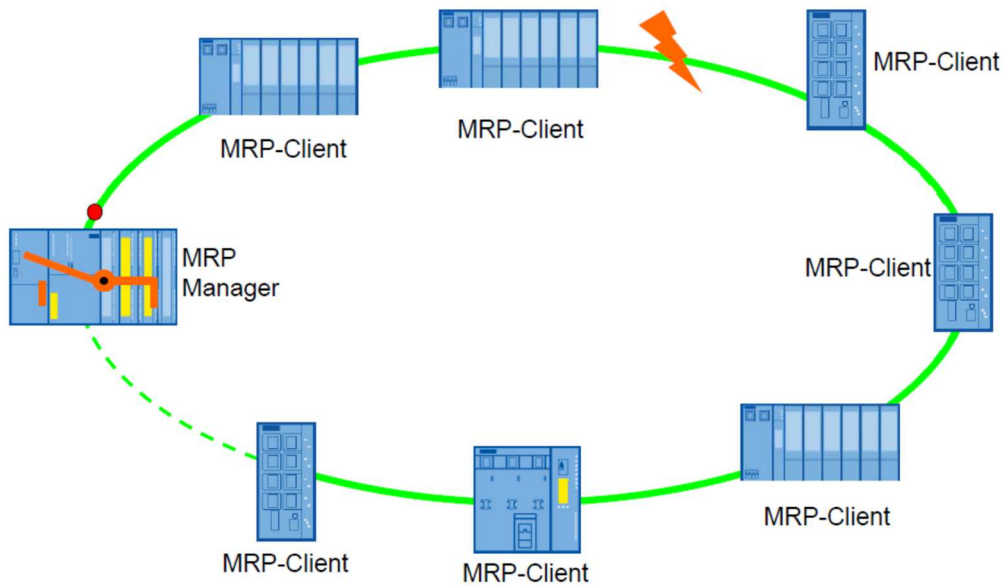


Figura 11 – MRP en una red normal

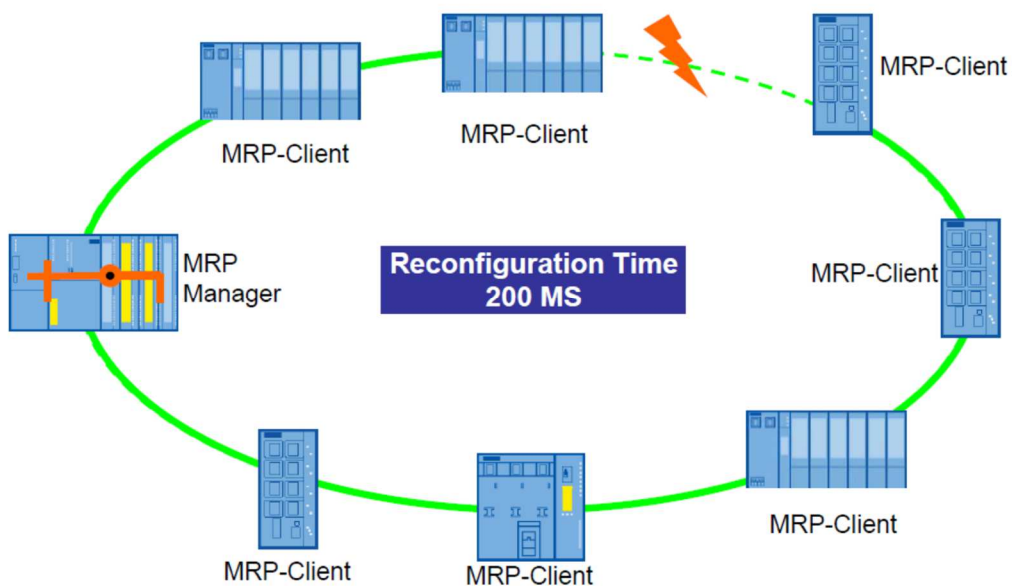


Figura 12 – Reacción MRP en una red con falla

PROFIBUS DP – PROFIBUS PA

Profibus fue uno de los primeros proyectos en cuanto a estandarización en buses de campo que se estableció en el mundo. A partir del año 1987 se comenzó con su desarrollo y estuvo completa la primera versión en el año 1989. Hoy en día es uno de los buses que cuenta con la mayor base instalada de dispositivos en el mundo para los procesos de automatización.



DP significa decentralized peripherals y es usado principalmente para dispositivos de entrada/salida de alta velocidad y para vincular dispositivos inteligentes tales como drives. El soporte físico de esta red es RS485 y las velocidades, dependientes de la distancia, van entre 9,6kbps y 12Mbps.

PA significa process automation y está dedicado a la conexión de instrumentos de campo. Tiene como particularidad que el soporte físico es MBP (Manchester bus powered), lo cual permite llevar la alimentación en los mismos cables dedicados a la comunicación. La velocidad es fija a 31,25kbps, permite su uso en zonas con riesgo de explosión a través del concepto de diseño intrínsecamente seguro y también permite la configuración de dispositivos a través del bus.

Profibus tiene un modelo maestro-esclavo, lo cual significa que el maestro es quien inicia la comunicación y espera la respuesta del esclavo, si no se recibe respuesta, se vuelve a intentar la comunicación, de no lograrse la misma el maestro continúa con el siguiente esclavo y notifica con una alarma de pérdida del esclavo anteriormente encuestado.

Esta red permite mantener aquellas instalaciones que ya existían sobre esta red, ya que no se justifica su actualización, por ser una red tecnológicamente vigente.

La vinculación entre ambas redes, Profinet y Profibus, se realiza a través de un proxy. Este elemento es el encargado de administrar en forma transparente el tráfico de datos entre ambas redes, garantizando la integración de las mismas.

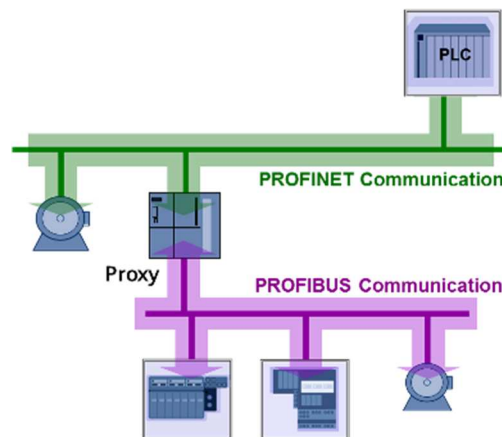


Figura 13 - Esquema simplificado proxy



	RS485	RS485-IS	MBP	MBP-IS	Fiber Optic
Data transmission	Digital; differential signals acc. to RS485, NRZ (no return to zero)	Digital; differential signals acc. to RS485, NRZ	Digital, bit-synchronous, Manchester coding	Digital, bit-synchronous, Manchester coding	Optical, digital, NRZ
Transmission rate	9.6 to 12000 Kbit/s	9.6 to 1500 Kbit/s	31.25 Kbit/s	31.25 Kbit/s	9.6 to 12000 Kbit/s
Data security	HD=4; parity bit; start/end delimiter	HD=4; parity bit; start/end delimiter	Preamble; fail-safe start/end delimiter	Preamble; fail-safe start/end delimiter	HD=4; parity bit; start/end delimiter
Cable	Twisted, shielded two-wire cable, cable type A	Twisted, shielded two-wire cable, cable type A	Twisted, shielded two-wire cable, cable type A	Twisted, shielded two-wire cable, cable type A	Multi- and single mode glass fiber; PCF; plastic fiber
Remote power supply	Possible using additional cores	Possible using additional cores	Optional using signal cores	Optional using signal cores	Possible using hybrid cable
Ignition protection types	None	Intrinsic safety Ex ib	None	Intrinsic safety Ex ia/ib	None
Topology	Line topology with termination	Line topology with termination	Line topology with termination	Line and tree topology with termination; also combined	Star and ring topology typical; line topology possible
Number of nodes	Up to 32 nodes per segment. Max. total 126 per network	Up to 32 nodes per segment. Max. total 126 per network	Up to 32 nodes per segment. Max. total 126 per network	Up to 32 nodes per segment. Max. total 126 per network	Up to 126 nodes per network
Number of repeaters	Max. 9 with signal refreshing	Max. 9 with signal refreshing	Max. 4 with signal refreshing	Max. 4 with signal refreshing	Unlimited with signal refreshing; note signal propagation delay

Figura 14 - Comparación medios físicos redes PROFIBUS



Actuador-Sensor Interfase (ASi)

Es una red creada inicialmente para el nivel más bajo de campo, con la finalidad de manejar sensores y actuadores digitales, que permitiera el envío de alimentación a través del mismo bus y fuera fácil de instalar. El estándar que la regula es IEC 62026-2.

Actualmente se encuentra en su versión 3.0 y es un protocolo de carácter abierto, o sea que cualquiera que pretenda desarrollar un dispositivo para ser conectado a esta red puede obtener la información necesaria para hacerlo.

Generalmente se vincula a los controladores a través de un Gateway o pasarela con redes de nivel superior, como pueden ser Profibus o Profinet.

En este caso se eligió esta red para cablear todas las señales de campo de válvulas actuadas on-off, principalmente por ser un bus relativamente económico para realizar su cableado.



Situación inicial

La planta fue provista por la empresa alemana Tetra Laval Food Schröder GmbH & Co. KG, especializada en el diseño y fabricación de maquinarias para la producción de margarinas y puesta en marcha en el año 1996.

El sistema de control de esta planta está compuesto por un PLC marca Siemens modelo S5-135U, el cual se vincula con sus módulos de entradas y salidas a través de una red Profibus DP, con periferia descentralizada ET200U. Cuenta también con un par de cabezales de balanzas para la formulación de las emulsiones que se comunican al PLC central a través de un protocolo serial RS-232. La visualización se realiza a través de un software InTouch v7.0 instalado sobre un sistema operativo Windows NT, el cual se comunica con el controlador central a través de una placa CP524 vía un enlace serial TTY (lazo de corriente de 20ma), utilizando un protocolo de comunicación 3964R. Cuenta también con una base de datos desarrollada sobre Microsoft Access, donde se registran los datos de las distintas recetas de producción de planta.

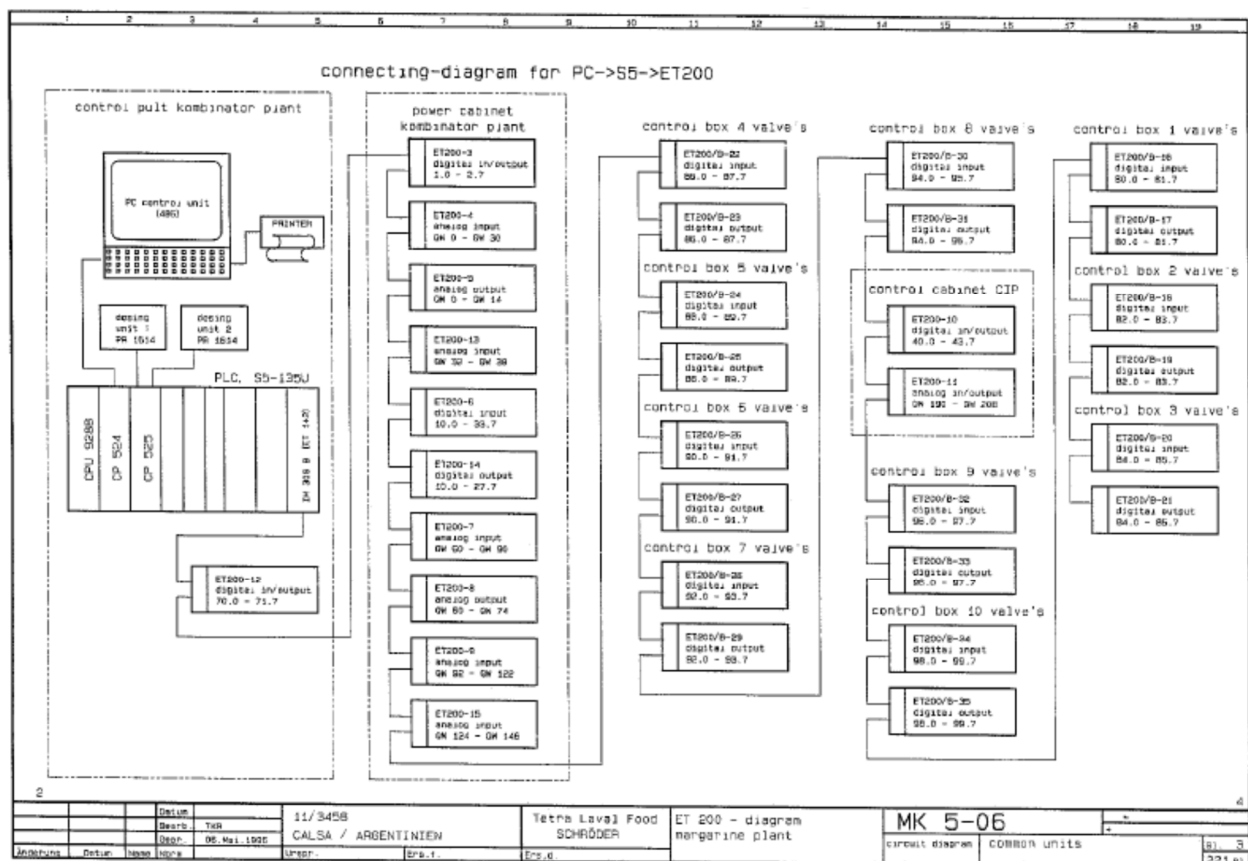


Figura 15 - Arquitectura sistema de control a reemplazar

Todos los elementos con los que cuenta el sistema de control son productos ya descatalogados por los fabricantes, de los cuales en algunos casos es imposible conseguir repuestos o deben ser comprados a costos elevados, aumentando considerablemente el costo de operación de la planta o la disminución en la disponibilidad de la misma. Como ejemplo mencionamos algunas de las fechas en las cuales estos dispositivos fueron descatalogados, discontinuados o finalizó el soporte por los respectivos fabricantes:



-
- Windows NT 4.0 SP6: 31/12/2004 <https://support.microsoft.com/es-es/lifecycle?p1=3188>
 - Siemens S5-135U: anunciado como discontinuado el 1º de octubre de 2005 y con suministro de repuestos hasta el 30 de setiembre del 2015.
 - Wonderware InTouch 7.0: en enero del 2003 fue anunciada la aparición de la versión 8.0

Arquitectura del sistema de control propuesta

Con la decisión del cliente final de que el sistema de control a adoptar sería SIMATIC PCS7, sistema de control distribuido de la firma SIEMENS AG, se comenzó la tarea de diseñar la solución que cumpliera con todos los objetivos propuestos.

Para cumplir con estos requisitos se propuso la siguiente solución:

- Para minimizar los tiempos de paradas de planta, se propuso dejar los PLC's que actualmente manejaban las unidades operativas, utilizándolos como estaciones remotas y aprovechando la comunicación serie (RS232), para vincularlos al sistema existente. De esta manera, el reemplazo podría realizarse de forma gradual.
- Para la comunicación con el piso de planta se utilizó una comunicación PROFINET y a través del conversor adecuado, se realizó la conexión con las redes de menor tráfico de datos como por ejemplo PROFIBUS PA para integrar parte de la instrumentación de planta, en aquellos dispositivos con cierto nivel de criticidad. Tal como se mencionó anteriormente, para el manejo de válvulas actuadas on-off se usaron redes ASi.
- Para poder integrar al sistema las I/O de las plantas que ya poseían periferia descentralizada se colocaron pasarelas de PROFINET a PROFIBUS DP.
- Para el manejo de procesos por lotes se incluyó dentro de la arquitectura un par de servidores redundantes de SIMATIC BATCH (de acuerdo con ISA88) para la gestión de la base de datos y control de ejecución de estas tareas. Para las plantas que requirieran el uso de procesamiento por lotes se incluyeron unidades de BATCH CLIENT.
- La alta disponibilidad del sistema se logró, incorporando un anillo de fibra óptica para las comunicaciones de los controladores con sus I/O. Para el almacenamiento de datos históricos, procesamiento por lotes, control de rutas y aplicaciones de control y monitoreo, se colocaron servidores redundantes.
- Para el almacenamiento de históricos a largo plazo se dotó al sistema de un par de servidores redundantes de SIMATIC PROCESS HISTORIAN.
- El control de rutas se resolvió con un par de servidores redundantes de SIMATIC ROUTE CONTROL, herramienta de software que gestiona los trasvases de productos entre tanques, evitando la superposición de caminos, que pueden conducir a mezclas indeseadas de productos.
- La necesidad de contar con visualización vía web, fue lograda con la herramienta WEB SERVER, con la posibilidad de acceso de 5 clientes en forma simultánea. Este acceso cuenta con la posibilidad de monitorear el estado de la planta, pero no se permite tomar acciones sobre las mismas.
- Debido a que la mayor vulnerabilidad a intrusiones (virus, malware, etc.), se da por la posibilidad de que los operadores del sistema introduzcan dispositivos



portables (memorias USB, teléfonos móviles, etc.), es que se decidió que los puestos de operación sean virtualizados y el acceso es a través de un thin client.

Aprovechando los nuevos avances logrados por la versión del DCS, respecto de la virtualización de funciones y la estructura del departamento de sistemas de CALSA, es que se decidió por virtualizar la mayoría de las funciones del sistema de control.



Descripción del proceso de obtención de Margarinas

La margarina es el alimento constituido por una fase acuosa íntimamente mezclada con una fase grasa alimenticia formando una emulsión plástica. Para ser considerada margarina según la denominación dada por el código alimentario nacional debe contener un máximo de 16% de agua y un mínimo de 80% de materia grasa., además de otras características.

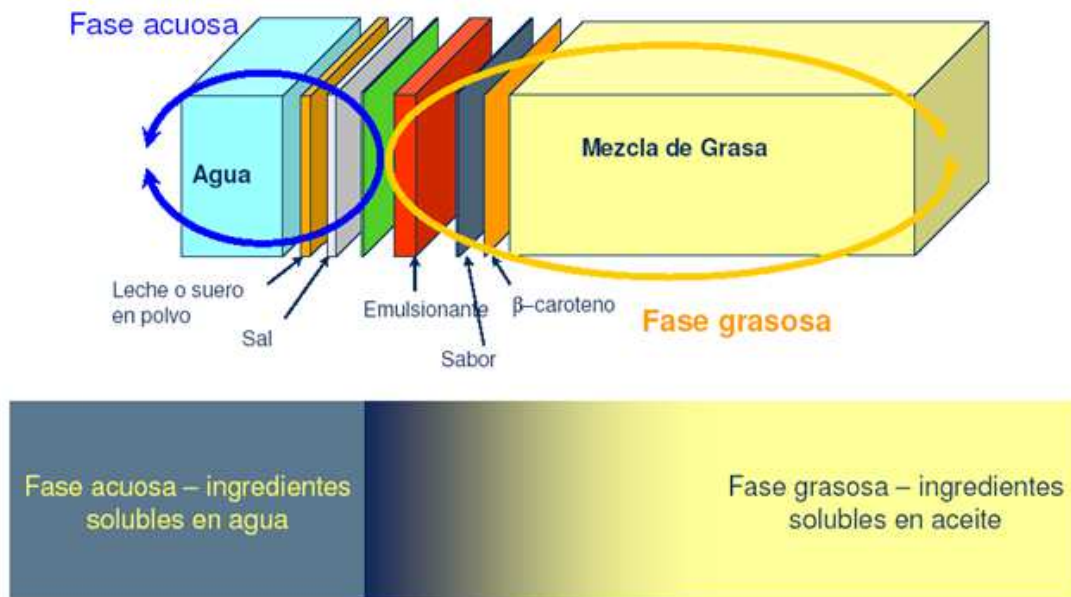


Figura 16 - Componentes básicos de margarina

En una planta de elaboración de margarina están involucrados los siguientes procesos físicos básicos:

- **Mezclado:** son las amalgamas entre líquidos. Ej.: preparación de la fase oleosa.
- **Disolución:** amalgamas entre líquidos y sólidos. Ej.: preparación de la fase acuosa.
- **Emulsión:** amalgamas entre dos líquidos no miscibles o no solubles. Esto es posible con la adición de emulsionantes y agitación continua. En una emulsión una fase está finamente dispersa en la otra. En el caso de la margarina es una emulsión de agua en aceite.

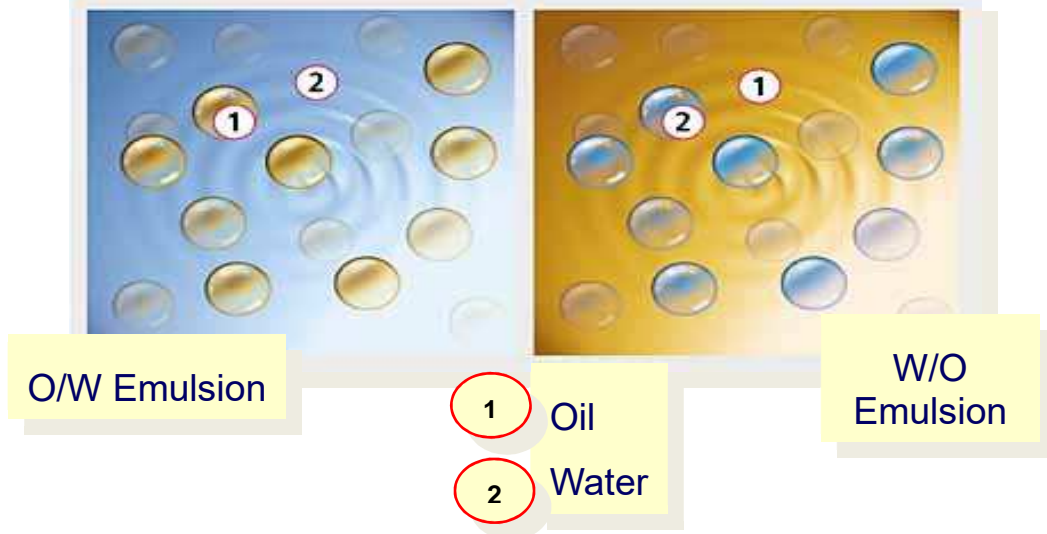


Figura 17 - Emulsión - MT Ideas

- **Cristalización:** proceso físico de enfriamiento para lograr la estabilidad final de la emulsión a través de una estructura cristalina.

El proceso de elaboración en bloques de una planta de margarina es la siguiente:

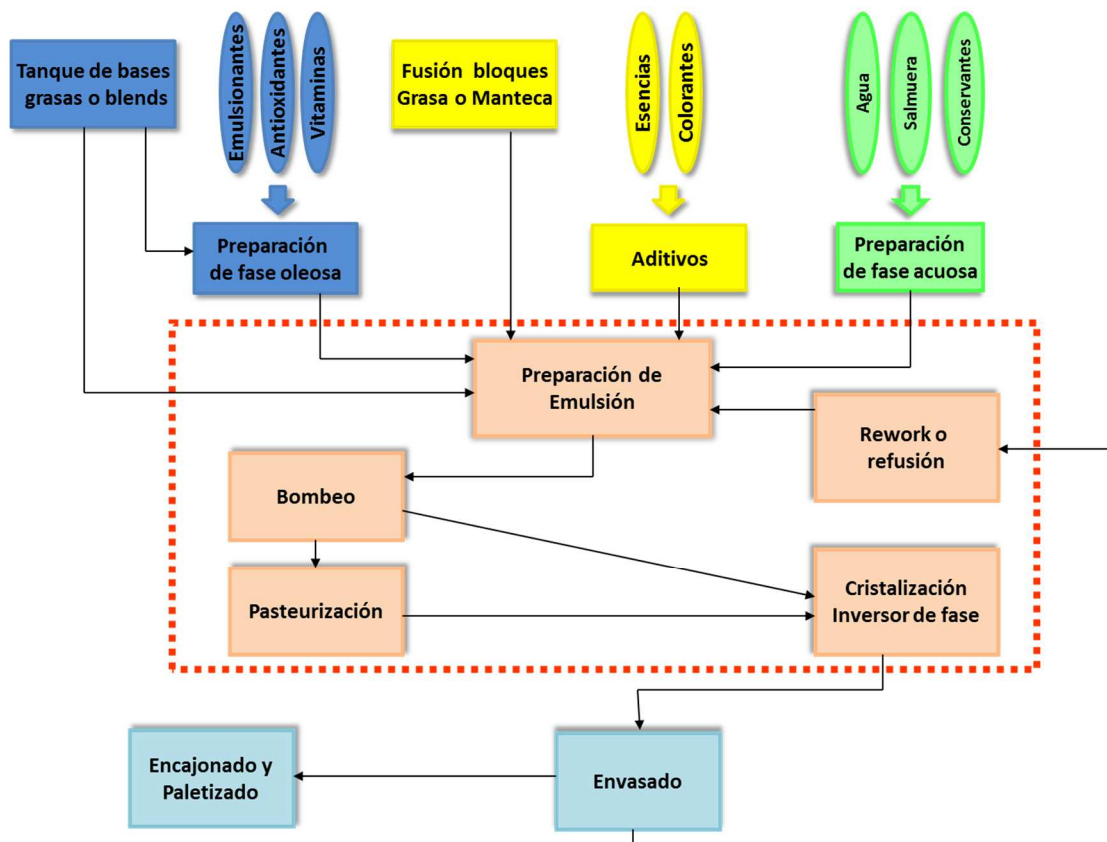


Figura 18 - Diagrama de bloques simplificado proceso de producción de Margarinas



El proceso comienza en la preparación de las fases acuosa y oleosa mediante una dosificación de ingredientes controlada por recetas, las cuales luego son dosificadas de la misma manera en los tanques emulsionadores donde es formada la emulsión de los componentes mediante agitación. Estos tanques de emulsión están provistos con celdas de carga, para controlar a través de una receta que los ingredientes se dosifiquen en una proporción exacta.

Esta emulsión, luego de ser analizada y liberada por el laboratorio, es bombeada por una bomba de alta presión y enviada a un intercambiador de calor de superficie raspada, el cual lo enfría para lograr la cristalización de la emulsión. El medio refrigerante normalmente empleado es amoníaco. Adicionalmente puede ser empleado un equipo llamado pin rotor el cual se encarga de lograr tiempo de residencia del producto para continuar la cristalización, a la vez que homogeniza el producto. Luego de cristalizado el producto se conduce por un tubo de reposo hacia la máquina envasadora. El producto que no es envasado retorna a los tanques de emulsión, pasando previamente por una unidad refundidora, con el fin de devolver al producto cristalizado a su estado líquido, el cual volverá a ser impulsado por la bomba de alta presión.

En este esquema se muestran las diferentes áreas que componen el proceso.

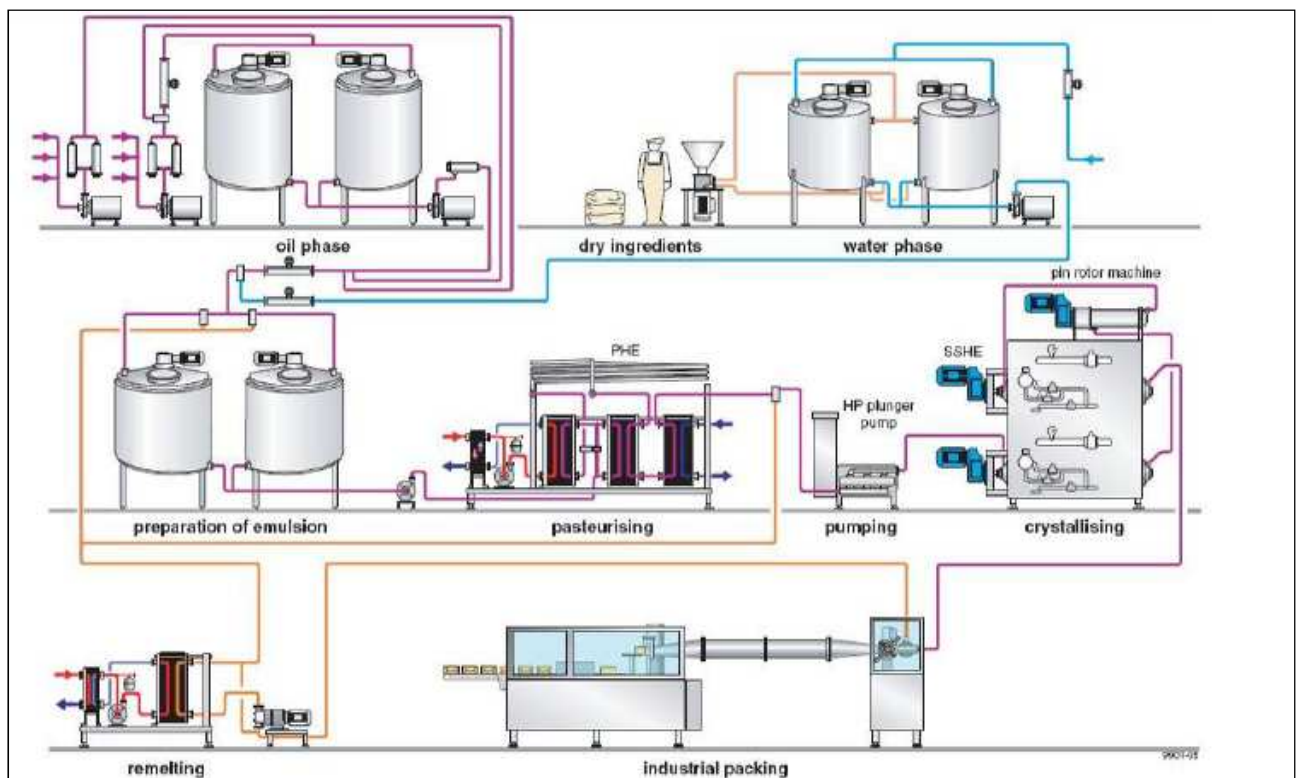


Figura 19 - Diagrama simplificado de producción de Margarina - SPX FLOW - MT Ideas



Los equipos más críticos que forman parte de esta planta son:

- Bomba de alta presión



Figura 20 - Bomba de alta presión - SPX FLOW - MT Ideas

Los datos más salientes de este equipo es que está diseñado para operar a una presión de hasta 120 bar y en este caso puede impulsar hasta 5000 l/h de producto. El arranque de este motor está provisto por un variador de velocidad, con la finalidad de regular el volumen de producción, según las necesidades de la máquina de envase.

- Intercambiador de calor de superficie raspada (SSHE, scraped surface heat exchangers)



Figura 21 - Intercambiador de calor de superficie raspada - SPX FLOW - MT Ideas



La función de este equipo es solidificar la emulsión, otorgándole la consistencia plástica que la caracteriza. Esto es logrado por un shock térmico, en los cilindros de enfriamiento, a la vez que se le proporciona un batido con el fin de homogeneizar los cristales. La cantidad de cilindros proporciona la posibilidad de modificar los perfiles de temperatura, modificando con ello la estructura cristalina y provee el tiempo de residencia necesario para la formación de los mismos.

En esta planta se cuenta con un equipo compuesto por cinco cilindros de enfriamiento, cada uno con su propio sistema de frío, controlado por un lazo PID. El enfriamiento es realizado por un compresor a tornillo que trabaja con amoníaco como medio refrigerante.

Algunos de los motores son accionados por variadores de velocidad, ya que permiten adecuar la velocidad según las necesidades de cada producto a elaborar.

El cambio en los setpoint de temperatura y las velocidades de los cilindros, permite variar las condiciones y adecuarlas a cada tipo de producto a elaborar.

En la imagen siguiente se observa un detalle de la pared del cilindro y la ubicación del producto y el contacto con el medio refrigerante.

function of a scraped surface heat exchanger

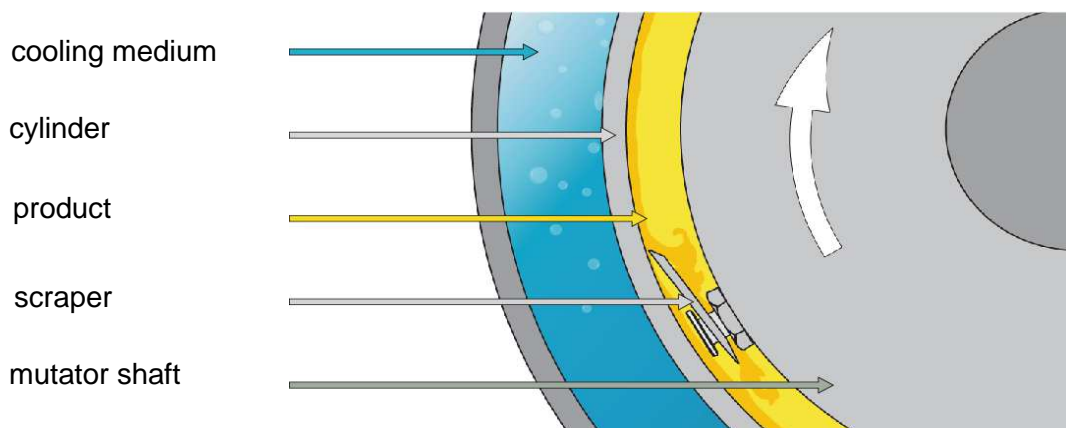


Figura 22 - Detalle intercambiador de calor de superficie raspada - SPX FLOW - MT Ideas

Estos equipos están diseñados para una presión de trabajo de hasta 120 bar y con una capacidad de trabajo de hasta 7000 kg/h de margarina de hojaldre.



Estrategias de control

Partiendo de la definición de proceso:

“Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades enlazadas entre sí que, partiendo de uno o más inputs (entradas) los transforma, generando un output (resultado).

Un proceso es un conjunto de actividades encadenadas lógicamente que toman un insumo y le agregan valor con sentido específico para un Cliente o Grupo de Interés, generando así un resultado o servicio”

En un proceso industrial, existen varias formas de clasificarlo, dependiendo de los tipos de transformaciones que sufran las materias primas, pudiendo ser las mismas: físicas, químicas, biológicas, etc.

En el caso de los procesos de manufactura, los mismos pueden ser divididos en procesos:

- discretos,
- continuos,
- semicontinuos,
- por lote (batch).

Analizado desde este punto de vista este tipo de proceso es semicontinuo ya que mezcla un sector de procesamiento por lotes, junto con un proceso continuo en la salida del producto final. Cada parte del proceso, dependiendo de su naturaleza debe prestar atención en la resolución de las tareas de automatización a características completamente diferentes, pero que sin embargo deben ser resueltas dentro de un mismo entorno, de manera de simplificar el control por parte de los operadores involucrados en el proceso. Vamos a explicar a continuación las principales características a tener en cuenta en cada parte del proceso.



Control por lotes (tipo batch)

Este sistema de producción se caracteriza por lo siguiente:

- bajo volumen de producción por producto,
- gran diversidad de productos a fabricar,
- flexibilidad de producción,
- operación en estado transitorio,
- tiempos de reconfiguración rápidos.

Esta estrategia es utilizada en la primera etapa de este proceso de producción, que es la preparación de las fases individuales (acuosa y oleosa), las cuales al ser mezcladas con otros productos conforman la preparación de la emulsión.

Existen tres componentes que requieren una preparación, en tanques apropiados para cada caso:

- Fase solubles en agua
- Fase solubles en aceite
- Emulsión

Partiendo de las materias primas, estas se dosifican en forma individual por medio de una secuencia establecida por una receta maestra y se van mezclando en tanques.

El diagrama en bloques simplificado para el control de la dosificación de cada componente es el siguiente:

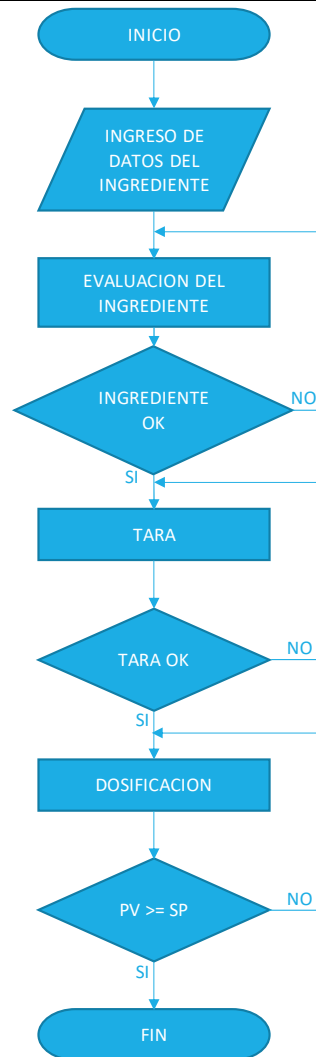


Figura 23 – Diagrama en bloques simplificado de control de dosificación

Vamos a profundizar sobre la preparación de la emulsión y vamos a mencionar en forma genérica las otras dos preparaciones.

Preparación de fases solubles en agua y en aceite

Para cada una existe un solo componente que se dosifica automáticamente, agua para la primera fase y aceite o blend para la segunda. Estas materias primas son dosificadas a través de un medidor de caudal (volumétrico) y controladas por un totalizador.

Preparación de la emulsión

Esta fase de la planta se realiza sobre unos tanques denominados balanza. Estos tanques van montados sobre celdas de pesaje, las cuales se encargan de traducir un esfuerzo de flexión del elemento sensor, generando una señal eléctrica proporcional al peso ejercido, esta señal eléctrica analógica es luego traducida a una información digital por medio de un conversor e introducida en la lógica de control.



La ejecución del programa de control se hace a través de una receta maestra compuesta por las diferentes fases (materias primas).

Cada una de estas fases poseen un valor porcentual dentro de la receta que debe ser traducida a kilogramos de producto a ser dosificado en los tanques balanza.

El sistema de control se encarga de las siguientes tareas:

- seleccionar el origen del producto solicitado para cada fase,
- configurar el camino correspondiente, a través del accionamiento de las válvulas actuadas y los motores correspondientes,
- realizar el control de la dosificación (tara, neto),
- finalizar la dosificación cuando el valor dosificado coincida con el valor solicitado, volviendo a su estado inicial a los elementos de control accionados,
- entregar los resultados a la siguiente fase de dosificación,
- monitorear las funciones de seguridad del sistema, para prevenir rebales, obstrucciones en las líneas, etc.

En la ejecución de este programa se deben monitorear especialmente las siguientes condiciones:

- Rebalse de los tanques de preparación: esto está controlado por un sensor de alto nivel digital, el cual impediría el rebalse, pero la receta no se podría completar con los porcentajes correctos, debiendo descartar este producto por no estar correctamente preparado.
- Coincidencia del tipo de producto solicitado con el tipo de producto pedido: cada receta exige para cada fase a dosificar un código de producto específico, que no debe ser confundido, ya que ello lleva a tener que descartar la preparación.
- Desviación de la cantidad dosificada: si bien nunca se va a lograr dosificar exactamente la cantidad pedida, debido a los errores inherentes a todo proceso, se debe monitorear que este error no exceda los límites establecidos, ya que un error puede llevar a tener que descartar el batch preparado o tener que rectificarlo manualmente con la consiguiente merma en el rendimiento total de la planta.

La preparación de la emulsión a ser procesada se compone de las siguientes fases (no necesariamente en este orden):

- Fase oleosa: puede estar compuesta por un único tipo de aceites o puede ser un blend (mezcla de varios tipos de aceite), el cual se bombea desde alguno de los tanques que conforman el parque de tanques de la planta.
- Fase solubles en agua: son aquellos componentes que pueden ser disueltos en agua, como por ejemplo sal, azúcar, polvos.
- Fase solubles en aceite: son aquellos componentes que puede ser disueltos en aceite.
- Componentes manuales: aquellos componentes que, por su bajo volumen o dificultad para transportarlos, no pueden ser dosificados automáticamente, en estos están incluidos colorantes, estabilizantes, etc.

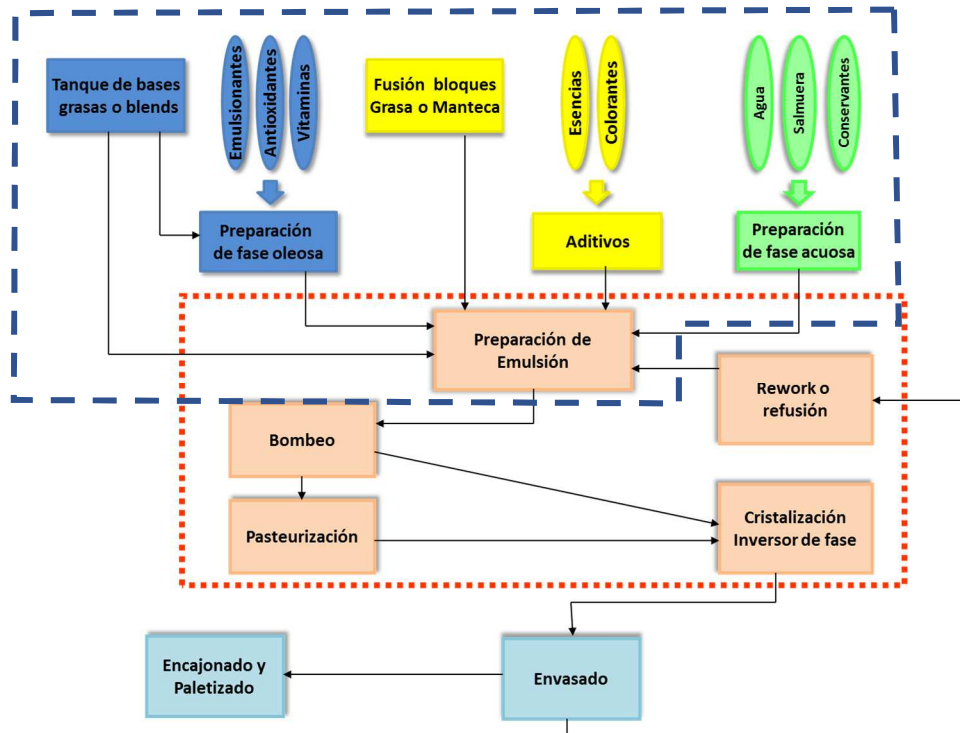
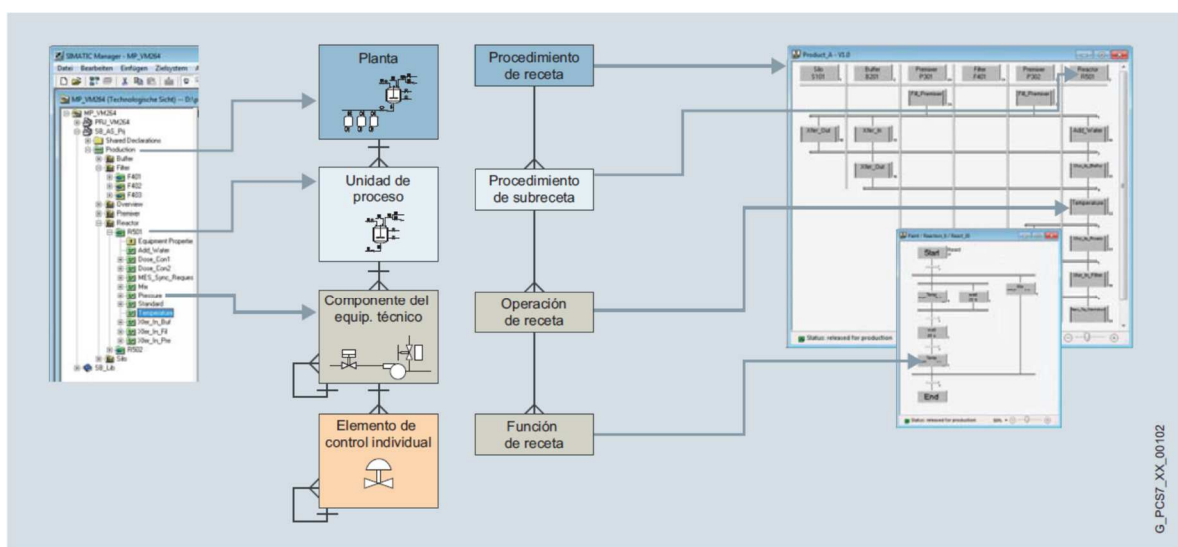


Figura 24 – Sectores de preparación de fases, recuadrados en azul

La solución a esta necesidad fue cubierta de la siguiente manera:

Como la demanda de desarrollo de nuevos productos es muy elevada y eso requiere dotar a los sistemas de preparación de la flexibilidad necesaria para adaptarse a estos cambios con la mayor rapidez, es que se ha dotado al sistema de control de una herramienta de software conocida como SIMATIC BATCH, totalmente integrado con el resto del sistema de ingeniería. Este componente incorpora la estructura de recetas jerárquicas según el standard ISA88.01.



Recetas jerárquicas según ISA-88.01

Figura 25 - Estructura recetas jerárquicas según ISA-88.01 - Siemens AG



Esta herramienta de software se ejecuta sobre un par de servidores redundantes para darle al sistema una tasa de disponibilidad elevada. Los puestos de operación (clientes de los servidores mencionados) tienen la posibilidad de interactuar con la finalidad de poder programar los lotes necesarios en función de la receta solicitada.

Un puesto de operación adicional con la interfase de Batch Control Center, destinado al personal de desarrollo, es el encargado del manejo de las recetas, pudiendo crearlas, habilitarlas, modificarlas y borrarlas. Estas recetas deben seguir un determinado orden de creación y configuración de parámetros.

Las recetas se crean según las definiciones de ISA88 con una receta maestra que define como va a ser ejecutada la secuencia de las mismas y las distintas fases o parámetros involucrados con el rango posible de valores a ingresar. La información específica de las cantidades a ser dosificadas y parámetros de proceso, tales como temperaturas, están contenidas en las fórmulas creadas a partir de las recetas maestras, estas dos informaciones forman la receta de control que es la que va a ser ejecutada por el programa de control, según la relación que se puede ver en la Figura 26.

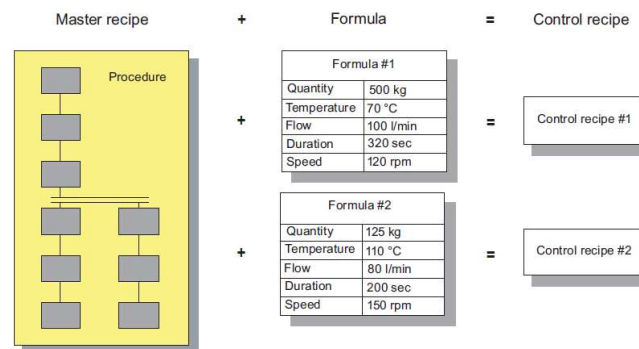


Figura 26 – Formación de la receta de control - Siemens AG

El diagrama P&ID (Process and Instrumentation Diagram) del sector de tanques balanza se muestra a continuación, con todos los elementos a controlar

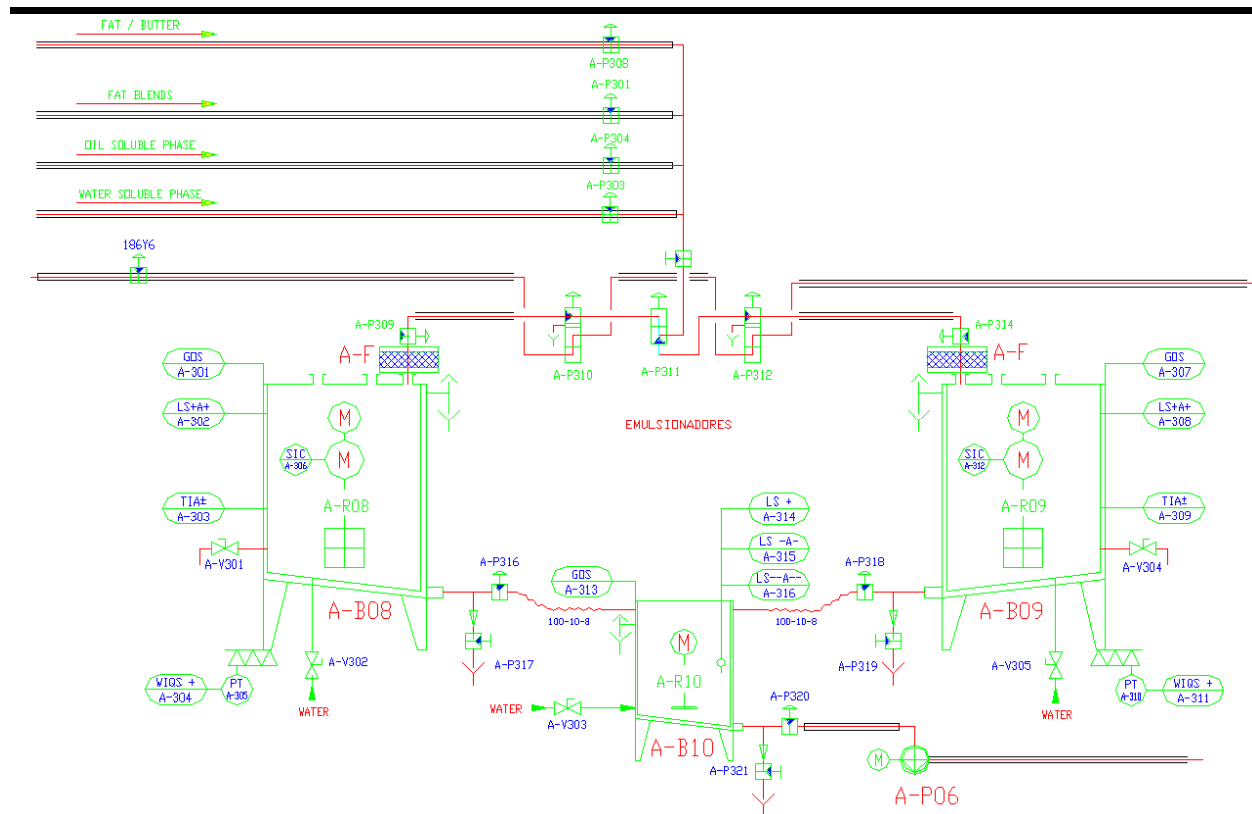


Figura 27 - Diagrama de proceso sector Tanques Balanza - MT Ideas

Creación de recetas en SIMATIC BATCH

Para las tareas de gestión de recetas de producción existe una herramienta llamada BATCH Control Center, que se puede ejecutar desde la barra de menú de las estaciones de

operación ().

Si el usuario logueado dentro del sistema tiene los permisos adecuados puede ingresar a modificar todo o parte de lo creado en el sistema.

Dentro de este gestor se procede a crear los distintos materiales a ser usados dentro de las recetas. Estos materiales tienen las siguientes propiedades:

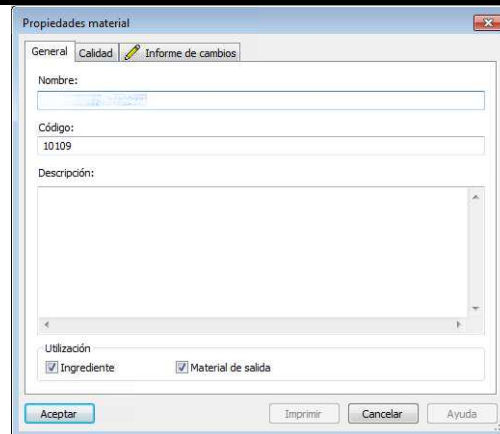


Figura 28 – Propiedades de materiales

La estructura general de creación de materiales luce como se muestra en la Figura 29

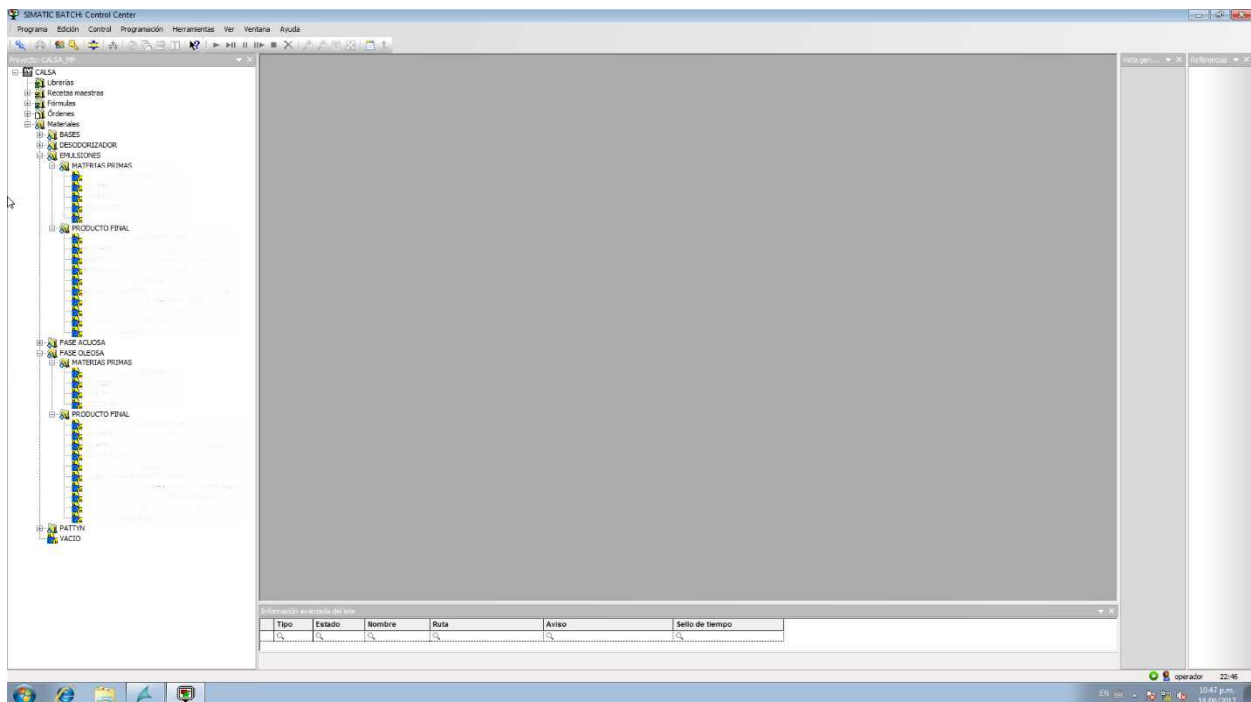


Figura 29 – Estructura de creación de materiales

Luego se crean las recetas maestras en donde se define la estructura genérica de cada receta. Cada fase de batch tendrá su receta maestra. Estas recetas contendrán dos sets de valores, uno dentro de la pestaña “Ingredientes” y otra en la pestaña “Parámetros”. La primera será la parte de la receta usada para preparar el batch y la segunda para fijar valores que tendrán validez en algún punto de la preparación. Para el caso de la receta maestra de la emulsión, esta receta contendrá los parámetros de producción que se transferirán al proceso al momento de empezar con la producción de la receta preparada en uno de los tanques balanza de la planta.

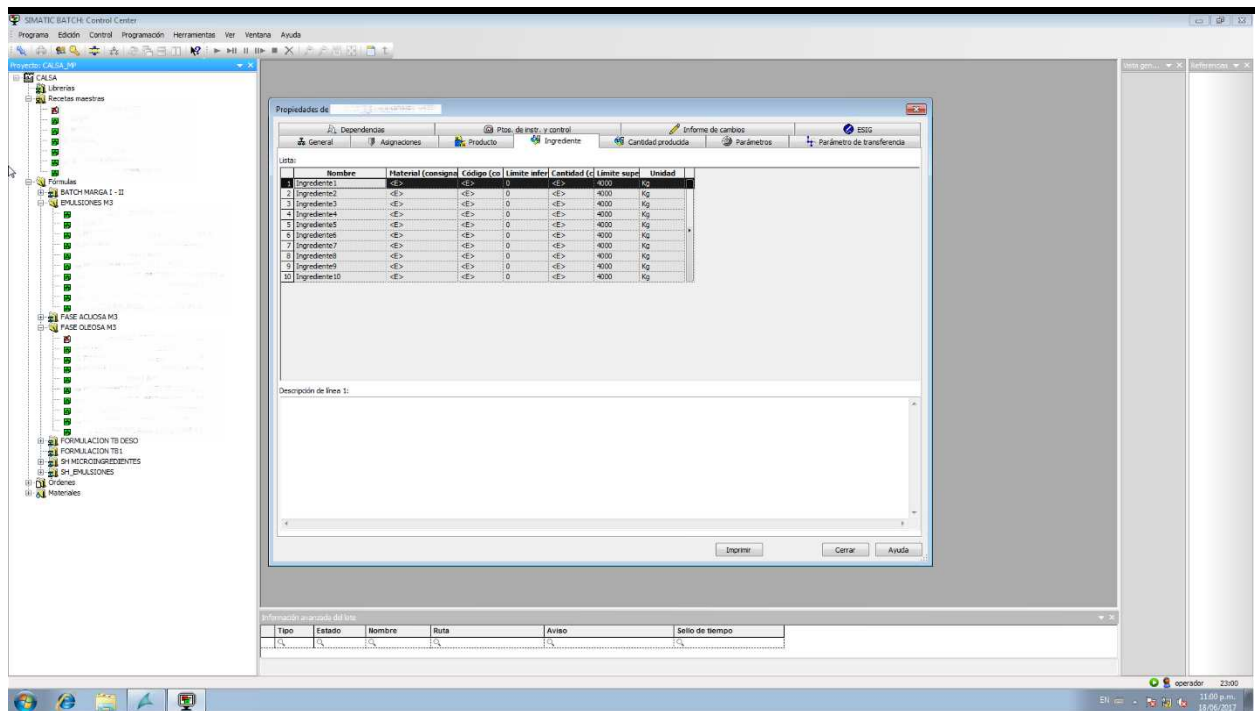


Figura 30 – Estructura de una receta maestra - Ingredientes

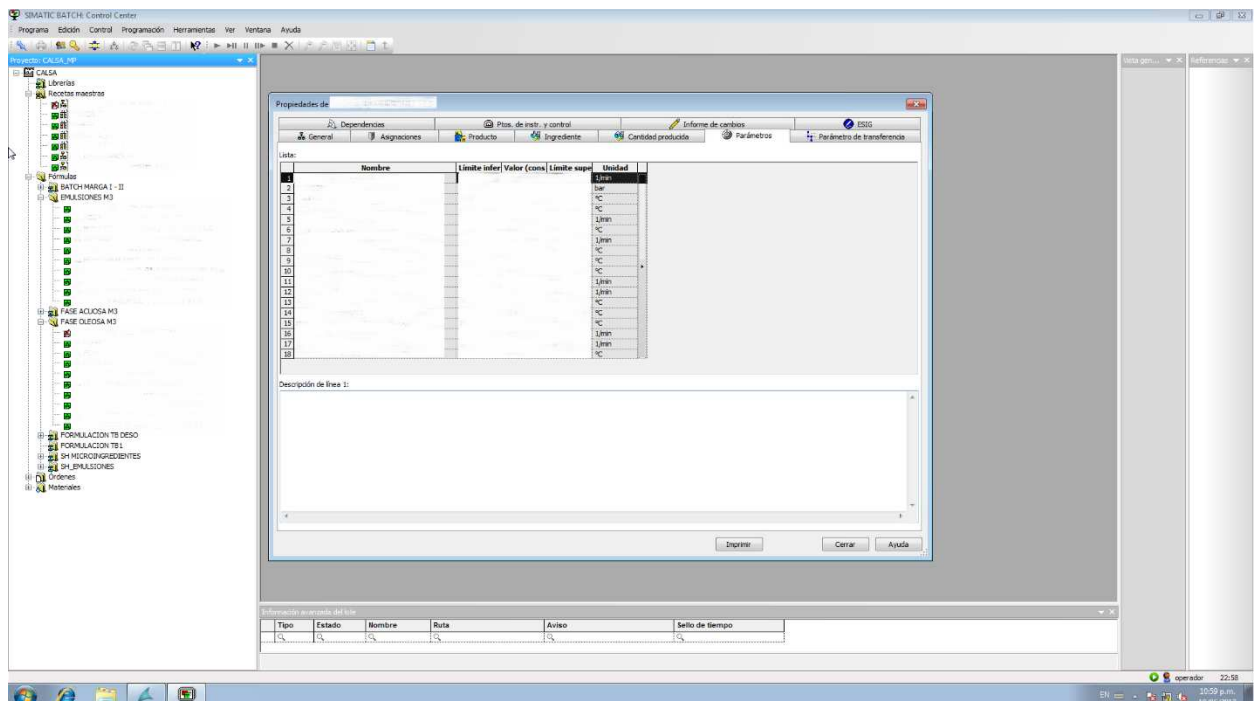


Figura 31 – Estructura de una receta maestra - Parámetros

Estas recetas maestras son las bases para la creación de las fórmulas, las cuales tienen el nombre y cantidad de ingrediente que será dosificado. Así como también los parámetros a ser usados para la producción.

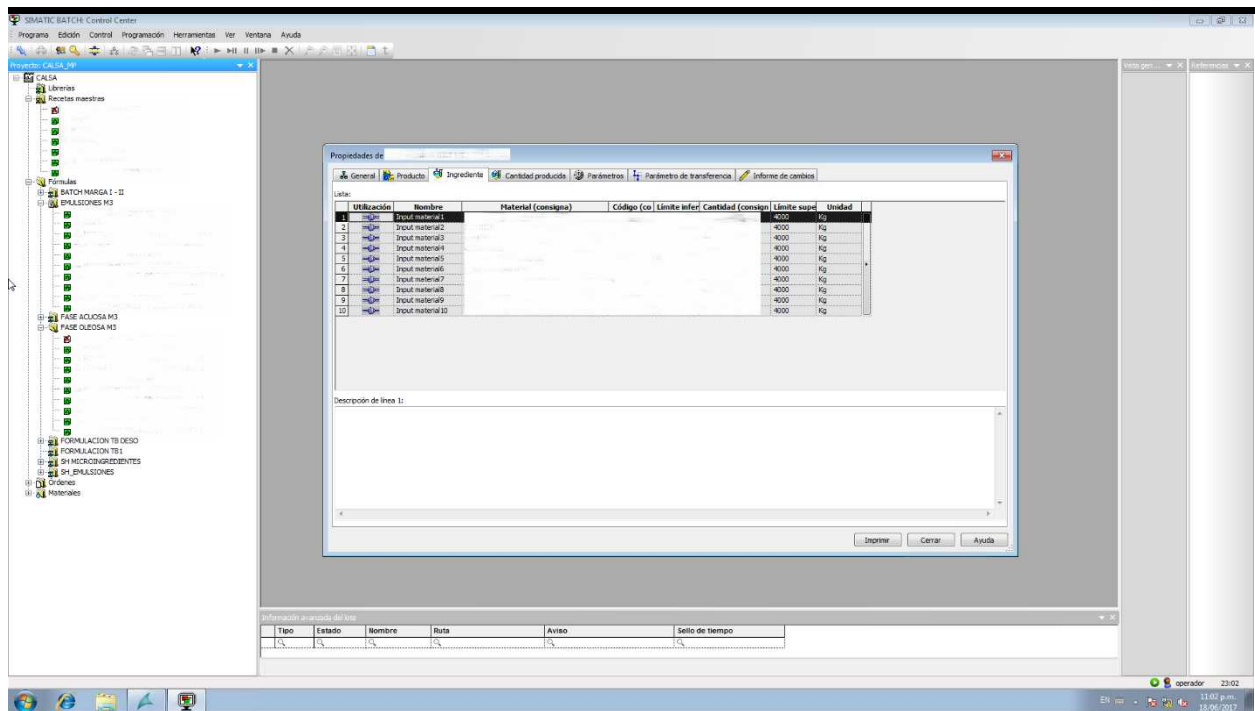


Figura 32 – Contenido de una formula - Ingredientes

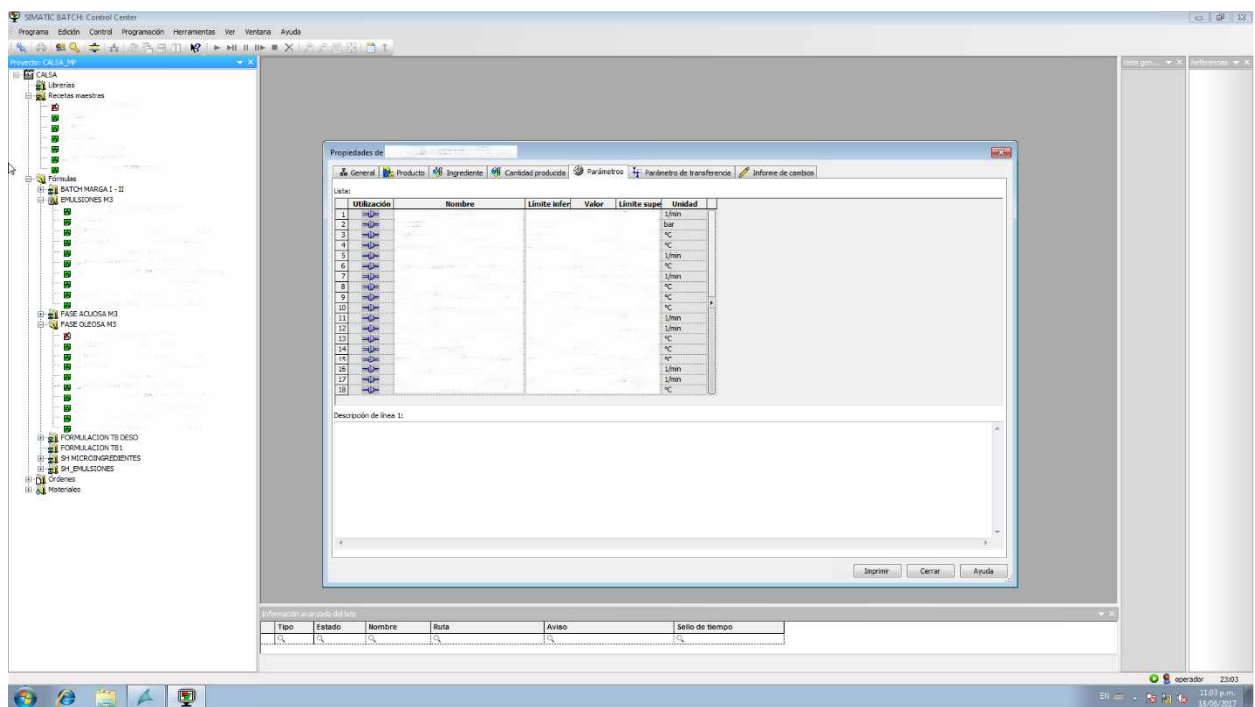


Figura 33 – Contenido de una formula - Parámetros

Para emitir las ordenes de preparación de cada una de las recetas, las estaciones de operador poseen una interface para realizarlo, donde se pueden escoger, la formula a preparar, el tamaño del lote de producción, etc. El operador puede decidir en que momento libera la fórmula para la producción y tiene la posibilidad de pausarla, reanudarla o cancelarla.

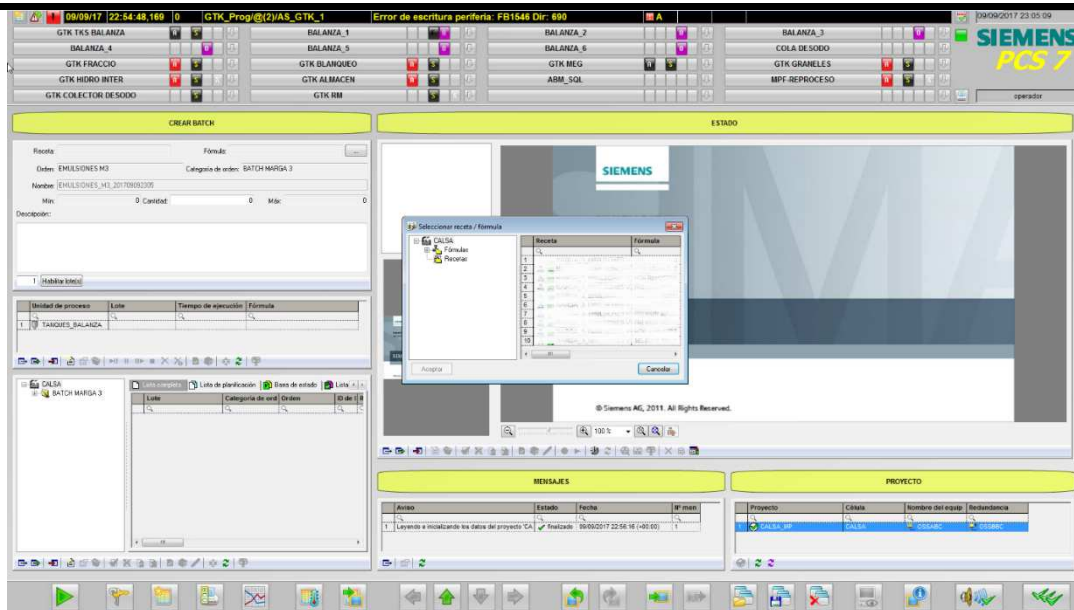


Figura 34 – BATCH - Interface del operador

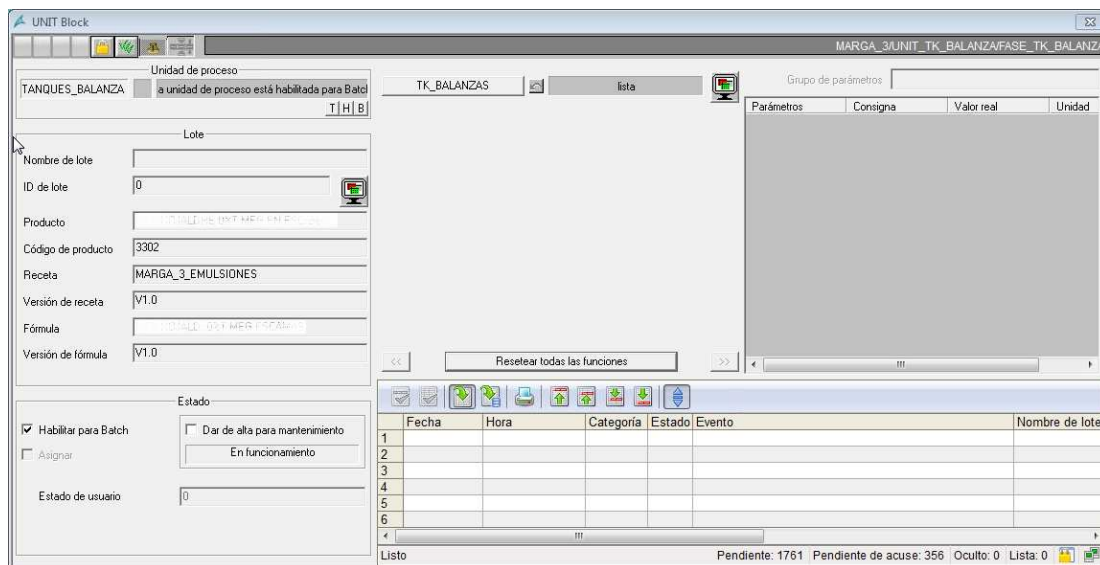


Figura 35 – BATCH - Interface del operador

Al finalizar la preparación, los resultados son almacenados en la base de datos de SIMATIC BATCH y se genera un reporte en formato pdf. Este reporte contiene toda la información necesaria para que posteriormente se pueda analizar de que manera fue preparado cada batch. En el Anexo Foxtrot se muestra una parte del reporte.



Control continuo

Como el proceso de producción debe ser del tipo continuo, es que se ha dotado al sistema de dos tanques de preparación, de manera que cuando uno de los tanques está enviando producto para producción, en el otro tanque se esté preparando la emulsión. Cuando el tanque que estaba enviando producto llega a su nivel bajo, el sistema conmuta automáticamente al otro tanque, permitiendo de esta manera que el antiguo pueda ser preparado nuevamente. Esta forma de operación es conocida como flip-flop. De esta manera se produce el cambio de un sistema por batch a un sistema continuo.

Los sistemas de control continuo se caracterizan por lo siguiente:

- grandes volúmenes de producción,
- interrelación entre distintas operaciones unitarias,
- predominio de controles a lazo cerrado,
- operan en estado estacionario o transitorio,
- Ingreso y salida de producto sin interrupción.

En esta etapa del proceso, predominan los controles a lazo cerrado tipo PID (proporcional, integral y derivativo)

En esta parte del proceso se transforma el producto inicial a través de procesos físicos, tales como la cristalización de la emulsión.

El diagrama en bloques simplificado de este proceso es el siguiente:

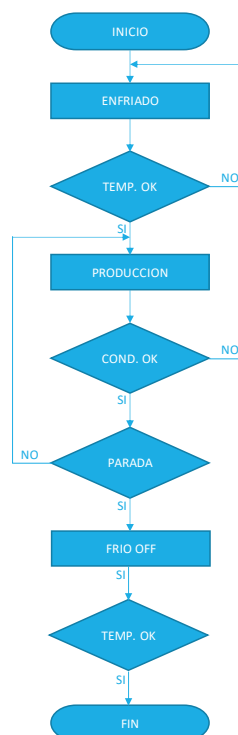


Figura 36 – Diagrama simplificado proceso producción

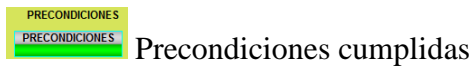
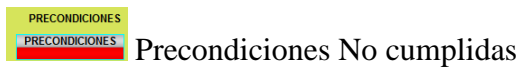


Este programa de producción tiene una serie de comandos y parámetros para el control, los cuales se muestran a continuación



Figura 37 – Control de programa de producción

Para poder iniciar el programa, se tienen que dar por cumplidas las precondiciones, las cuales pueden ser verificadas por el operador.



De esta manera el operador puede visualizar el estado de cada precondición

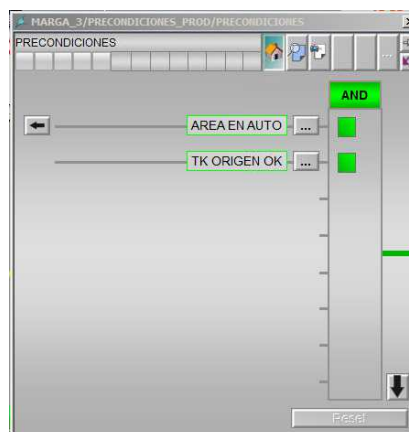


Figura 38 – Estado Precondiciones



Los otros controles disponibles se describen a continuación

Comandos

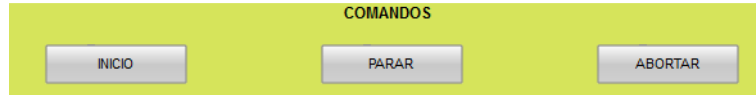


Figura 39 – Comandos

Información de tanque en uso



Figura 40 – Tanque en uso

Modo de operación

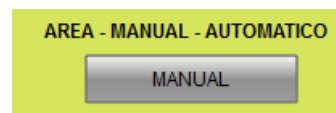


Figura 41 – Modo de operación

Parámetros de operación



Figura 42 – Parámetros de programa

La primera etapa del proceso está compuesta por la salida de producto de los tanques balanza (A-P316, A-P318), en conjunto con un tanque buffer (A-B10) encargado de garantizar que siempre vamos a tener producto en la línea, una bomba tipo centrífuga (A-P06) que bombea el producto líquido a la línea de producción. Los controles implementados en este sector son los siguientes:

- Control on-off de nivel en el tanque buffer, a través de tres sensores de nivel on-off (alto, medio y bajo) y un sensor de nivel analógico que comandan las dos válvulas de descarga de los tanques balanza, una válvula



de descarga del tanque buffer y la bomba centrífuga. La duplicación de las señales de nivel (digitales y analógicas) tiene como objetivo garantizar que por alguno de los dos métodos el tanque no se rebalse o no se quede sin nivel.

El segundo bloque está compuesto por un intercambiador de calor (A-W02C), el cual posee un control encargado de acondicionar la temperatura de producto. Los controles implementados en este sector son:

- Control PID TIC A-103, formado por un elemento sensor TT A-103 y el actuador A C-101. Trabajan en conjunto con la bomba A-P07 que es la encargada de mantener el agua fría recirculando. Lo más importante en este lazo de control es impedir la circulación de agua fría por el intercambiador cuando no hay caudal de producto, ya que, de otra manera al enfriarse el producto dentro del intercambiador, este se solidifica, pudiendo dañar el equipo.

El tercer bloque está compuesto por una bomba de alta presión P-P01, la cual posee un motor accionado por un convertidor de frecuencia, el cual permite adaptar el caudal de producto a lo requerido por las máquinas de envasado. En este sector están implementados los siguientes controles:

- Monitoreo de la presión de línea. A un determinado valor, dispara una alarma por alta presión que por cuestiones de seguridad debe detener el motor para impedir daños en los equipos y posibles riesgos físicos a los operadores de planta.

Luego de esto se encuentran cada uno de los cinco cilindros de enfriamiento y una etapa de batido de la emulsión. Los controles realizados sobre cada tubo de enfriamiento son los siguientes:

- Lazo de control PID en cascada para el control de temperatura de salida del producto, la explicación será dada más adelante.
- Secuencia de apertura de válvulas de entrada y salida de refrigerante (amoníaco en este caso).
- Monitoreo del consumo de corriente de los motores de los cilindros. Para cada uno de ellos se define un valor de corriente, el cual si es superado dispara una alarma y corta el sistema de enfriamiento, para prevenir daños sobre el equipo.

Esta etapa del proceso es la más crítica, ya que es donde se le confieren al producto las características finales, también es la más crítica en cuanto a seguridades se refiere, tanto para la protección de personas como de las instalaciones, debido a las altas presiones de operación y a la posible presencia (debido a escapes indeseados) de amoníaco en un ambiente cerrado. Los aspectos de seguridad a tener en cuenta que pueden ser implementados a través de control en el PLC son:

- Mantener cerradas las válvulas de ingreso y salida de refrigerante al cilindro en caso de no existir circulación de producto.

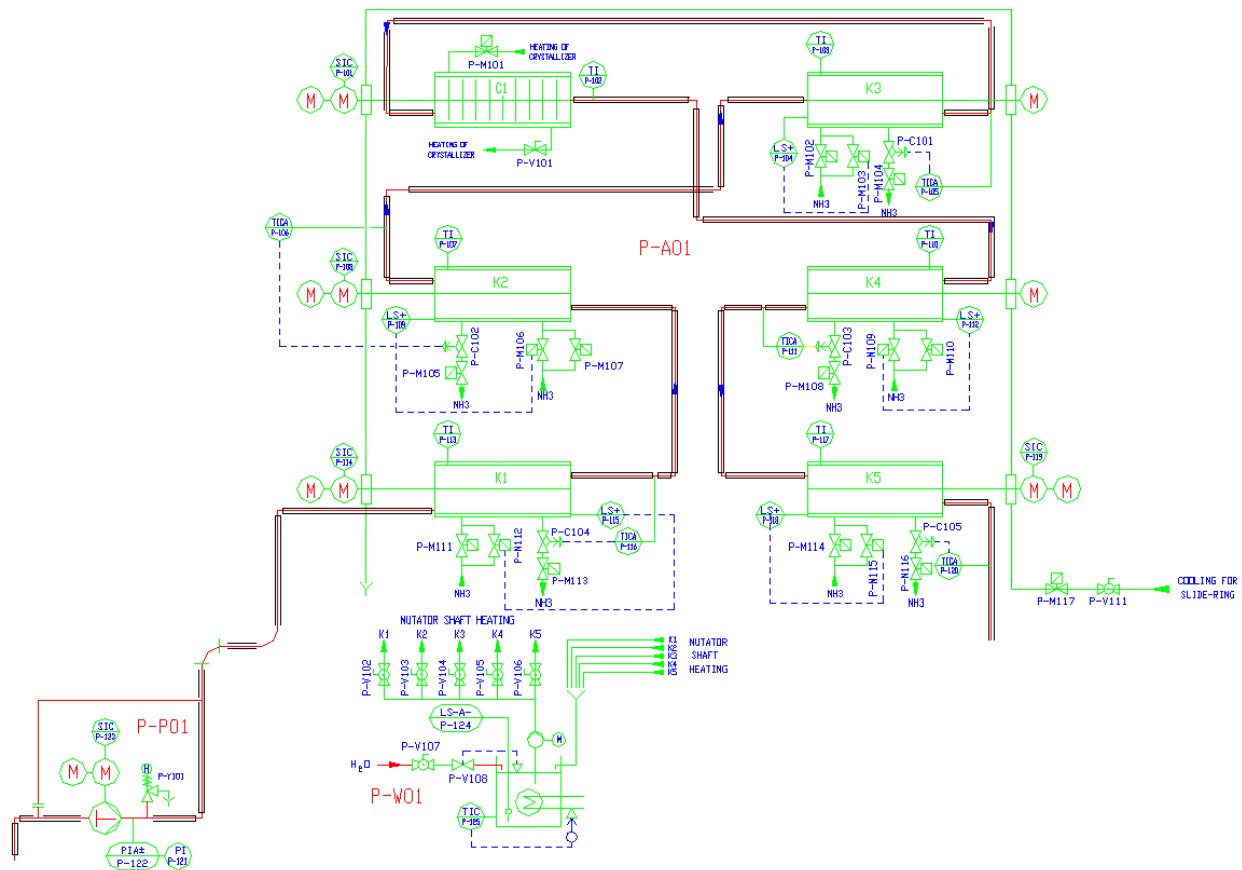


Figura 43 – Diagrama de proceso sector intercambiadores

Por último, el producto se dirige hacia la envasadora, en donde a través de un juego de válvulas, se puede ingresarlo a las mismas o recircularlo. En el camino de la recirculación, retorno al tanque de producto, existe un intercambiador de calor el cual, a través de calentamiento indirecto del producto con vapor, lo calienta para romper los cristales y poder retornarlo.

El envasado se puede realizar siempre que el producto tenga una temperatura adecuada, medida a la salida del último intercambiador. Al iniciar el proceso las válvulas están en posición de recirculación. En esta etapa el control a realizar es el siguiente:

- Habilitación de la posibilidad de que el operador decida cuando dirigir el producto a la envasadora.
- Control de temperatura en el sector de refusión.
- Se debe prestar especial atención a la conmutación de válvulas para no provocar un aumento brusco de la presión de la línea.



Sistema de control de frío

Como ya dijimos la parte más importante del proceso es dar en cada cilindro de enfriamiento la cantidad de energía frigorífica necesaria para que se produzca la cristalización del producto en su interior.

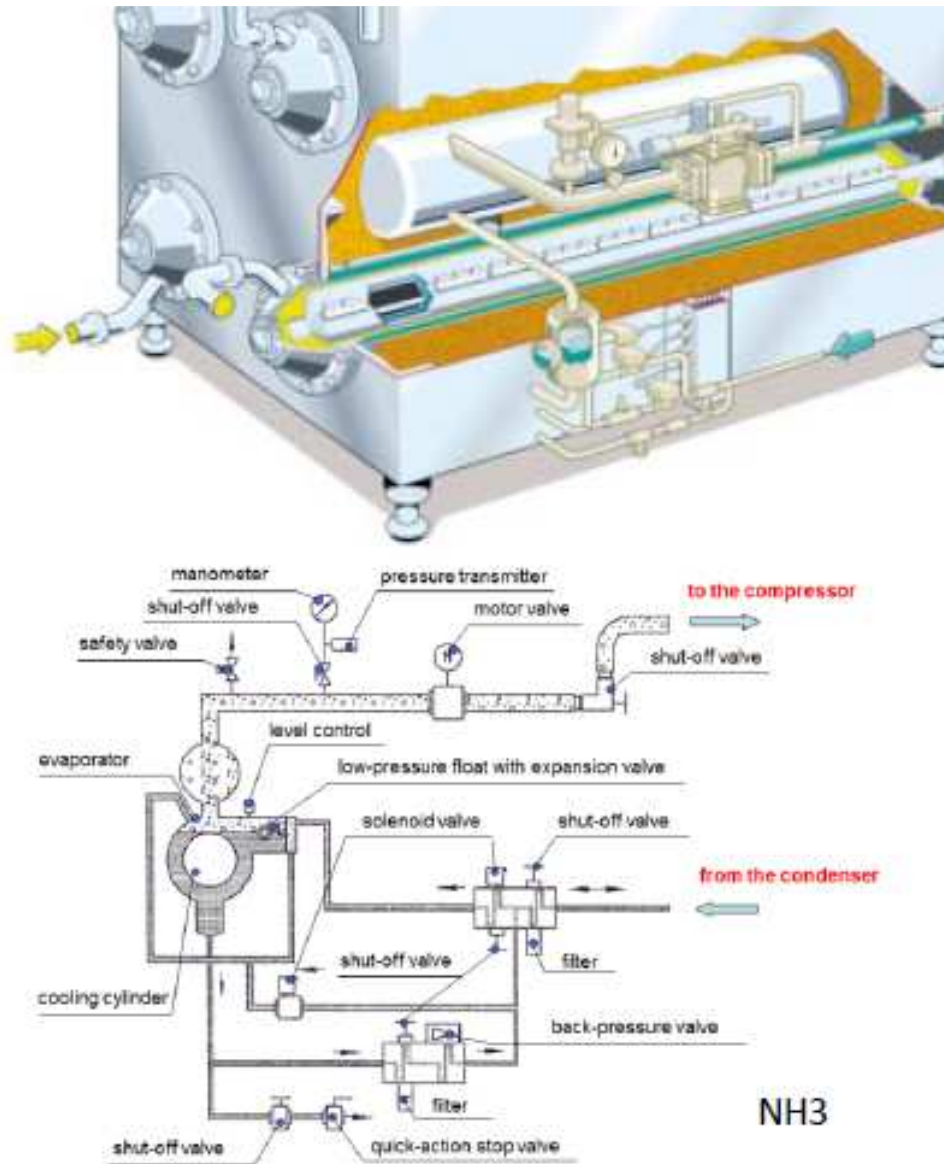


Figura 44 - Esquema circuito de enfriamiento - SPX FLOW - MT Ideas

En la Figura 44 se muestra el esquema del sistema de inyección y extracción del amoníaco dentro del equipo. Esta tecnología trabaja con la expansión del gas, por lo cual el tubo no se halla inundado. La inyección de amoníaco se controla a través de un par de válvulas actuadas on-off y un sensor de nivel con salida digital.



El líquido refrigerante (amoníaco) en contacto con la pared del tubo que transporta producto absorbe calor de él, enfriándolo. Como resultado de esto el líquido se gasifica y es succionado por el compresor, el cual lo vuelve a convertir en líquido, para poder ser inyectado nuevamente formando un circuito cerrado. La cantidad de energía intercambiada con el producto se controla modulando la succión de gas a través de un actuador motorizado el cual varia su posición en función de la presión del gas que es medida con un transmisor de presión.

La idea final es controlar la temperatura de salida del producto del cilindro para lo cual se implementa un control PID en cascada en el cual la variable manipulada del controlador maestro es ingresada como setpoint externo del controlador esclavo.

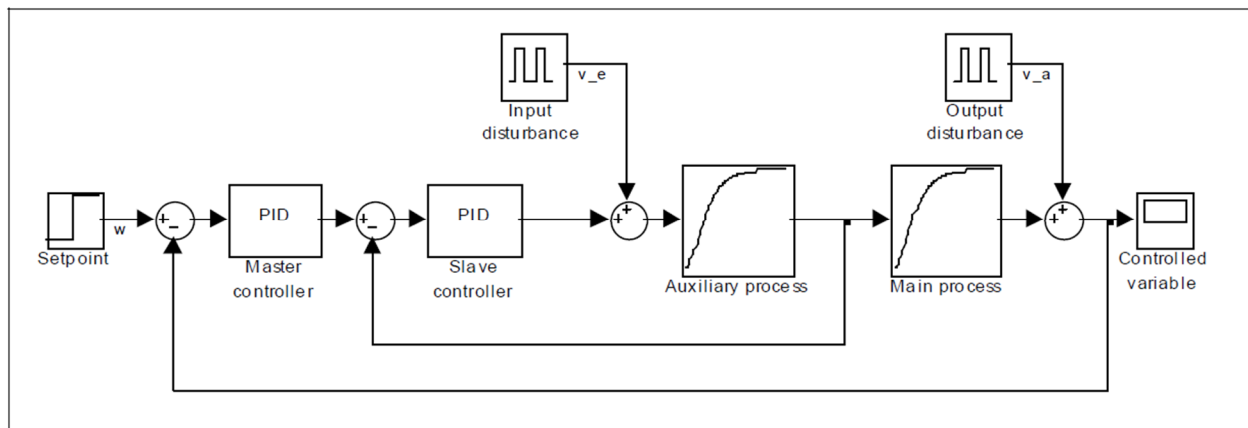


Figura 45 - Esquema lazo en cascada - Siemens AG

La ventaja del control en cascada es que las perturbaciones que afectan al lazo interno pueden compensarse mucho más rápidamente en el lazo esclavo que en el lazo maestro más lento.

El control en cascada se puede implementar cuando el lazo de control interno o esclavo es significativamente más rápido que el lazo externo o maestro.

El controlador interior se elegirá de tal manera que la dinámica del lazo de control interno sea beneficiosa. Si hay una perturbación que afecta al lazo interior del sistema, esto puede controlarse mejor que con el control de lazo único, en el que es posible que las perturbaciones tengan que pasar a través de las lentas constantes de tiempo del lazo exterior.

¿Qué se debe tener en cuenta al implementar un lazo de control en cascada?

El rango de variables manipuladas del controlador maestro debe coincidir con el rango de consigna del controlador esclavo para asegurar el correcto funcionamiento de las funciones anti-windup del controlador maestro. Para el diseño de los actuadores (válvulas, bombas) y la especificación del punto de consigna del controlador esclavo se debe asegurar que este no trabaje cerca de los límites del rango de consigna típicos del controlador maestro, de otra manera el controlador esclavo tendrá menos poder de intervención en el proceso.

Si el controlador esclavo no funciona en modo "cascada" (modo automático con consigna externa) sino en cualquier otro modo (por ejemplo, modo manual o automático con consigna local) y por lo tanto no responde a las órdenes del controlador maestro, el controlador maestro



debe ser conmutado en el modo de "tracking" para evitar el windup de la acción integral en el controlador maestro. La variable manipulada del controlador maestro controla el valor de proceso o el punto de consigna del controlador esclavo para permitir un retorno sin saltos o discontinuidades al modo en cascada.

Si el controlador esclavo alcanza alguno de los límites de la variable manipulada (alto / bajo), el integrador del controlador maestro debe bloquearse para evitar que continúe integrando en esta dirección (arriba / abajo). El controlador esclavo no puede ir más lejos en esta dirección de todos modos. Esto evita el windup del controlador maestro cuando el actuador real ya ha alcanzado sus límites físicos mientras que el controlador maestro no ha alcanzado aún sus límites de la variable manipulada.

En este caso ambos lazos de control son de temperatura ya que la presión de succión de gas guarda una relación con la temperatura dada por las ecuaciones de Antoine.

$$\log_{10} P = A - \left(\frac{B}{T+C}\right) \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde

A, B, C = parámetros empíricos, específicos de cada sustancia.

P = presión de vapor [bar]

T = temperatura [°K]

Para calcular el valor de temperatura que es el dato que nos interesa despejamos T de Ecu. 1 y nos queda

$$T = \frac{B}{A - \log_{10} P} - C \quad (\text{Ecu 2})$$

Para el amoniaco los coeficientes son los siguientes, en función del rango de temperatura a usar

Temperatura [°K]	A	B	C
164 – 239,6	3,18757	506,713	-80,78
239,6 – 371,5	4,86886	1113,928	-10,409

En el anexo Bravo se muestra el código de programación de la Ecu 2 que convierte la lectura de presión en temperatura.

El esquema completo de los elementos que intervienen en el control de temperatura es el siguiente

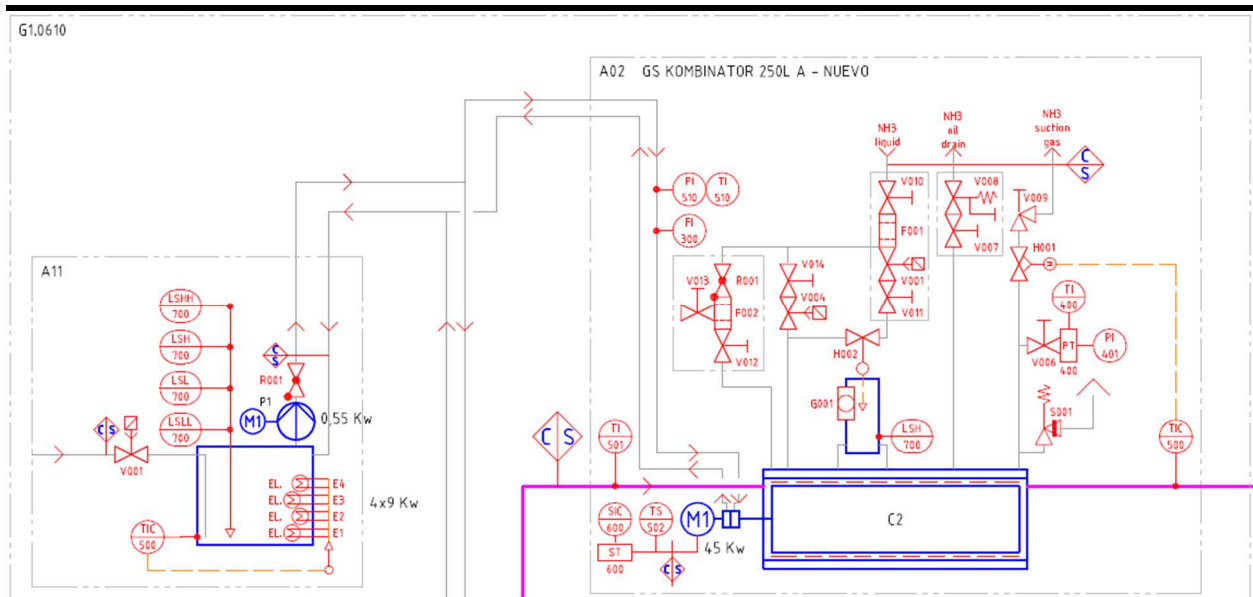


Figura 46 - Esquema de control de un sistema de enfriamiento – MT Ideas

La variable de proceso del controlador maestro es TT 500 (sensor de temperatura colocado sobre el tubo de salida de producto), mientras que la variable manipulada de este controlador es el setpoint que ingresa al controlador esclavo, la variable de proceso del controlador esclavo es el PI 400 (sensor de presión que a través de la ecuación de Antoine se convierte a temperatura), finalmente la variable manipulada del controlador esclavo se aplica sobre el elemento final de control, en este caso es la válvula motorizada H001.

La implementación para uno de los lazos de control se muestra a continuación

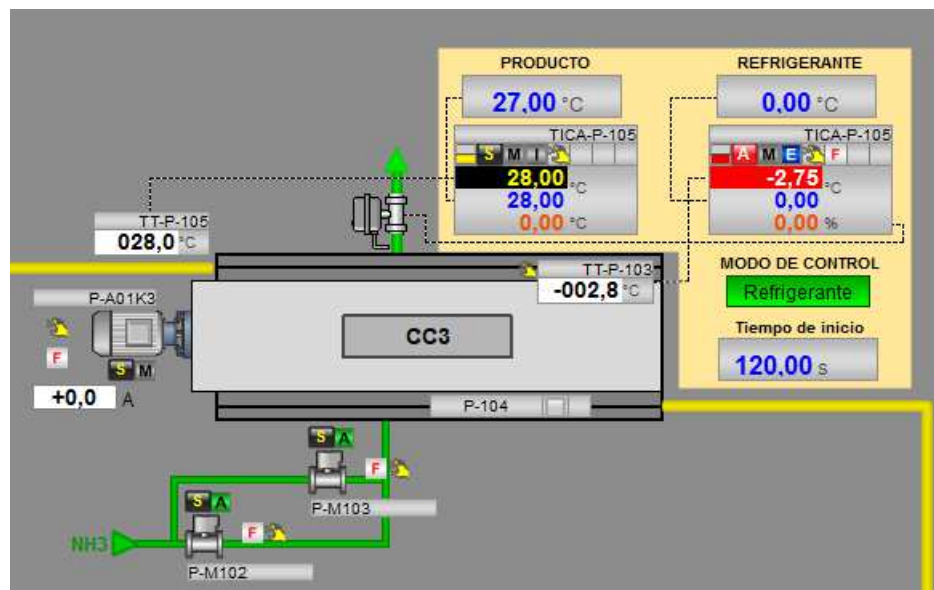


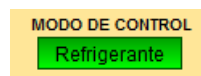
Figura 47 – Implementación lazo de control



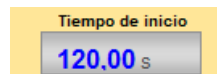
Las válvulas P-M102 y P-M103 son las encargadas de ingresar el amoníaco al cilindro, siendo la P-M103 la válvula de by-pass, usada en el primer momento para inundar la camisa exterior del tubo con amoníaco. Estas dos válvulas están comandadas por el switch de nivel P-104. También van a estar comandadas por la corriente del motor P-A01K3, si la corriente supera un valor de seguridad determinado, las válvulas se cierran impidiendo el paso de amoníaco evitando así que el eje del cilindro se dañe por un esfuerzo excesivo.

En este caso se muestran las dependencias que existen entre cada variable de los lazos por una línea punteada.

El modo de trabajo se define a través de un selector, pudiendo ser modo de control por temperatura de producto o por temperatura del medio refrigerante (amoníaco).



Una particularidad de este sistema es que cada vez que inicia su control lo hace controlando por refrigerante durante un tiempo fijado por



Esto es para hacer que el sistema busque más rápidamente su punto de control por temperatura de producto.

Control por medio refrigerante

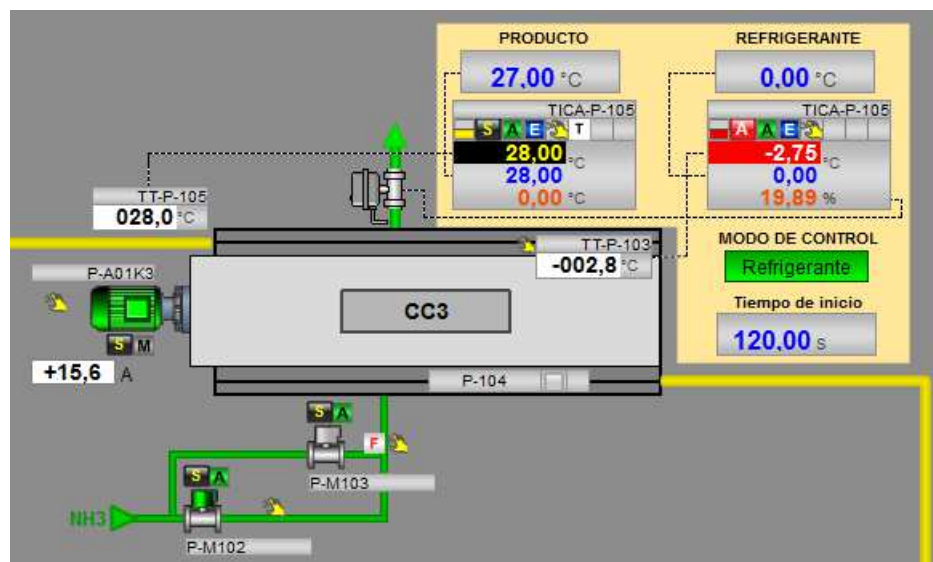


Figura 48 – Implementación lazo de control – modo de control por refrigerante

En este caso se puede observar que, si el control es a través de la temperatura de amoníaco, la cascada es interrumpida, pasando a trabajar controlando solamente la temperatura del refrigerante. El lazo de control maestro de la cascada está en modo seguimiento (tracking), para evitar saltos o discontinuidades cuando deba asumir el control.



Control por temperatura de producto

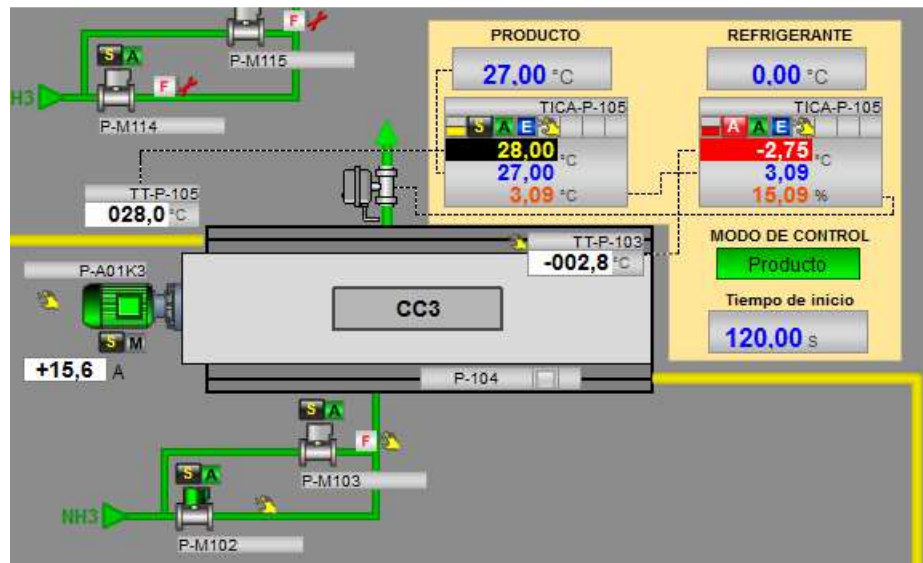


Figura 49 – Implementación lazo de control – modo de control por producto

Cuando el control se hace por temperatura de producto puede verse la acción del lazo de control en cascada, en donde la variable manipulada del lazo maestro se convierte en el setpoint del lazo de control esclavo.



Desarrollo de la aplicación

El proceso de desarrollo se llevó a cabo de la siguiente manera:

Una vez ya definido el DCS a instalar, marca y versión y también sus requisitos, expuestos en puntos anteriores, se procedió a la evaluación del hardware con el que contaba la planta para encontrar su equivalente en la nueva tecnología.

Dimensionamiento CPU

Respecto de la unidad central de procesamiento se escogió un controlador capaz de absorber los requisitos de esta planta más las otras líneas de elaboración de margarina. El dimensionamiento se llevó a cabo teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Cantidad de objetos de proceso de controlador (AS RT PO). Se entiende por esto a todos los elementos a controlar, tales como motores, válvulas, lecturas, lazos de control, etc. Según la nota de aplicación FAQ 38855207, son aquellos objetos que tienen bloques de instancias que pueden ser operadas/monitoreadas, generan alarmas y no son bloques de manejo.
- Tiempos de ejecución de todas las tareas cíclicas inferior al máximo recomendado para este tipo de CPU (<80%). Esto lleva a definir cada cuanto tiempo se ejecutan los diferentes objetos, para esta aplicación se tomó la siguiente convención:
 - Motores, válvulas on-off: 100ms.
 - Lecturas: 1s.
 - Elementos de control digitales: 1s.
 - Lazos de control: 1s.
- Generalmente no se tiene en cuenta la capacidad de memoria de trabajo y de carga. Hoy todos estos controladores tienen memoria suficiente para absorber todos los bloques de programación.

Reemplazo de I/O

Como segundo paso se relevaron las cantidades de entradas y salidas a reemplazar. Se escogió la familia de periferia descentralizada ET200M, la cual es apta para resolver todas las necesidades de la industria de proceso y aparte provee la modularidad y formato adecuado para las estaciones a reemplazar.

Del relevamiento surgieron las siguientes necesidades:

ET200 con dirección Profibus DP 3 compuesto por: 2 módulos de 8 entradas digitales (DI) en 24Vcc, cada uno y 2 módulos de 8 salidas digitales (DO) en 24Vcc, cada uno. Total: 16 DI 24Vcc, 16 DO 24Vcc.

ET200 con dirección Profibus DP 4 compuesto por: 5 módulos de 4 entradas analógicas (AI) en 4..20ma, cada uno. Total: 20 AI 4..20ma.



ET200 con dirección Profibus DP 5 compuesto por: 4 módulos de 2 salidas analógicas (AO) en 4..20ma, cada uno. Total: 8 AO 4..20ma.

ET200 con dirección Profibus DP 6 compuesto por: 23 módulos de 8 DI en 24Vcc, cada uno. Total: 184 DI 24Vcc.

ET200 con dirección Profibus DP 7 compuesto por: 4 módulos de 4 entradas analógicas (AI) en 4..20ma, cada uno. Total: 16 AI 4..20ma. Se eliminan dos módulos por estar completamente de reserva.

ET200 con dirección Profibus DP 8 compuesto por: 4 módulos de 2 salidas analógicas (AO) en 4..20ma, cada uno. Total: 8 AI 4..20ma.

ET200 con dirección Profibus DP 9 compuesto por: 14 módulos de 2 entradas analógicas (AI) para RTD (PT100), cada uno. Total: 28 AI RTD.

ET200 con dirección Profibus DP 10 compuesto por: 4 módulos de 8 entradas digitales (DI) en 24Vcc, cada uno y 2 módulos de 8 salidas digitales (DO) en 24Vcc, cada uno. Total: 32 DI 24Vcc, 16 DO 24Vcc. Se elimina por completo ya que pertenece a un sector de planta que no existe en la configuración de planta actual.

ET200 con dirección Profibus DP 11 compuesto por: 4 módulos de 2 entradas analógicas (AI) para RTD (PT100), cada uno y 2 módulos de 2 salidas analógicas (AO) en 4..20ma, cada uno. Total: 8 AI RTD, 4 AO 4..20ma. Se elimina por completo ya que pertenece a un sector de planta que no existe en la configuración de planta actual.

ET200 con dirección Profibus DP 12 compuesto por: 2 módulos de 8 entradas digitales (DI) en 24Vcc, cada uno y 1 módulo de 8 salidas digitales (DO) en 24Vcc, cada uno. Total: 16 DI 24Vcc, 8 DO 24Vcc. Se elimina por completo ya que estos módulos manejaban señales digitales para comandar dos balanzas que se reemplazan.

ET200 con dirección Profibus DP 13 compuesto por: 1 módulo de 4 entradas analógicas (AI) en 4..20ma, cada uno. Total: 4 AI 4..20ma. Se elimina por estar completamente de reserva.

ET200 con dirección Profibus DP 14 compuesto por: 18 módulos de 8 DO en 24Vcc, cada uno. Total: 144 DO 24Vcc.

De este relevamiento surge la siguiente cantidad de señales a proveer dentro del Centro de control de motores (CCM) para el nuevo proyecto:

- DI 24Vcc: 200.
- DO 24Vcc: 160.
- AI 4..20ma: 28.
- AI RTD: 28.
- AO 4..20ma: 16.

Para cumplir con esas necesidades se definen las siguientes estaciones remotas:



ET200M con dirección Profinet 172.30.0.67 (M3ET1) compuesta por: 6 módulos de 32 DI 24Vcc, cada una y 4 módulos de 32 DO 24Vcc, cada una. Total: 192 DI 24Vcc y 128 DO 24Vcc.

ET200M con dirección Profinet 172.30.0.68 (M3ET2) compuesta por: 5 módulos de 8 AI configurables en corriente o RTD, cada una y 1 módulo de 8 AO 4..20ma, cada una. Total: 8 AI 4..20ma, 32 AI RTD y 8 AO 4..20ma.

ET200M con dirección Profinet 172.30.0.69 (M3ET3) compuesta por: 1 módulo de 32 DI 24Vcc, cada una, 1 módulo de 32 DO 24Vcc, cada una, 3 módulos de 8 AI configurables en corriente o RTD, cada una y 1 módulo de 8 AO 4..20ma, cada una. Total: 32 DI 24Vcc y 32 DO 24Vcc, 24 AI 4..20ma y 8 AO 4..20ma.

Total:

- DI 24Vcc: 224.
- DO 24Vcc: 160.
- AI 4..20ma: 32.
- AI RTD: 32.
- AO 4..20ma: 16.

En la configuración existían dos balanzas de batcheo, las cuales se comunicaban al PLC existente a través de una interfase RS-232 y una serie de entradas y salidas digitales para controlarlas. Estas dos balanzas fueron reemplazadas por dos módulos de pesaje SIWAREX U, en una nueva estación remota con dirección Profinet 172.30.0.71 (M3SIWAREX)

Esta configuración fue resuelta con la ayuda de una aplicación TIA SELECTION TOOL provista en forma gratuita por SIEMENS para auxiliar a las empresas de ingeniería para el armado de las soluciones de control, la información obtenida para cada estación desde esta herramienta puede ser exportada a diversos formatos (docx, pdf, xml) y presenta los siguientes datos:

- Propiedades de los dispositivos.
- Límites en forma condensada y en forma detallada (disipación de potencia, consumo de corriente, medidas, etc.).
- Gráficos de dispositivos condensados y en forma detallada.
- Listado de ocupación de slots.



M3ET1

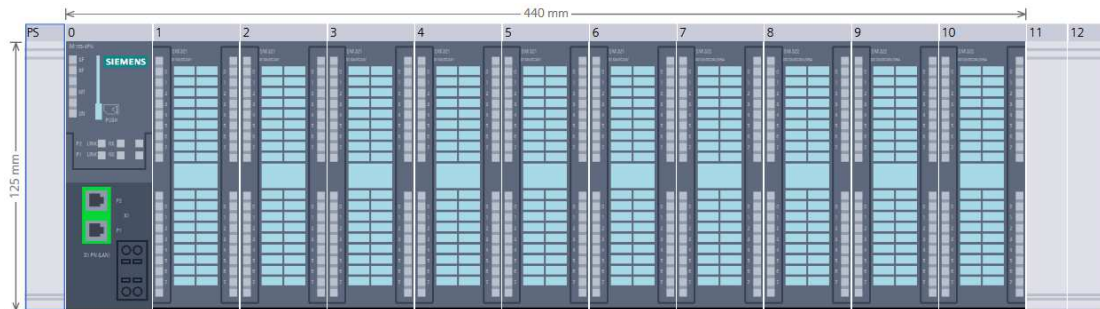


Figura 50 - Detalle de la configuración de hardware M3ET1

Rack	Slot	Nombre	Referencia
	PS		
Rack_1	0	IM 153-4 High Feature para ET 200M, PROFINET	6ES7153-4BA00-0XB0
Rack_1	1	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	2	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	3	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	4	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	5	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	6	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	7	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0
Rack_1	8	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0
Rack_1	9	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0
Rack_1	10	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0

M3ET2

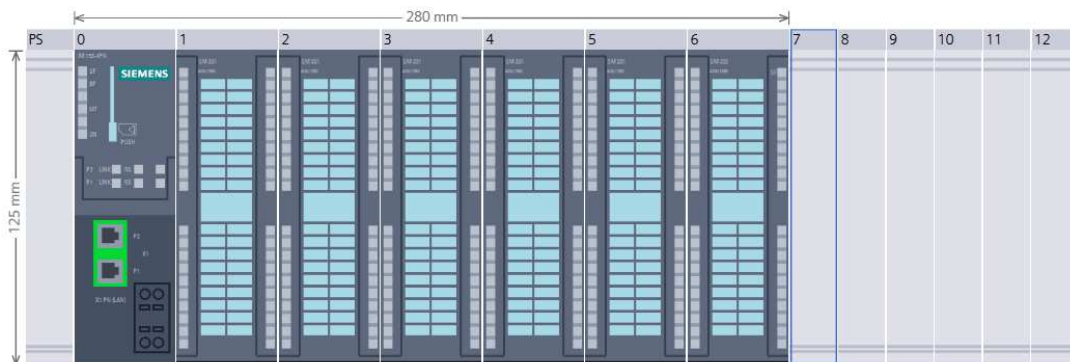


Figura 51 - Detalle de la configuración de hardware M3ET2

Rack	Slot	Nombre	Referencia
------	------	--------	------------



PS			
Rack_1	0	IM 153-4 High Feature para ET 200M, PROFINET	6ES7153-4BA00-0XB0
Rack_1	1	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	2	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	3	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	4	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	5	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	6	Salida analógica 8 AO; 11/12 bits, sep. galv.	6ES7332-5HF00-0AB0

M3ET3

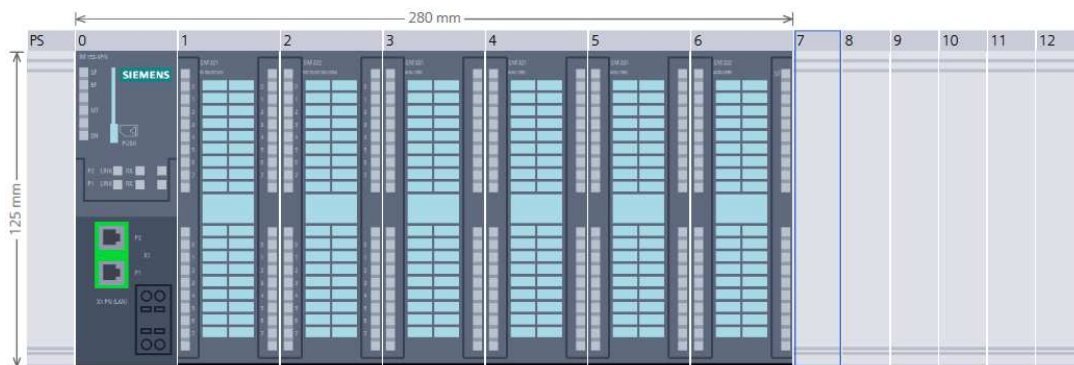


Figura 52 - Detalle de la configuración de hardware M3ET3

Rack	Slot	Nombre	Referencia
PS			
Rack_1	0	IM 153-4 High Feature para ET 200M, PROFINET	6ES7153-4BA00-0XB0
Rack_1	1	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	2	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0
Rack_1	3	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	4	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	5	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0
Rack_1	6	Salida analógica 8 AO; 11/12 bits, sep. galv.	6ES7332-5HF00-0AB0



M3ET4

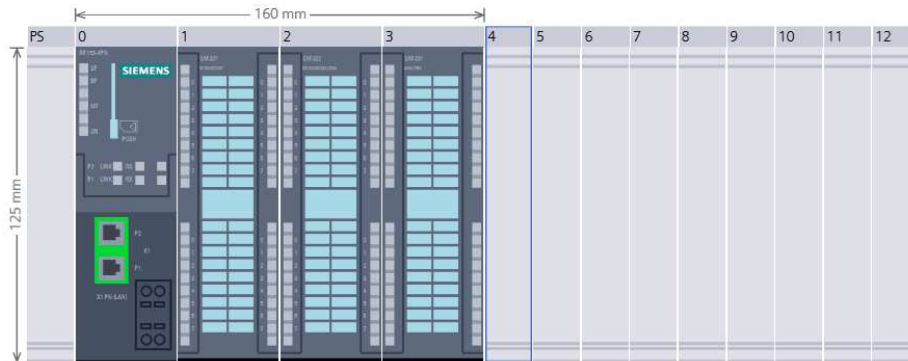


Figura 53 - Detalle de la configuración de hardware M3ET4

Rack	Slot	Nombre	Referencia
	PS		
Rack_1	0	IM 153-4 High Feature para ET 200M, PROFINET	6ES7153-4BA00-0XB0
Rack_1	1	Entrada digital 32DI, 24V DC; sep. galv.	6ES7321-1BL00-0AA0
Rack_1	2	Salida digital 32DO, 24V DC, 0,5A; sep. galv.	6ES7322-1BL00-0AA0
Rack_1	3	Entrada analógica 8 AI; 13 bits; 66ms; sep. galv.	6ES7331-1KF02-0AB0

M3SIWAREX

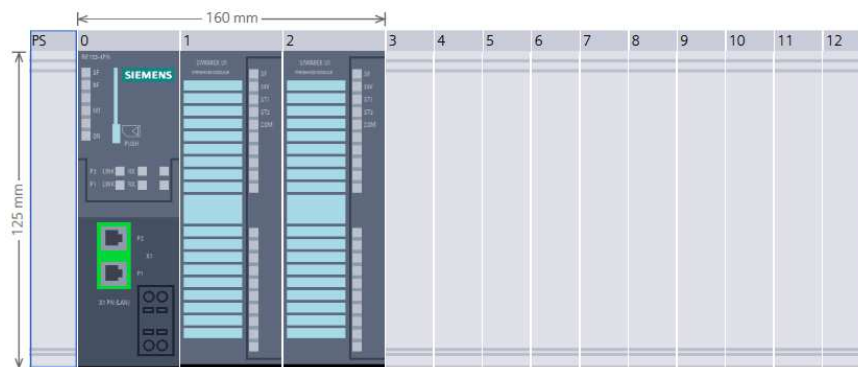


Figura 54 - Detalle de la configuración de hardware M3SIWAREX

Rack	Slot	Nombre	Referencia
	PS		
Rack_1	0	IM 153-4 High Feature para ET 200M, PROFINET	6ES7153-4BA00-0XB0
Rack_1	0	Accesorios: Micro Memory Card 64 KB	6ES7953-8LF31-0AA0
Rack_1	1	Electrónica de pesaje SIWAREX U, monocal	7MH4950-1AA01
Rack_1	2	Electrónica de pesaje SIWAREX U, monocal	7MH4950-1AA01

Vista topológica de la red PROFINET

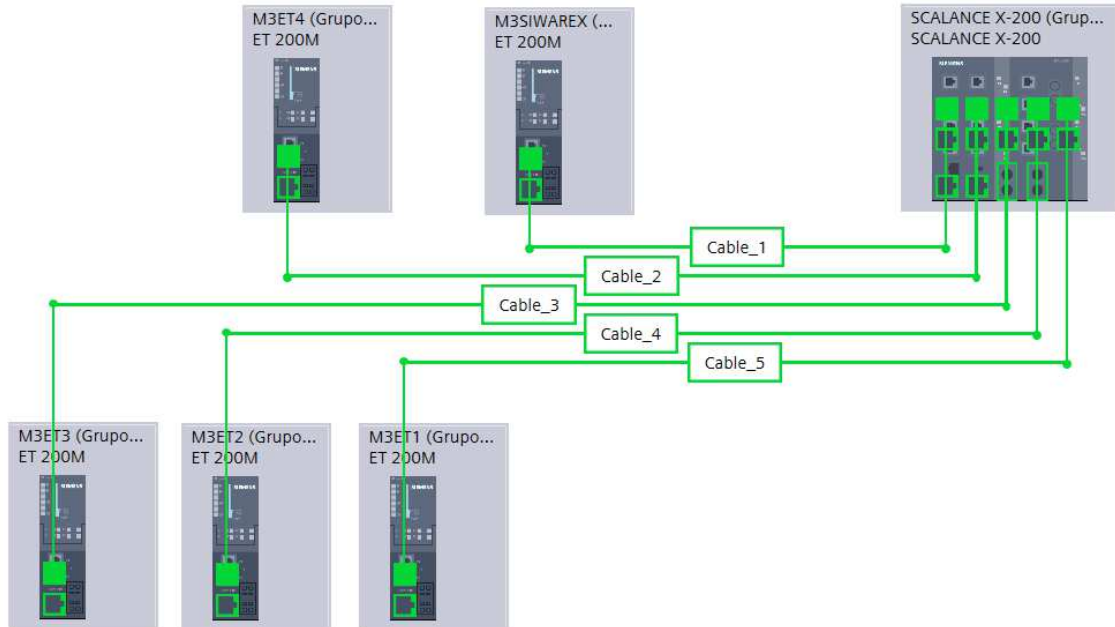


Figura 55 – Vista topológica de la red PROFINET

Adicionalmente, distribuidos en planta existían tableros con estaciones remotas para manejar válvulas actuadas on-off, conectados a la misma red Profibus DP del resto de la línea (ver Figura 15). Estos tableros estaban provistos con un módulo de 16 DI 24Vcc, para recibir las confirmaciones de posición de las válvulas y un módulo de 16 DO 24Vcc, para manejar los solenoides de las válvulas. Estos tableros fueron reemplazados por islas de válvulas FESTO modelo CPV, con conexión a Profibus DP.

A continuación, se muestra la Figura 56 con la configuración de hardware final. En esta puede observarse también la red Profibus DP perteneciente a la línea de Margarina 1 y Margarina 2.

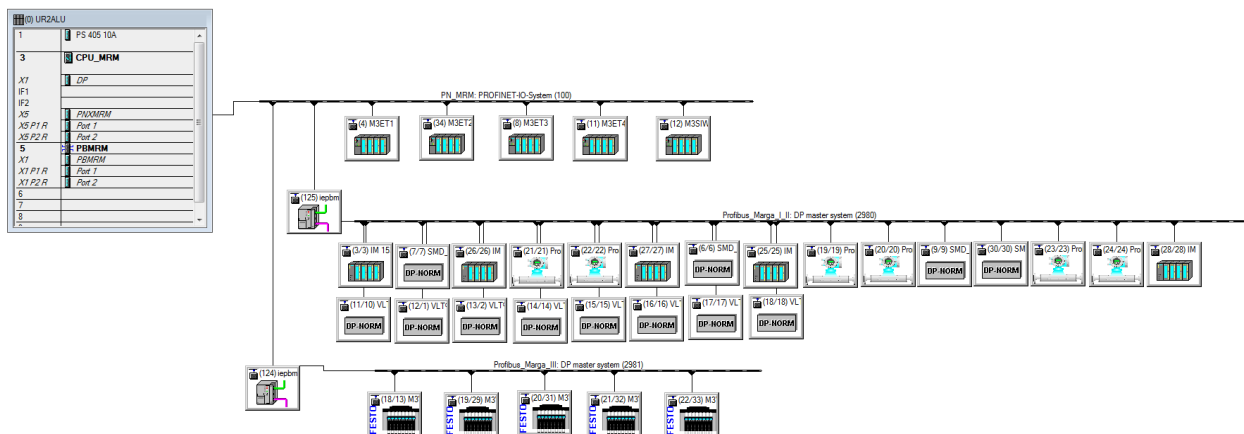


Figura 56 - Detalle de la configuración de hardware



Definición de las funciones

En esta vista se generan las aplicaciones de las distintas funciones del sistema, separados según las buenas prácticas en diferentes proyectos, en este caso se han declarado:

- Servidores redundantes de SIMATIC BATCH (BATCH).
- OS cliente para planta de Margarina (CL_MARGA_III).
- Servidores de aplicación redundantes (SERVER2).
- Librería maestra de datos (CALSA_Lib).
- Estación de automatización (MRM).

Object name	Version	PDI Assignment	Type	Author	Last modified	Comment
BATCH	1.0000	CALSAMARGA_3FUSUS	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSSABC	1.0000	CALSAMARGA_3FUSUS	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
BATCH Application (rtb)	1.0000	CALSAMARGA_3FUSUS	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSSBRC	0.0001		DFC		01/29/2015 02:06:14 PM	
BATCH Application	0.0001		DFC		11/13/2015 01:05:32 PM	
CL_MARGA_III	0.0001		DFC		01/29/2015 02:06:14 PM	
DSSMARGA3	0.0001		DFC		11/13/2015 01:05:32 PM	
DSSMARGA3	0.0001		DFC		10/10/2016 11:52:56 PM	
ES	0.0001		DFC		01/29/2015 02:06:14 PM	
ES	0.0001		DFC		11/13/2015 01:05:32 PM	
ES	0.0001		DFC		01/18/2016 02:10:39 PM	
@CPU_RT	0.0001		DFC		12/05/2014 07:49:06 PM	
SRA_CPU	0.0001		DFC		11/13/2015 01:05:32 PM	
MRM	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
AS_MRM	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
CPU_MRM	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	07/22/2015 03:05:07 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
MRM_Prog	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	07/22/2015 06:13:31 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Sources	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/05/2015 03:06:34 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Blocks	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	07/22/2015 03:07:04 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
PBMRM	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
SERVER2	1.0000	CALSAMARGA_3FUSUS	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2A	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2A	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2A	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2B	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2C	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	07/20/2015 09:43:06 AM	MONITOREO DIGITAL CO.
DSS2A_Sby	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
CALSA_LIB	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/10/2015 08:28:29 AM	MONITOREO DIGITAL CO.
LIB_Prog	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Sources	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Blocks	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/10/2015 08:42:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Diots	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Shared Declarations	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/10/2015 08:38:40 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Exceptions	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Operating State	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
Equipment Properties	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	10/09/2015 08:51:34 AM	MONITOREO DIGITAL CO.
FACEPLATE	1.0000	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MONITOREO DIGITAL CO.
A.P01	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/02/2015 06:39:17 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P02	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P03	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P04	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/29/2015 02:06:14 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P05	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/02/2015 06:39:17 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P06	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	02/02/2015 06:39:17 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P07	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	01/18/2016 02:10:39 PM	MOTOR ARRANQUE DIR.
A.P101	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	05/04/2015 08:28:29 AM	VALVULA NORMAL CER.
A.P103	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	05/04/2015 08:28:29 AM	VALVULA NORMAL CER.
A.P104	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	05/04/2015 08:28:29 AM	VALVULA NORMAL CER.
A.P105	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	05/04/2015 08:28:29 AM	VALVULA NORMAL CER.
A.P106	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	07/20/2015 11:17:41 AM	VALVULA NORMAL CER.
A.P107	0.0001	CALSAMARGA_3FASSE	Process tag	AUTEX	08/18/2015 06:46:50 PM	VALVULA NORMAL CER.
A.P111	0.0001	CALSAMARGA_1_2ASO	Process tag	AUTEX	07/18/2015 12:42:07 PM	VALVULA NORMAL CER.
A.P117	0.0001	CALSAMARGA_1_2ASO	Process tag	AUTEX	11/27/2014 05:01:25 PM	VALVULA NORMAL CER.

Figura 57 - Definición de elementos en la Vista de Componentes

Definición de la jerarquía de planta

El próximo paso en el desarrollo consistió en la definición de la jerarquía de planta, esto significa distribuir la aplicación conforme a las áreas de proceso en la que se va a dividir la planta. Para esto se analizó el diagrama de proceso existente, en conjunto con las pantallas de la aplicación, de lo cual surgió la siguiente división:

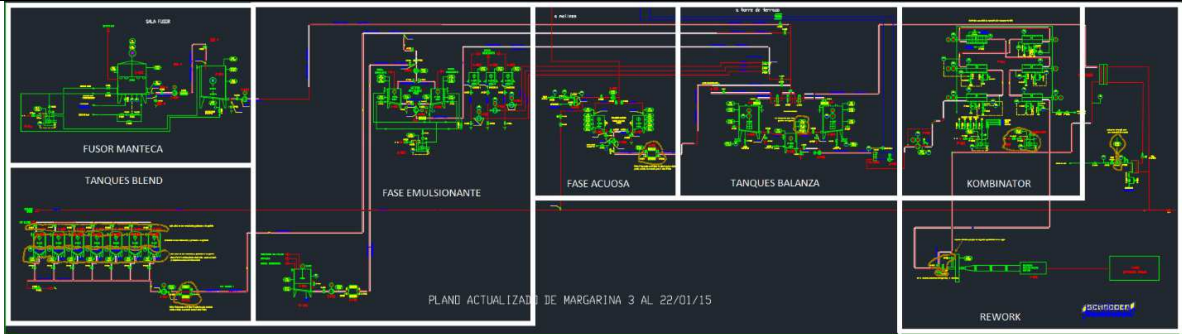


Figura 58 - Definición de áreas en el diagrama de proceso

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type	Size	Author	Last modified
LECTURAS	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	LECTURAS	7	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
LOGICA	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	LOGICA	3	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
MOTORES	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	MOTORES	5	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
PID	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	PID	4	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
PRODUCCION	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	PRODUCCION	1	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
SWITCH	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	SWITCH	2	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
VALVULAS	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	VALVULAS	6	Hierarchy Folder	---	---	10/07/2015 03:06:33 PM
M3_KOMBINATOR	---	0SS2AV0SS2AV0SS2A	---	0	Picture	1258..	---	11/13/2015 01:23:18 PM

Figura 59 - Definición de jerarquía en la Vista de Planta

Esta vista conocida como “Vista de Planta”, muestra la asignación de todos los elementos, relacionados con la CPU que los controla por un lado y el servidor de aplicación que los contiene por el otro.

Editor CFC

Definida la jerarquía se programan todos los puntos de control, estos son los motores, válvulas, lecturas, sensores digitales, lazos de control. Estos elementos se programan a través de un lenguaje conocido como CFC (Continuous Function Chart), el cual es uno de los lenguajes normalizados por EN61131-3.

Este editor permite crear una estructura completa de software para una CPU a partir de bloques predefinidos, usados para controlar todos los procesos de ejecución continua. El proceso consiste en ubicar los bloques en esquemas funcionales, parametrizarlos e interconectarlos. Interconectar significa que, por ejemplo, para la comunicación entre los bloques se transmiten valores desde una salida a una o varias entradas

Todos los bloques predefinidos, se concentran en una librería maestra del proyecto, de la cual se deben tomar para utilizarlos en todo el proyecto. El concepto de esta librería es proveer a todos los ingenieros que participan del proyecto de una base de datos centralizada de donde



tomar los bloques que están liberados para su uso dentro del proyecto. Esto facilita la coordinación y la organización durante todo el ciclo de vida de la planta.

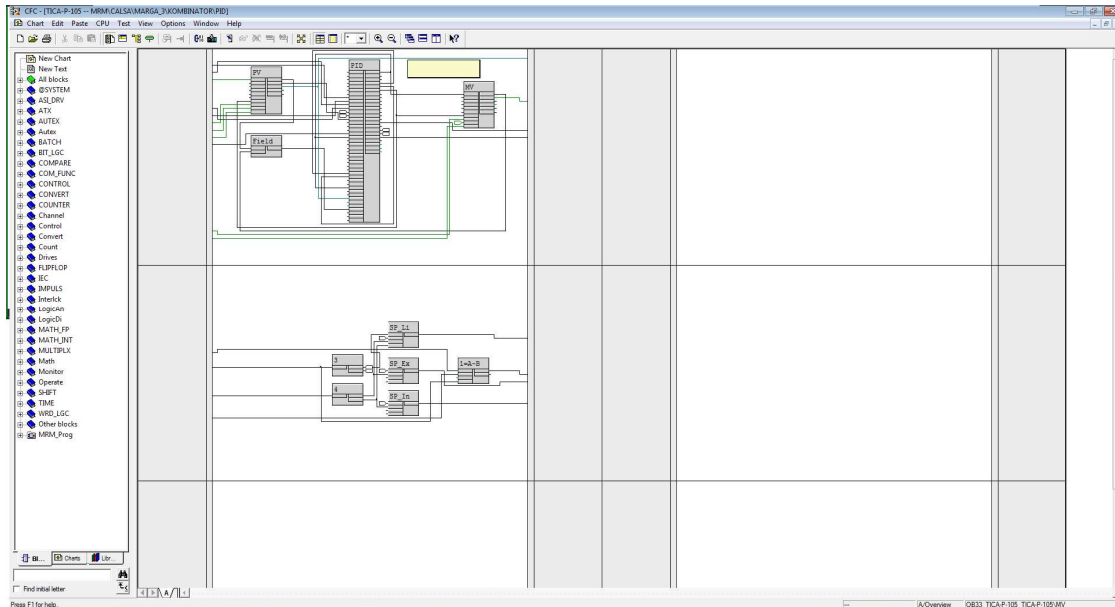


Figura 60 - Aspecto del editor CFC

Editor SCL

Como dijimos antes, los bloques a insertar en este editor esta predefinidos en librerías apropiadas. Sin embargo, estas librerías no cubren todas las funciones necesarias, para lo cual el desarrollador de la solución de automatización tiene la posibilidad de crear sus propios bloques estándar si no puede satisfacer los requerimientos con la librería standard. Para la creación de estos bloques se debe usar el lenguaje SCL (Structured Control Lenguaje), el cual se encuentra normalizado según EN61131-3, bajo el concepto de texto estructurado (ST). Este es un lenguaje de alto nivel basado en PASCAL.

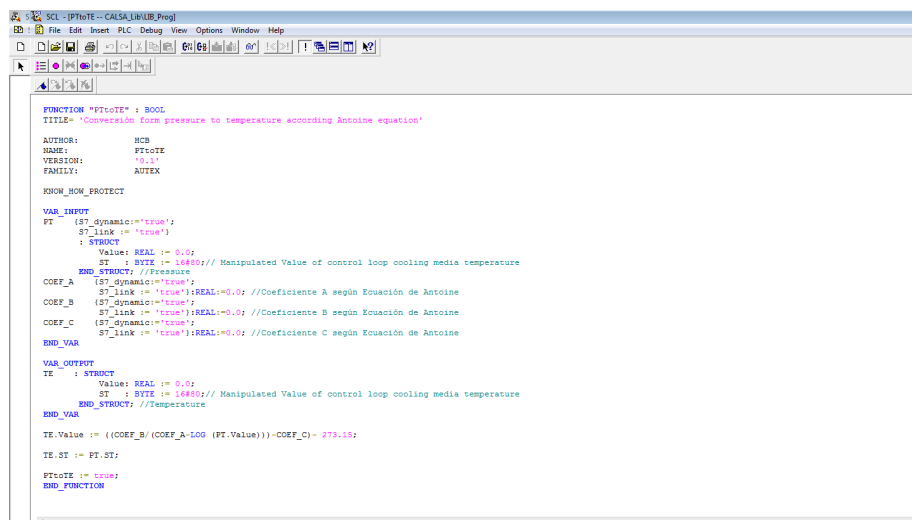


Figura 61 - Aspecto del editor SCL



Editor SFC

Todas las funciones relacionadas con los procesos por lotes (procesos batch) o secuenciales, se programan dentro de un editor SFC (Sequential Function Chart), este lenguaje también normalizado por EN61131-3, consta básicamente de una estructura de pasos y transiciones. En los pasos se realizan las acciones y en las transiciones se evalúan las condiciones para el cambio de pasos.

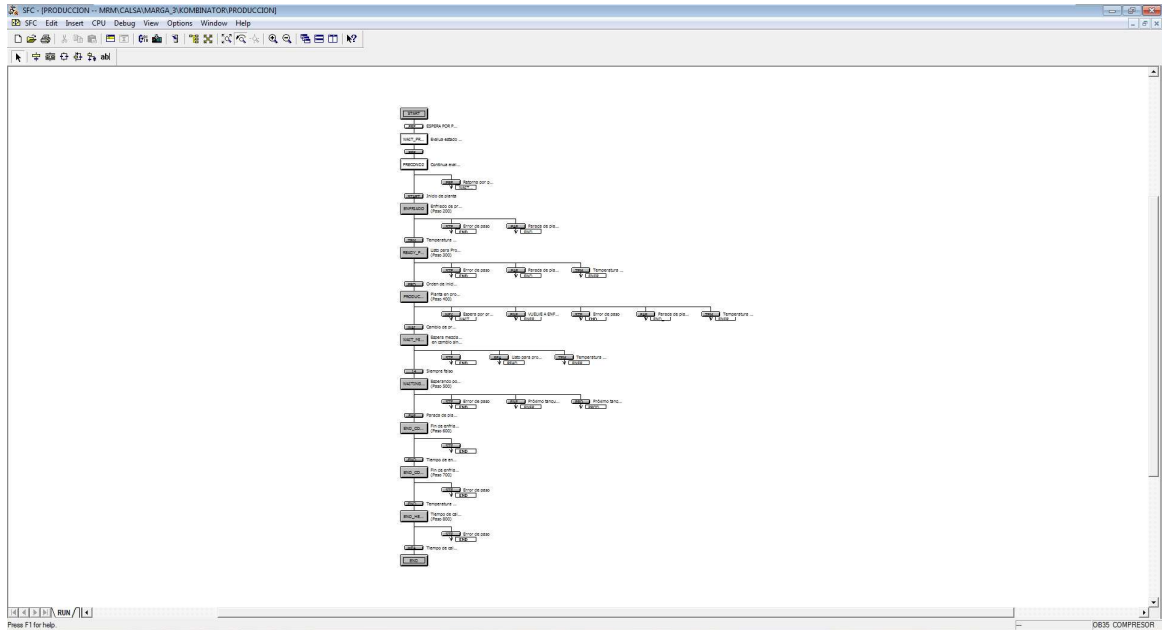


Figura 62 - Aspecto del editor SFC

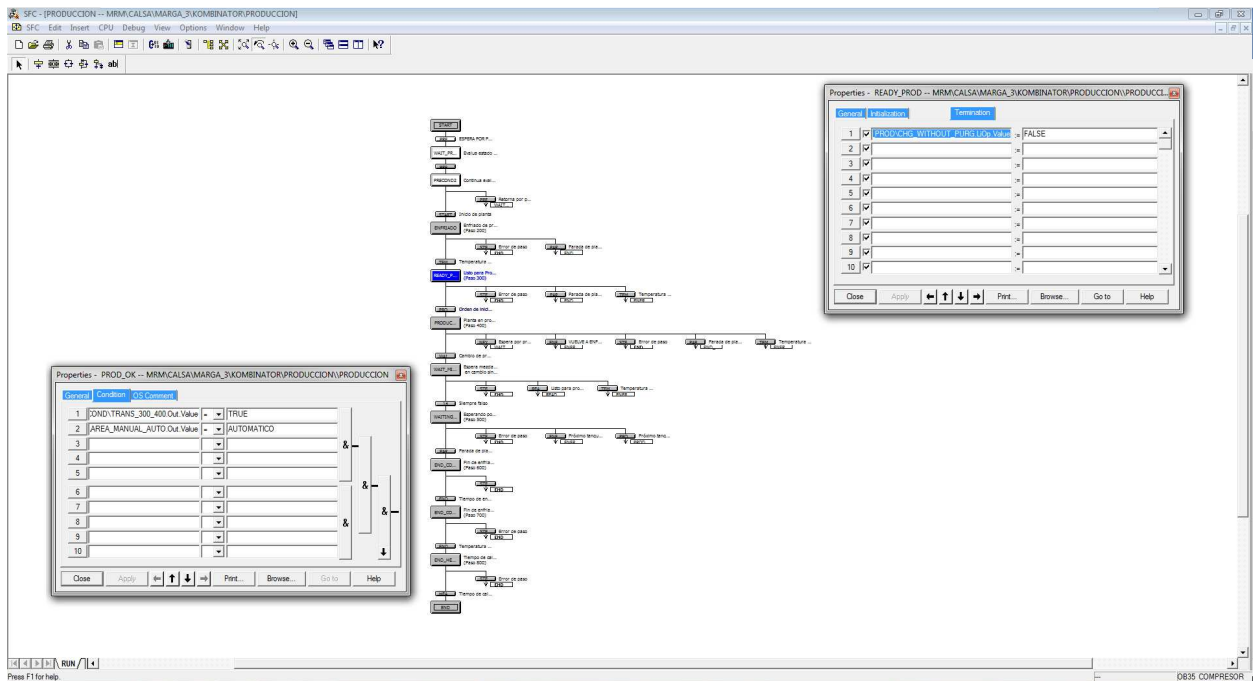


Figura 63 - Vista de la programación de pasos y transiciones



Asignación de roles y manejo de usuarios

Teniendo en cuenta la relevancia de muchos de los procesos que monitorizan y gestionan, se entiende que un incidente o error en estos sistemas podría causar un importante daño, no sólo en la organización, mediante impacto financiero, sanciones o pérdida de imagen, sino también en la propia sociedad, poniendo en peligro vidas humanas o, por ejemplo, afectando al medioambiente.

Es cierto que en sus inicios los sistemas de control se diseñaban con el objetivo fundamental de asegurar su rendimiento, sin que la seguridad fuese una de sus prioridades. Por tanto, la protección de estos sistemas se debía principalmente a dos factores:

Oscuridad: La mayoría de los sistemas de control industrial utilizaban estándares de comunicación de bajo nivel con protocolos propietarios.

Aislamiento: Las redes de control, de carácter determinista, no mantenían conexiones con las redes IP no deterministas de los entornos corporativos, por lo que los principales riesgos se basaban en amenazas locales.

Gradualmente los proveedores de sistemas de control comenzaron a adoptar estándares de IT y sistemas más comunes para reemplazar las tecnologías propietarias.

En su mayor parte estos “nuevos” riesgos, antes poco significativos, vienen originados por la mayor exposición, que incrementa drásticamente las posibles fuentes de ataque, y por amenazas heredadas del entorno IT (errores de configuración en sistemas IT genéricos ampliamente divulgados, vulnerabilidades en aplicaciones y sistemas operativos estándar, propagación de malware, etc.)

La importancia de identificar y priorizar los accesos al sistema es de vital importancia a la hora de salvaguardar los datos, identificar falencias en los operadores

La administración de usuarios se implementó a través de la aplicación SIMATIC LOGON, definiéndose uno de los ordenadores para que sea usado como central para la autenticación de usuarios (Administrador de usuarios).

La idea básica de SIMATIC Logon es la disponibilidad central de la información de inicio de sesión (principio de inicio de sesión único) para el operador. Los mecanismos de seguridad probados del inicio de sesión de Windows y la administración de usuarios se utilizan para este propósito. El nombre del usuario, el nombre de inicio de sesión y la contraseña (identidad) del operador se almacenan como una cuenta de usuario de Windows en el dominio de Windows (o en la base de datos de usuarios local) y se ponen a disposición para la autenticación de un operador a través del servicio SIMATIC Logon. Los permisos de control de operador basados en funciones se configuran a través de la pertenencia del operador a Grupos de ventanas del mismo nombre.

Uno de los puntos fuertes del uso de esta herramienta es que no se requiere la intervención local para dar de alta los usuarios, este se realiza directamente en el computador usado como LOGON Service. En las estaciones de operación solo se deben dar de alta los roles necesarios.



En Windows se crearon los siguientes roles:

- Operadores
- Supervisores
- Mantenimiento
- Automatización

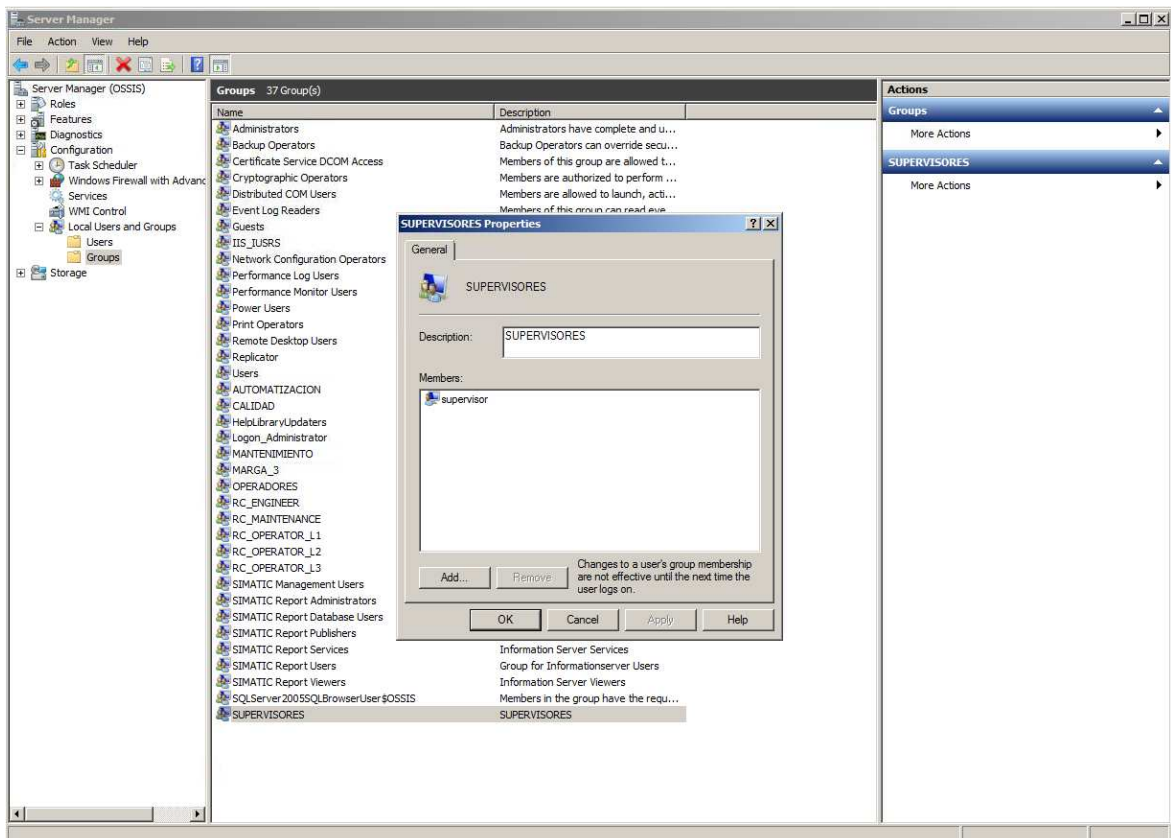


Figura 64 – Grupos de acceso

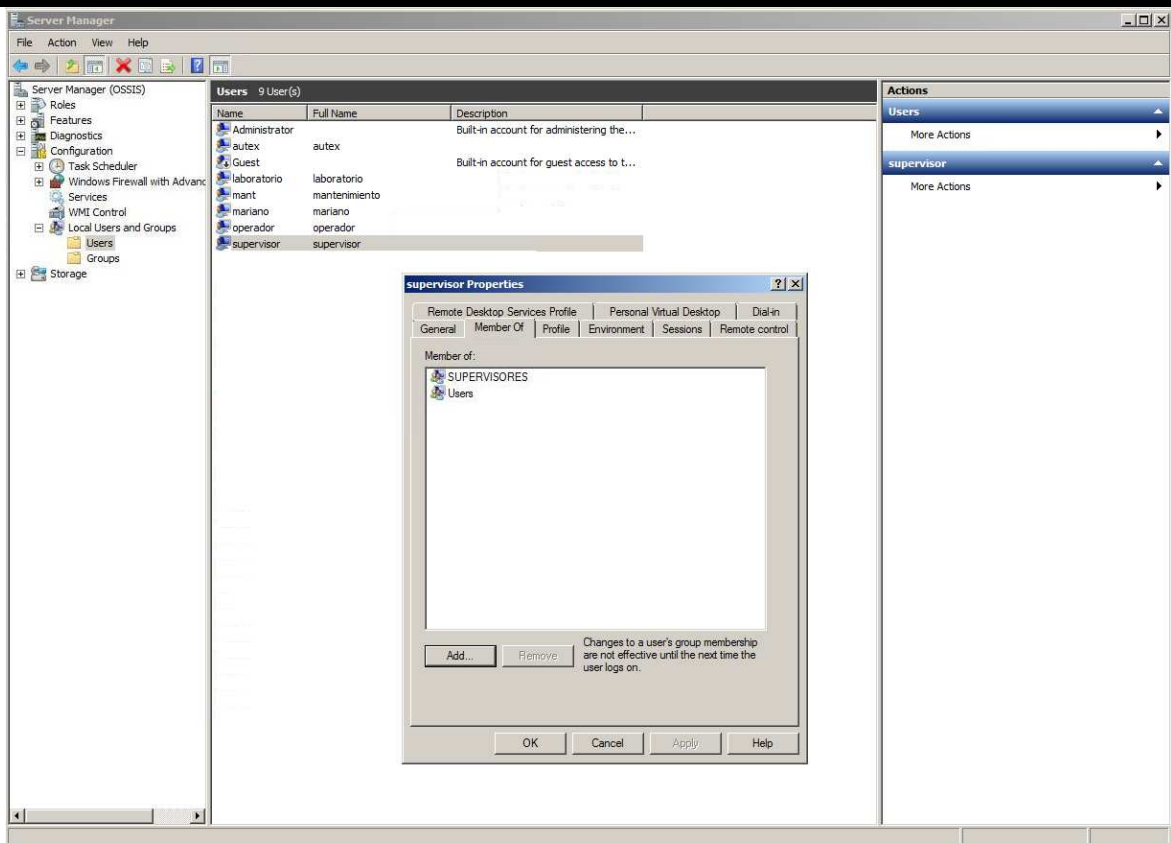


Figura 65 – Creación de usuarios

Los permisos para cada rol se definen en la aplicación. En forma estándar se definieron de la siguiente manera:

Rol Automatización

Posee todos los privilegios, lo cual permite manejar todas las funcionalidades del sistema.

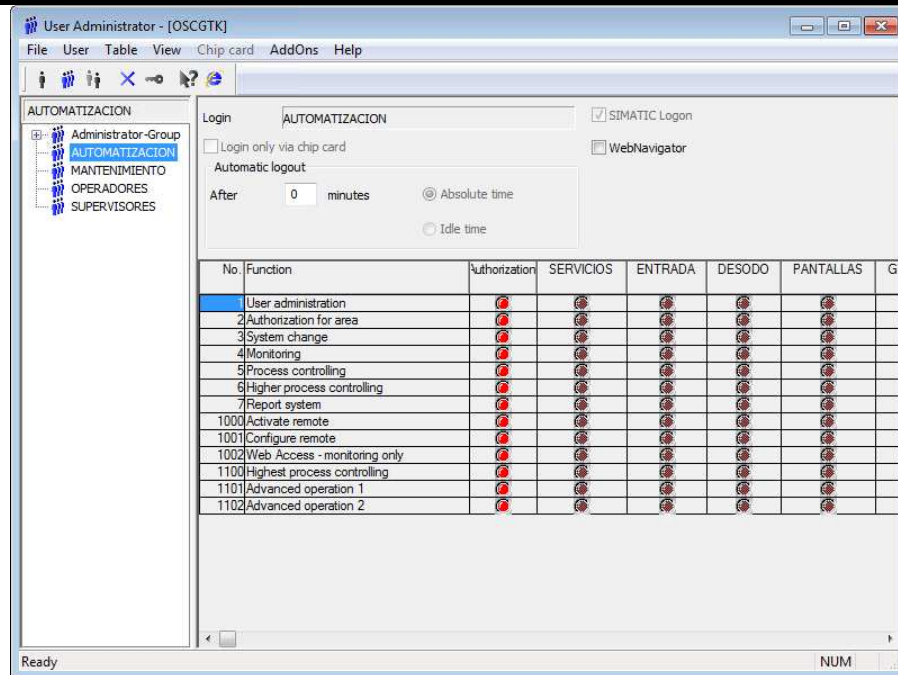


Figura 66 – Permisos del grupo AUTOMATIZACION

Rol supervisores

Este rol tiene los privilegios necesarios para controlar el proceso, por ejemplo, el cambio de modo de funcionamiento de un actuador y realizar acciones con efectos permanentes sobre el proceso, por ejemplo, el cambio de algún límite de alarmas.

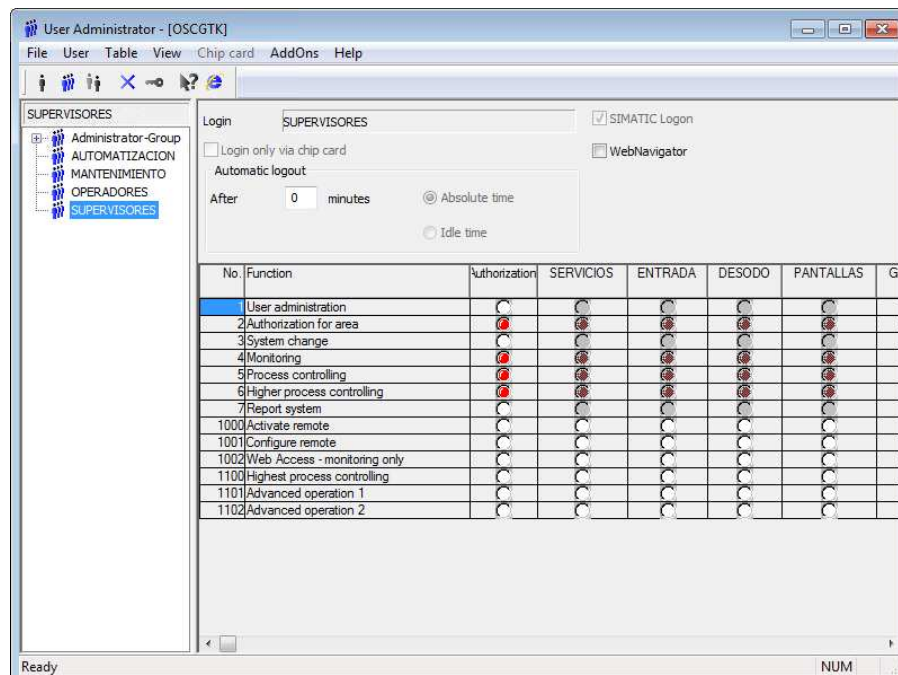


Figura 67 – Permisos del grupo SUPERVISORES



Al registrarse en alguna de las estaciones de operación a la persona le aparece un cuadro de dialogo como el que se muestra a continuación.

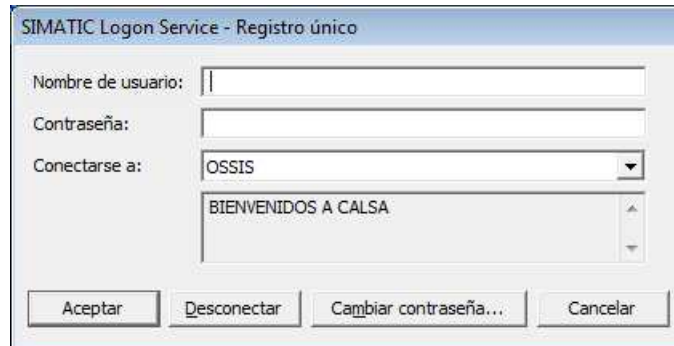


Figura 68 – Logueo en el sistema

El mecanismo completo de registración se muestra a continuación.

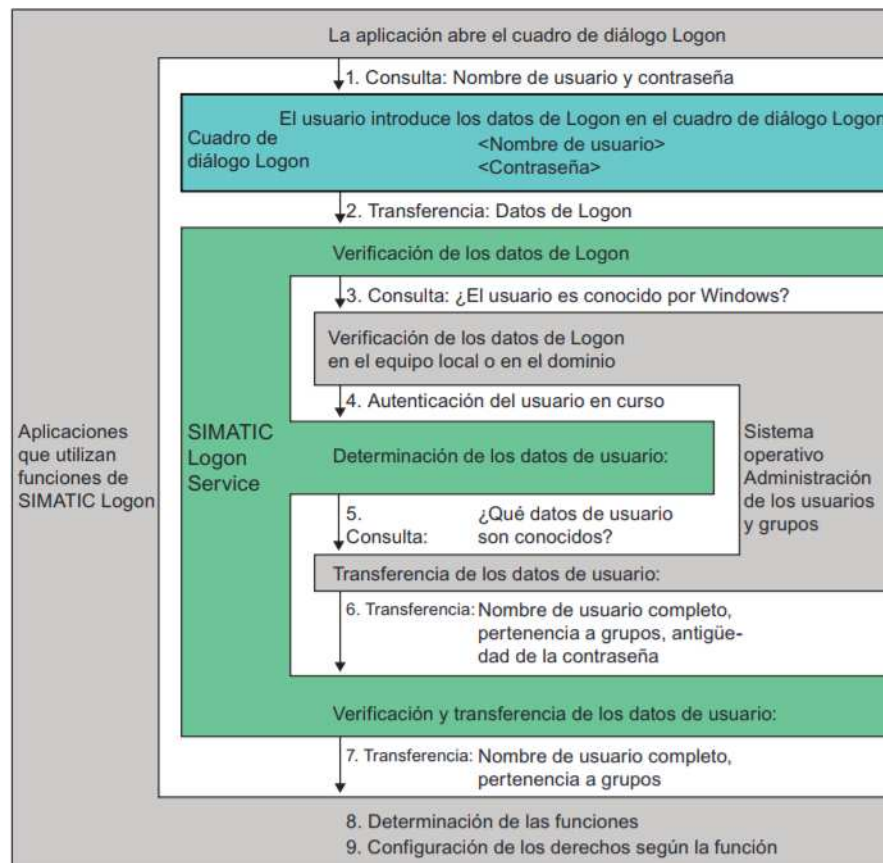


Figura 69 – Proceso de login de SIMATIC LOGON



Pantallas de operación

Al reemplazar el sistema de visualización y control existente se lograron varias ventajas, por ejemplo:

- Cambio de tecnología, reemplazando los viejos monitores TRC por modernos LED, los cuales mejoran las relaciones de contrastes, colores más vivos, mayor vida útil, menor espacio.
- Cambio en la resolución de pantalla, incrementando la información disponible al operador sin necesidad de cambio de pantallas permanente. Se pasó de una resolución SVGA (800x600px) a una resolución HDTV (1920x1080px).
- Posibilidad de trabajar sobre un mismo puesto de operación con una configuración de doble monitor, teniendo más información disponible al mismo tiempo.
- Acceso simplificado a algunas funciones del sistema, tales como: modificaciones de parámetros, visualización y generación de curvas con datos de variables, histórico de alarmas.
- Generación de nuevas funcionalidades de navegación, búsqueda de puntos de control, información de alarmas por área.

La distribución de la pantalla de operación por áreas es la siguiente:

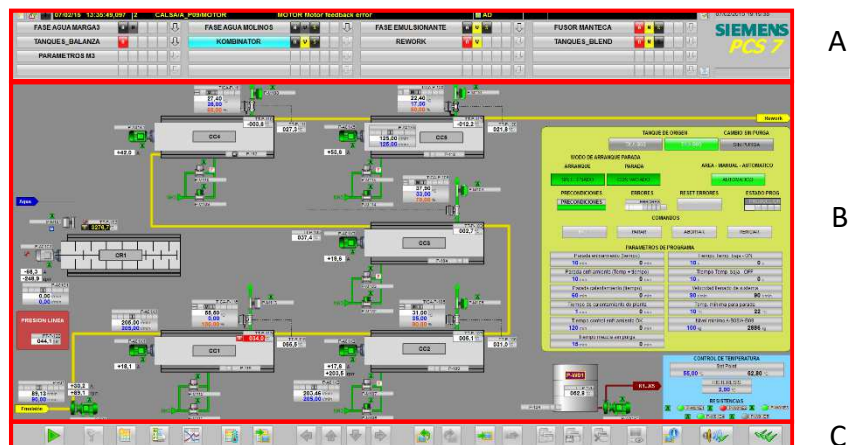


Figura 70 – Áreas pantalla de operación




Área de resumen (A)

Brinda de forma resumida el estado de la planta. Esta información es usada para una rápida detección de los problemas.

Cada uno de los diferentes sectores de la planta está identificado con un botón que referencia con el nombre del área, desde el cual se puede navegar, acompañado por unos indicadores que muestran el estado de los mensajes asociados con esa área.





-
-  Mensaje de alarma por violación de los límites configurados.
 -  Mensaje de advertencia por violación de los límites configurados
 -  Perturbación en el control del proceso.

También se muestra el mensaje de alarma más reciente y con la mayor prioridad.



Figura 71 – Mensajes al operador

Área de trabajo (B)

En esta área son mostradas las pantallas de operación de los diferentes sectores. Desde aquí se puede observar, controlar y operar el proceso.

Área de botones (C)

Desde este sector se pueden disparar diferentes funcionalidades del sistema, como por ejemplo:

- Acceso a configuración de curvas con registro histórico de variables del sistema.
- Acceso al sistema de mensajes (histórico, log de operaciones, alarmas reconocidas, mensajes de sistema, etc.).
- Selección de pantallas vía punto de medición o nombre.
- Navegación de pantallas.
- Aceptación de mensajes y de sirena.



Funcionalidades destacadas de la estación de operación

Se incorporaron varias funcionalidades a las pantallas de operación respondiendo a necesidades concretas detectadas en los relevamientos previos con el personal que opera la planta. A continuación vamos a hacer un resumen y presentar alguna de ellas:

- Se destacó la necesidad de visualizar el estado de los enclavamientos, bloqueos y seguridades de los motores y válvulas para que el operador pueda saber cuál es la condición que está impidiendo que un equipo este en marcha y mejorar el tiempo de respuesta ante una situación anormal.
- Se necesita conocer para cada una de las secuencias de planta el estado de la misma y las razones que impiden su continuidad, para que los operadores puedan reaccionar en un menor tiempo ante una situación anormal.
- Posibilidad para el operador de ubicar rápidamente el punto de control (instrumento, motor, válvula, etc.) que está generando la alarma, para poder corregir la situación en el menor tiempo.
- Se debe contar con un registro de operaciones, para poder verificar alguna situación anormal de la operación de la planta, tal como la operación manual de un equipo, el cambio de setpoint de un lazo, ya que muchas veces los supervisores de turno no podían detectar a que obedecían los cambios de comportamiento del producto. También es de utilidad para poder detectar falencias de la operación y dirigir las acciones de capacitación.
- Contar con un registro histórico de alarmas le permite al personal de mantenimiento detectar algún elemento con problemas recurrentes.
- Se necesita contar con diferentes niveles de acceso de forma de restringir operaciones dependiendo de la criticidad de las mismas y el conocimiento que cada uno de los roles de planta (operador, supervisor de turno, encargado de mantenimiento) tenga sobre ellas.
- Tener la posibilidad de personalizar los gráficos de curvas, vinculando distintas variables analógicas. Esto permite analizar distintos comportamientos de la planta y al personal encargado de monitorear la calidad del producto terminado le sirve para detectar patrones y poder garantizar la mejor operación de planta en cuanto a calidad y rendimiento.



Operación de motores

Estado de enclavamientos, bloqueos, seguridades

El estado de los enclavamientos, bloqueos y seguridades de cada dispositivo se muestran en la vista estándar del faceplate.

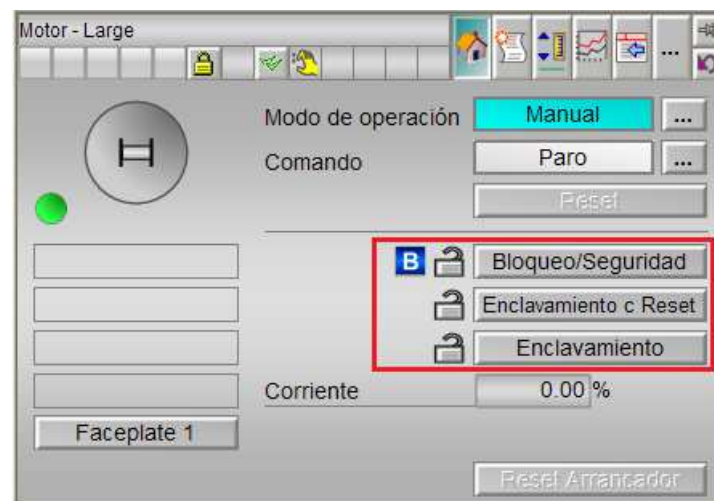


Figura 72 – Pantalla principal botonera comando de motor

Cada dispositivo tiene las siguientes funciones:

Bloqueos: Son condiciones necesarias para la marcha del equipo en cualquier modo de operación (Automático, Manual y Local). Si el equipo se encuentra en marcha y alguna de las condiciones no se cumple, el equipo se detiene y se impide el arranque. No puede ser efectuado un bypass desde la estación de operación. Ejemplos: parada de emergencia.

Seguridades: Son las protecciones y demás condiciones de seguridad necesarias para la marcha del equipo en cualquier modo de operación (Automático, Manual y Local). Si el equipo se encuentra en marcha y alguna de las condiciones no se cumple, el equipo se detiene y se impide el arranque. Es necesario luego un comando de reset para restablecer la operación del equipo en cuestión. Puede ser efectuado un bypass desde la estación de operación, con permisos de Supervisor. Ejemplos: estiramiento de cinta, desvió de banda, rebases, etc.

Enclavamiento: Son condiciones necesarias para la marcha del equipo únicamente en modo Automático. Si el equipo se encuentra en marcha automática y alguna de las condiciones no se cumple, el equipo se detiene y se impide el arranque. Una vez restablecidas todas las condiciones, el equipo puede arrancarse nuevamente. Puede ser efectuado un bypass desde la estación de operación, con permisos de Supervisor. Se utilizan para definir el funcionamiento automático del sistema.

Enclavamiento con Reset: Similares a los Enclavamientos. La única diferencia es que requieren un Reset por parte del operador luego de que se reestablecen las condiciones para volver a arrancar el equipo. Usado para enclavamientos críticos, los cuales al desaparecer exigen una intervención del operador antes de volver a poner operativo un equipo



En el faceplate se muestra el estado de cada una de estas funciones. La siguiente tabla muestra los íconos y su significado:

Icono	Función	Significado
	Bloqueo/Seguridad	El equipo puede marchar. No hay condiciones de Bloqueos o Seguridades que impidan la marcha.
	Bloqueo/Seguridad	Existe al menos una condición de Bloqueo o Seguridad que no se cumple e impide la marcha del equipo.
	Enclavamiento c Reset	El equipo puede marchar.
	Enclavamiento c Reset	Existe al menos una condición que no se cumple e impide la marcha del equipo. Luego de que se reestablecen todas las condiciones es necesario realizar un Reset para volver a arrancar el equipo.
	Enclavamiento	El equipo puede marchar.
	Enclavamiento	Existe al menos una condición que no se cumple e impide la marcha del equipo. Luego de que se reestablecen todas las condiciones el equipo puede volver a arrancar.
	Bloqueo/Seguridad Enclavamiento c Reset Enclavamiento	Las funciones están deshabilitadas por programa y no tienen ningún efecto en el funcionamiento del equipo.

La condición de los Bloqueos, Seguridades y Enclavamientos pueden estar afectados por el estado de las señales que los conforman. Cuando hay una situación particular en alguna de las señales, se muestra delante del candado un icono indicando esta situación.

Icono	Significado
	Al menos una de las condiciones de la función se encuentra bypassada.
	Al menos una de las condiciones de la función se encuentra simulada.
	Hay un error de hardware en una de las señales.
	Hay un error de proceso en una de las señales.

Ventana de condiciones de Bloqueos, Seguridades y Enclavamientos



Pueden abrirse nuevas ventanas que muestran las condiciones individuales de bloqueos, seguridades y enclavamientos haciendo click en el botón correspondiente.

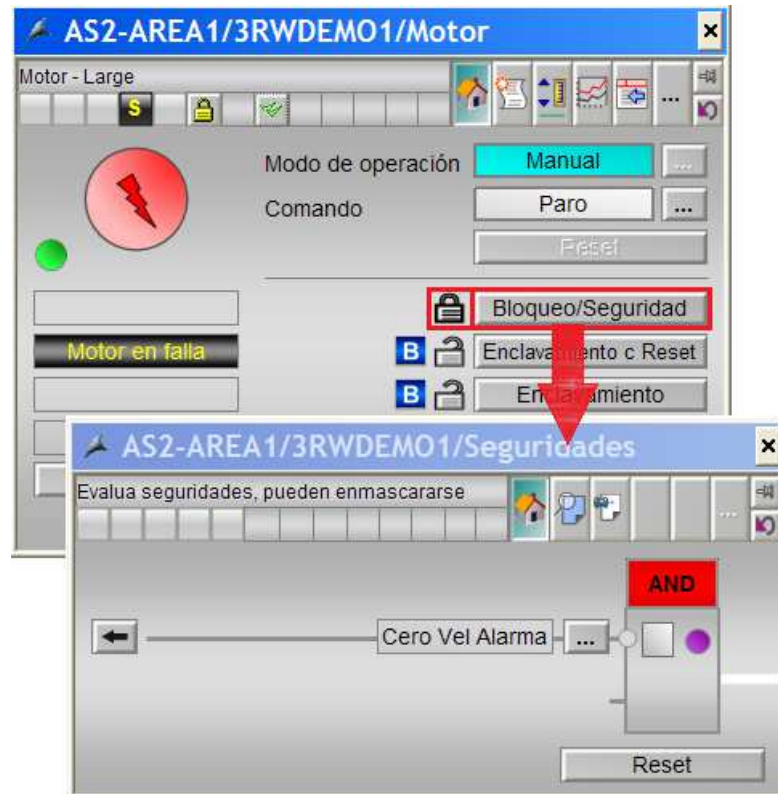


Figura 73 – Controles de operación

En estas ventanas pueden observarse el estado individual de cada una de las condiciones que componen cada función.

1. La condición se cumple. Se indica con un cuadrado verde en la señal. El rectángulo verde en el bloque de Enclavamiento indica que todas las condiciones se cumplen.



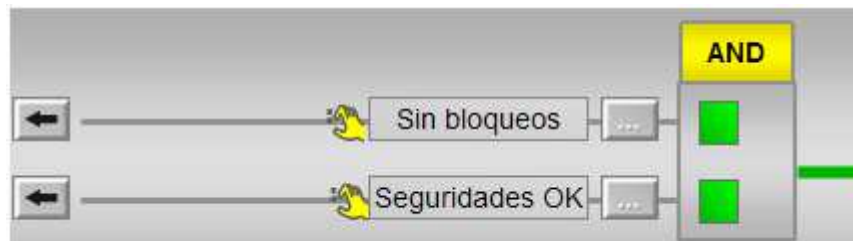
2. La condición NO se cumple. Se indica con un cuadrado gris en la señal. El rectángulo rojo en el bloque de Enclavamiento indica que al menos una de las condiciones no se cumple.



3. Condición con bypass. Se indica con un cuadrado azul en la señal. El rectángulo azul en el bloque de Enclavamiento indica que al menos una de las condiciones tiene bypass. La línea verde a la salida indica que con el bypass todas las condiciones se cumplen.



4. Condiciones con señales simuladas. Se indica con el dibujo de la mano. El rectángulo amarillo en el bloque de Enclavamiento indica que al menos una de las condiciones tiene la señal simulada. La línea verde a la salida indica que con las señales simuladas todas las condiciones se cumplen.



Monitoreo de las secuencias de operación

Las secuencias programadas a través de la herramienta SFC brindan la posibilidad de monitorear su ejecución dentro de la estación de operación, con la finalidad de detectar posibles problemas y sus soluciones.

Para ello se cuenta con una herramienta de “SFC Visualization” que es la encargada de manejar la interfaz gráfica en la estación de operación, permitiendo la interacción con el controlador y ver o modificar el comportamiento del proceso.

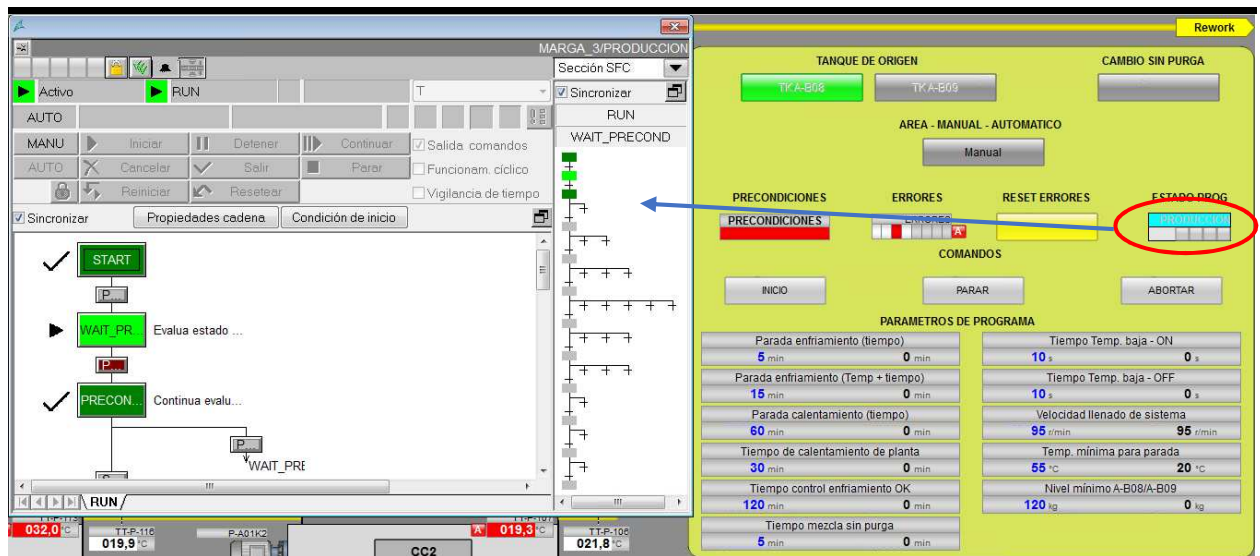


Figura 74 – Vista de las secuencias de operación

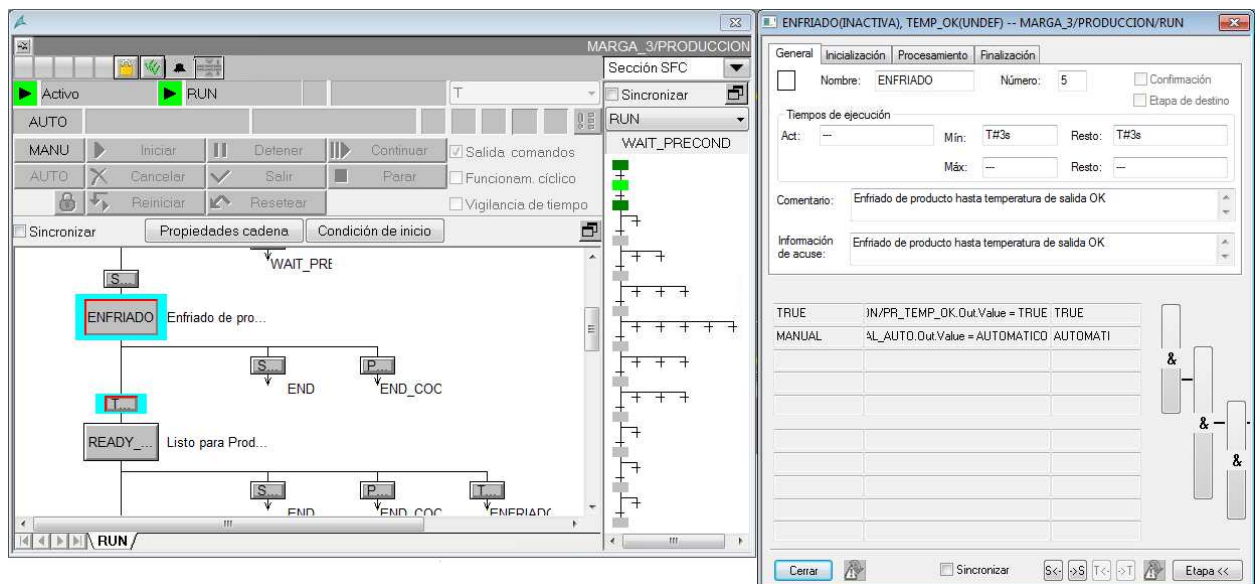


Figura 75 – Vista de las secuencias de operación

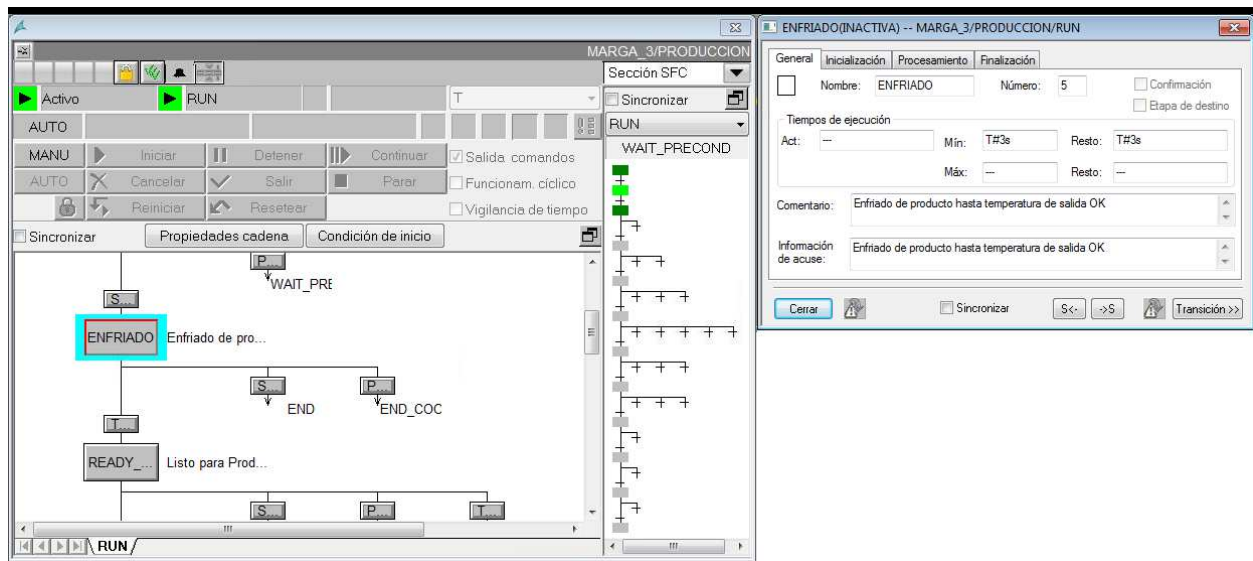


Figura 76 – Vista de las secuencias de operación

Sistema de avisos

El sistema de avisos integrado en el sistema de operador registra estos avisos del proceso y los eventos locales, los almacena en los archivos de avisos y los visualiza a través del AlarmControl libremente configurable (vista/ventana de avisos).

Para esto se ponen diversas listas normalizadas a la disposición, con función integrada de hojas que el operador puede seleccionar en la barra de herramientas:

- Lista nueva: avisos actuales y pendientes sin confirmar
- Lista antigua: avisos actuales y pendientes confirmados
- Lista de avisos salientes: avisos no confirmados, pero ya desaparecidos
- Lista de operaciones: avisos de intervenciones del operador actuales y archivados
- Lista de instrumentación y control: avisos de I&C actuales y archivados
- Lista cronológica: todos los avisos actuales pendientes y archivados en orden cronológico
- Lista de los avisos ocultados manual o automáticamente
- Lista de los avisos a ocultar al producirse

En estas listas, el AlarmControl muestra:

- cada aviso en una línea al efecto
- el estado de aviso y el esquema de colores según la clase de aviso configurada (por ejemplo: fallo con acuse de recibo obligatorio) y el tipo de aviso (por ejemplo: alarma o advertencia)
- los bloques de avisos seleccionados cada uno en una columna:
 - bloques de sistema: datos del sistema como fecha y hora, prioridad, CPU/estación implicada, nombre de usuario, Loop in Alarm, estado de



- aviso (entrante/saliente), estado de acuse de recibo (con/sin acuse de recibo, duración desde la entrada hasta la salida/confirmación)
- bloques de valores de proceso: valor del proceso actual hasta el momento del aviso, por ejemplo temperatura
- bloques de textos de usuario: texto con 255 caracteres, por ejemplo para un texto de aviso con el lugar y la causa del fallo
- estado y texto informativo representado por medio de un símbolo

Además de la visualización pueden documentarse en orden cronológico todos los avisos registrados sobre el tiempo de ejecución, con las respectivas variaciones de estado, en forma de un informe secuencial de avisos.






Las posibilidades de ajuste para la salida acústica y las prioridades definibles por variables de señales soportan además la señalización acústica a través de una tarjeta de sonido, o bien por mando de transmisores de señales externos por un módulo de señales.

Filtrando, seleccionando y/o clasificando la visualización por contenidos de bloques de avisos –por ejemplo, en orden cronológico por prioridad de aviso o lugar de fallo–, el operador puede adaptar el AlarmControl de forma personalizada durante el modo runtime y guardar esta configuración de forma global o como configuración personalizada. A la vez tiene la posibilidad de integrar online las bases de datos de archivo transferidas.








El área de botones que permiten acceder a las diferentes vistas del sistema de mensajes se muestra debajo



Figura 77 – Área sistema de avisos al operador

Icono	Descripción / funcionalidad
 Volver a la imagen anterior	Sale del sistema de mensajes y muestra nuevamente la última imagen de proceso seleccionada en el área de trabajo.
 Lista de Alarmas Entrantes	Muestra en el área de trabajo la lista de alarmas entrantes. La lista de alarmas entrantes muestra todos los mensajes que aún no han sido reconocidos por el operador.
 Alarmas Reconocidas	Mostrar la lista de alarmas reconocidas. La lista de alarmas reconocidas muestra todas las alarmas que fueron reconocidas y aún siguen activas.
 Alarmas de Salida	Muestra todas las alarmas de salida. La lista de alarmas de salida muestra aquellas alarmas que ya no están más activas, pero que todavía no han sido reconocidas.
 Alarmas del sistema de Control	Muestra las alarmas del sistema de control en el área de trabajo. La lista de alarmas de control muestra todos los mensajes de alarma de los dispositivos de control (PLC, Remotos y Sistema de Operación).




 Lista de operaciones	Muestra la lista de operaciones en el área de trabajo. La lista de operaciones muestra todos los mensajes de funcionamiento, por ejemplo, los comandos del operador.
 Históricos	Muestra el histórico de mensajes en el área de trabajo. La lista de históricos muestra todos los mensajes anteriores, archivados en el sistema.
 Lista ocultos	Muestra la lista de mensajes ocultos en la zona de trabajo. La lista muestra todos los activos "de forma manual y automáticamente los mensajes ocultos".
 Lista de los mensajes que se oculta	Muestra la lista de mensajes que se oculta en el rango de trabajo. La lista muestra todos los mensajes que se oculta al mismo tiempo en espera.
 Imprimir informes de la secuencia de mensajes	Imprime los eventos de aviso en un informe secuencia de mensajes en orden cronológico en una impresora conectada. Si utiliza una impresora de líneas, un mensaje entrante se envía a la impresora de inmediato. Si utiliza una impresora de páginas, la página sólo se imprimirá una vez que el número de mensajes necesarios ha sido recibido. La impresión puede ser activado con un botón cuando la página aún no está completa.
 Silenciar	En el caso en que las alarmas tienen indicación sonora, este botón permite silenciar el aviso. Sin embargo, la alarma que provocó la bocina no es reconocida con esta función.
 Reconocer Mensajes de Alarma	Reconoce todos los mensajes visibles en la lista de mensajes.

A continuación, se muestran dos vistas diferentes del sistema de avisos, en la primera de ellas se pueden observar la lista de operaciones, la cual contiene todas las acciones realizadas por el operador de turno.



Categoría	Tipo	Priori	Origen	Evento	Cantidad	Duración media	Duración total	Área	Fecha	Nombre de lote
1	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-318/SWITCH	SWITCH Alarma alta	1468	1:01,716	1 01:12:02,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
2	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/LT-A-B10/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. advertencia violado	657	12,168	2:13:02,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
3	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/TTA-111/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. advertencia violado	515	1,371	16:53,000	FASE EMULSIONANTE	05/06/17
4	Alarma	Alarm high	3	MARGA_3/TTA-111/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. alarma violada	157	4,795	12:28,000	FASE EMULSIONANTE	05/06/17
5	Aviso de e	Aviso de ope	0	MARGA_3/P-W018/MOTOR	OPERADOR: Acuse Avisos de control de procesos AS	155	0,000	0,000	KOMBINATOR	05/06/17
6	Aviso de e	Estado AS	0	MARGA_3/FASE_TK_BALANZA/TK_BALANZAS	En curso	28	0,000	0,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
7	Aviso de e	Estado AS	0	MARGA_3/UNIT_TK_BALANZA/FASE_TK_BALANZA	Unidad de proceso ocupada	27	0,000	0,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
8	Aviso de e	Estado AS	0	MARGA_3/UNIT_TK_BALANZA/FASE_TK_BALANZA	Unidad de proceso liberada	24	0,000	0,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
9	Aviso de e	Estado AS	0	MARGA_3/FASE_TK_BALANZA/TK_BALANZAS	Finalizado	23	0,000	0,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
10	Alarma	Alarm high	0	MARGA_3/ERRORES_FA/ERRORES	ERRORES Cambio de señal efectuado señal 2	22	2:38,857	55:36,000	FASE AGUA MARGA3	02/05/17
11	Avisos de	Averia	5	MARGA_3/A-P205/VALVE	VALVE Error retrovisivo	22	4:00,045	1:28:01,000	FASE AGUA MARGA3	02/05/17
12	Alarma	Alarm low	2	MARGA_3/A-210/SWITCH	SWITCH Alarma alta	13	21:55,272	6:34:36,000	FASE AGUA MARGA3	02/05/17
13	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/LT-Z-B04/LECTURA	LECTURA PV - Limite inf. advertencia	16	10:04,435	2:41:11,000	FUSOR MANTECA	17/05/17
14	Avisos de	Averia	3	MARGA_3/P-T-R-020/LECTURA	LECTURA Ha aparecido un error externo	15	6:17,071	1:27:59,000	TANQUES BLEND	17/05/17
15	Alarma	Alarm low	0	MARGA_3/WIT_A304/7	PV - Limite inf. alarma violado	14	6:06,167	1:13:14,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
16	Alarma	Alarm low	0	MARGA_3/WIT_A311/6	PV - Limite inf. alarma violado	14	7:14,000	1:34:02,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
17	Aviso de e	Aviso de ope	0	MARGA_3/LT-Z-B04/LECTURA	Acuse Advertencia Advertencia superior a	13	0,000	0,000	FUSOR MANTECA	05/06/17
18	Advertenc	Advertencia	0	MARGA_3/WIT_A311/6	PV - Limite inf. advertencia	13	10:47,538	2:20:18,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
19	Advertenc	Advertencia	0	MARGA_3/WIT_A304/7	PV - Limite inf. advertencia	12	9:19,333	1:51:52,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
20	Alarma	Alarm low	2	MARGA_3/A-307/SWITCH	SWITCH Alarma alta	12	9:08,000	1:29:16,000	TANQUES BALANZA	03/05/17
21	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/TTC-A200/PID	PID PV - Limite sup. advertencia violado	11	2:07,93323	1:03:33:09,000	FASE AGUA MARGA3	03/05/17
22	Alarma	Alarm high	3	MARGA_3/TTC-A200/PID	PID PV - Limite sup. alarma violada	10	2:16:48,917	1:03:21:47,000	FASE AGUA MARGA3	03/05/17
23	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/PTP-122/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. advertencia violado	10	4,500	45,000	KOMBINATOR	05/06/17
24	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/LT-Z-B04/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. advertencia violado	5	1:48:55,800	9:04:39,000	FUSOR MANTECA	02/05/17
25	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-210/SWITCH	SWITCH Alarma alta	5	4:33:20,000	13:19:20,000	FASE AGUA MARGA3	03/05/17
26	Alarma	Alarm high	3	MARGA_3/LT-Z-B04/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. alarma violada	4	1:43:37,290	6:54:29,000	FUSOR MANTECA	03/05/17
27	Advertenc	Advertencia	2	MARGA_3/P-A01K/MOTOR	AV - Limite sup. advertencia violado	4	7,500	30,000	KOMBINATOR	03/05/17
28	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-209/SWITCH	SWITCH Alarma alta	4	22:18,000	1:29:12,000	FASE AGUA MARGA3	03/05/17
29	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-108/SWITCH	SWITCH Alarma alta	4	23:34,000	1:34:16,000	FASE EMULSIONANTE	03/05/17
30	Alarma	Alarm high	0	MARGA_3/COMPRESOR/COMP_STATUS	COMPRESOR Compresor en falla	4	1:19,750	6:18,000	KOMBINATOR	05/06/17
31	Alarma	Alarm high	3	MARGA_3/PTP-103/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. alarma violada	3	5:18:12,500	10:36:25,000	KOMBINATOR	30/04/17
32	Advertenc	Advertencia	3	MARGA_3/PTP-103/LECTURA	LECTURA PV - Limite sup. advertencia violado	3	3:45:51,333	11:17:34,000	KOMBINATOR	30/04/17
33	Alarma	Alarm high	0	MARGA_3/ERRORES_PROD/ERRORES	ERRORES Cambio de señal efectuado señal 2	3	36,000	1:12,000	KOMBINATOR	02/05/17
34	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-210/SWITCH	SWITCH Alarma alta	3	29:15,000	1:27:45,000	KOMBINATOR	05/06/17
35	Aviso de e	Estado AS	0	MARGA_3/FASE_TK_BALANZA/TK_BALANZAS	Detenido	3	0,000	0,000	TANQUES BALANZA	05/06/17
36	Alarma	Alarm low	3	MARGA_3/PTP-110/LECTURA	LECTURA PV - Limite inf. alarma violado	3	19:40,333	59:01,000	KOMBINATOR	02/05/17
37	Alarma	Alarm high	8	MARGA_3/ERRORES_FE/ERROR_FE_1	ERRORES Cambio de señal efectuado señal 8	3	11:47:52,333	1 11:23:37,000	FASE EMULSIONANTE	03/05/17
38	Alarma	Alarm low	4	MARGA_3/A-210/SWITCH	SWITCH Alarma alta	3	3:04:24,667	9:13:14,000	FUSOR MANTECA	02/05/17

Figura 80 – Vista de aciertos de lista histórica

En todas las vistas tenemos la posibilidad de implementar filtros a través del botón , los cuales nos permiten acotar la búsqueda ya sea por fecha, tipo de alarma, punto de medición, etc.

Nombre: FECHA

Comentario:

Criterio	Operando	Ajuste
Fecha/Hora	mayor/igual a	15/03/2017 22:00:00,000
Fecha/Hora	menor que	16/03/2017 10:00:00,000

Lista de criterios: AR, Bal, Bal, FE, GT, Hid, LOC, M3, Nombre, Operacion, Libre 1-5, Patente, Transporte, Chofer, Cliente, Código de Producto, Nombre de Producto, Numero de Remito, Peso Bruto, Peso Neto, Peso Tara.


Botones: Eliminar, Arriba, Abajo, Aceptar, Cancelar, Aplicar.

Figura 81 – Filtros para búsqueda de mensajes




Funcionalidad “Loop in alarm”

A través de esta funcionalidad se le brinda al operador la posibilidad de reaccionar en forma rápida ante una alarma del sistema, posicionándolo inmediatamente en el lugar que origina esta alarma.

En la parte superior de la pantalla tenemos un sector en donde se observa una línea de alarma, la cual va a estar ocupada por el último aviso en aparecer o el que tenga mayor prioridad entre los presentes. Al aparecer este aviso con el botón , el operador tiene la posibilidad de dirigirse automáticamente al punto que origina esta alarma, independientemente del área activa en la pantalla de proceso.

Sistema de tendencias



A través del icono  ubicado en la barra de herramientas se puede acceder a la ventana de configuración de tendencias, la cual permite al operador el monitoreo o vinculación de las distintas variables de planta ya sea en tiempo real o histórico.

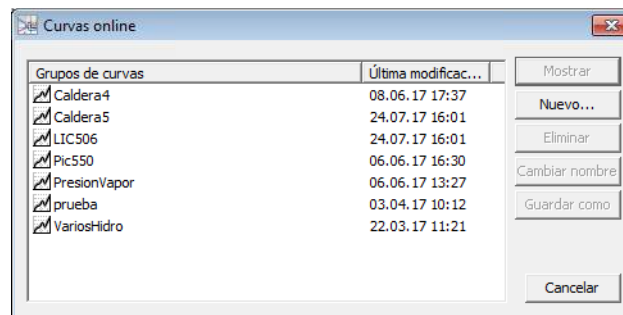


Figura 82 – Cuadro de dialogo creación de tendencias

En la ventana de curvas, uno o varios ejes de tiempo están en correlación con uno o varios ejes de valores, cuyo rango de valores puede ser invariable o dinámico. El escalado de los ejes de valores es lineal, logarítmico, porcentual o libremente configurable.

Una curva muestra un valor determinado del proceso en cada momento. El número de las curvas visualizables en una ventana de curvas es discrecional. Los estilos y colores pueden configurarse de forma individual, incluso con cambio de color en función de un límite determinado. La facilidad de lectura y orientación pueden mejorarse con ayuda de las líneas de cuadrícula y las reglas.

Varias curvas pueden resumirse en un grupo de curvas con eje común de tiempo y valores. Pero también es posible configurar varias ventanas de curvas. Estas pueden interconectarse en caso necesario para comparar valores de proceso, por ejemplo.

Las ventanas de curvas conectadas tienen en común el eje de tiempo, el zoom, la barra de desplazamiento y la regla.



En modo runtime, el operador dispone además de las siguientes posibilidades de adaptación:

- Ampliar recorte de la ventana de curvas
- Desplazar recorte a lo largo de los ejes de tiempo y valor
- Desplazar ejes de tiempo y valor de alguna curva, ocultar/mostrar
- Ocultar o mostrar curva y pasarla a primer plano
- Modificar el intervalo mostrado



Figura 83 – Vista de pantalla de tendencias



Comparación entre las pantallas del sistema antiguo y el nuevo sistema

A las ventajas ya mencionadas en cuanto al tamaño de pantalla, se puede observar también la diferencia en la interfaz gráfica de los dos sistemas.

En el nuevo sistema una de las características destacadas es que en cada uno de los sectores en los cuales se compone la planta, los cuales se observan en el área superior, se cuenta con resumen del estado de cada pantalla pudiendo determinar en qué sector existen nuevas alarmas sin atender

	Se muestra un resumen de las alarmas presentes en cada pantalla de proceso. A= Alarma de proceso (blanco sobre rojo) W = Advertencia de proceso (negro sobre amarillo) S = Error de sistema o control (amarillo sobre fondo negro) O = Pedido de intervención del operador (blanco sobre morado) X = Uno o más mensajes bloqueados
Indicación de grupo para el sector de planta	

Estas indicaciones estarán parpadeando si existe alguna condición que no ha sido atendida, fija si aún persiste el problema pero ya ha sido atendido o sin indicación si no existe alguna anomalía.

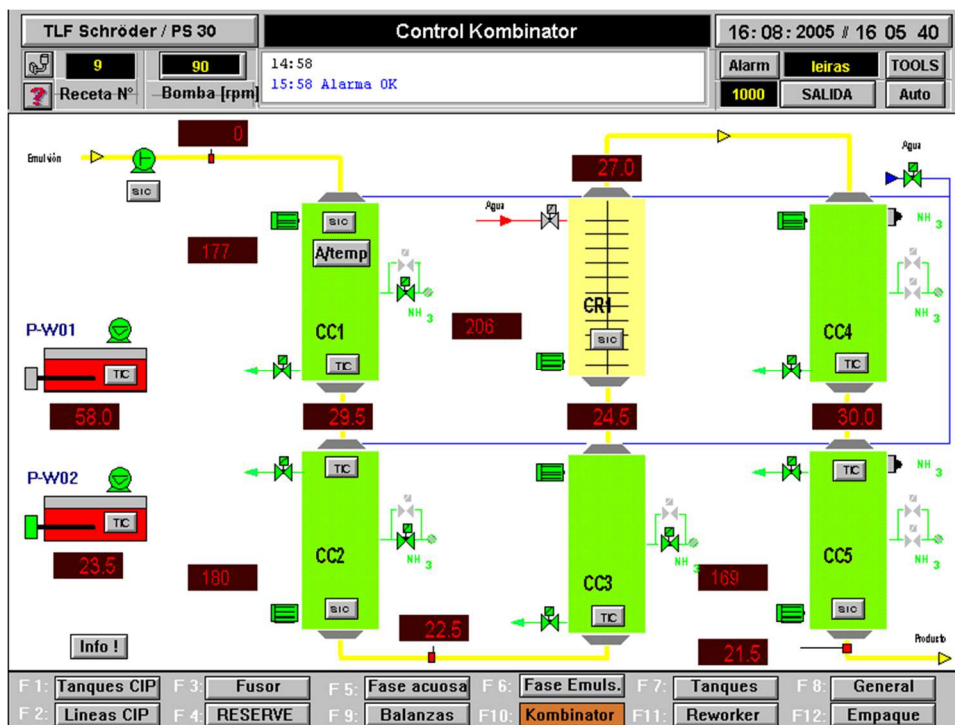


Figura 84 - Ejemplo pantalla sistema antiguo

En las pantallas del sistema antiguo por ejemplo para acceder al control de un lazo PID eran necesarios cuatro pasos, mientras que el nuevo sistema se redujo a uno solo.



Anteriormente no se tenía un resumen del estado de un controlador desde la pantalla de operación, por ejemplo si existía algún límite excedido o si el mismo se encontraba en automático o manual. Actualmente se puede obtener todo el resumen del estado sin necesidad de abrir otra pantalla que dificulte seguir teniendo la visual de la planta.

El bloque de un controlador está compuesto por los siguientes



En el display del bloque se presenta información de los siguientes eventos:

- Alarmas
- Advertencias
- Tolerancias
- Fallas
- Pedido de intervención del operador

La siguiente tabla muestra los íconos correspondientes a los eventos y su significado:

Icono	Significado
	No salen mensajes de alarma porque fueron suprimidos.
	Ha ocurrido una falla
	Presencia de Alarma
	Hay Alarma de Límite Superior (Alarma de Muy Alto)
	Hay Alarma de Límite Inferior (Alarma de Muy Bajo)
	Presencia de Advertencia
	Hay Advertencia de Límite Superior (Advertencia de Alto)
	Hay Advertencia de Límite Inferior (Advertencia de Bajo)
	Se sobrepasó una Tolerancia
	Se sobrepasó el Límite Superior de Tolerancia
	Se sobrepasó el Límite Inferior de Tolerancia

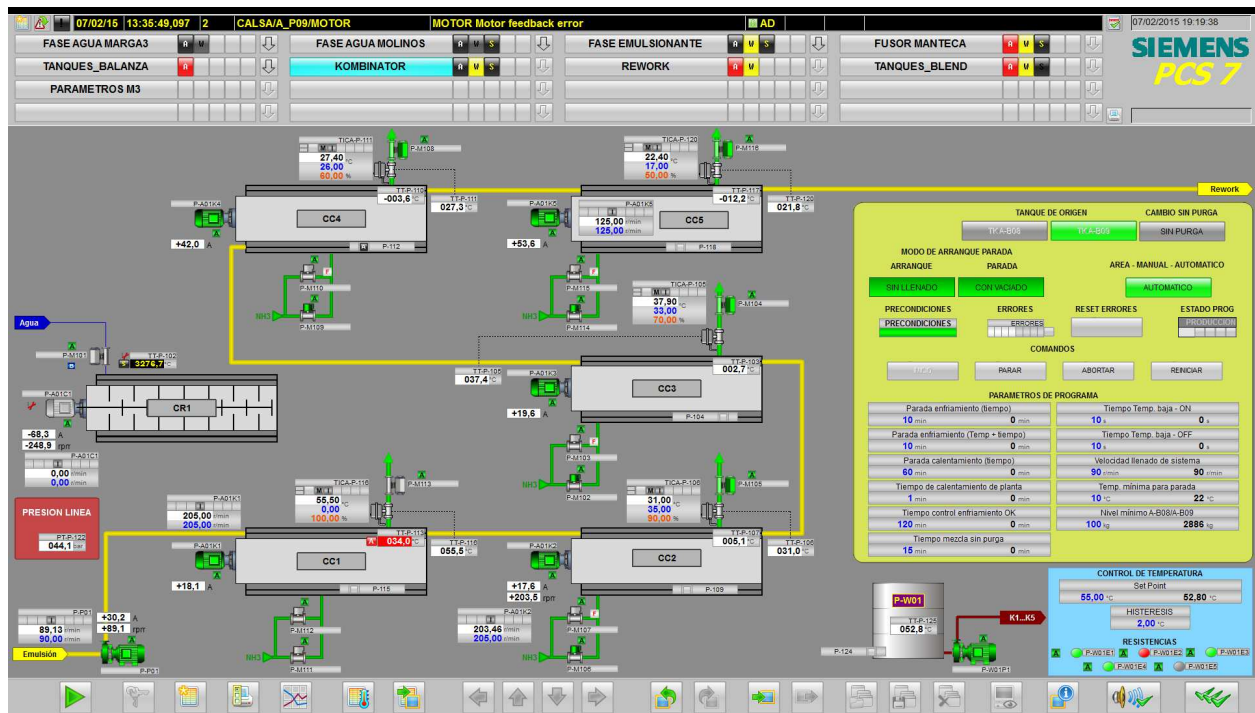


Figura 85 - Ejemplo pantalla sistema nuevo

Modo de operación



Este display muestra información acerca del modo de operación activo. La siguiente tabla muestra los íconos correspondientes a los diferentes modos de operación y su significado:

Icono	Significado
	Modo Automático. En este modo el control es realizado automáticamente por el programa.
	Modo Manual. En este modo es posible controlar el dispositivo manualmente y modificar las variables manipuladas (señales de salida).
	Modo Fuera de Servicio. Este modo está pensado para mantenimiento o servicio del dispositivo. Todas las funciones del dispositivo quedan inhabilitadas y los mensajes de alarmas no se generan. La única acción que puede realizarse es un cambio del modo de operación. En el modo Fuera de Servicio no se muestran otros íconos en la Barra de Estado ni tampoco valores analógicos.
	Modo Programa.



Control del setpoint



El display muestra información acerca del modo de Control del Setpoint que se encuentra activo. La siguiente tabla muestra los íconos y su significado:

Icono	Significado
	Control de Setpoint Interno. En este modo el valor del Setpoint lo escribe el operador desde la ventana de control del dispositivo.
	Control de Setpoint Externo. En este modo el valor del Setpoint lo escribe el PLC.


Indicación del estado de las señales



En el display se muestra información acerca del estado y la calidad de las señales relacionadas con el dispositivo. La siguiente tabla muestra los íconos y su significado.

Icono	Significado
	Simulación. Este ícono indica que alguna de las señales está simulada, y no responde al valor real de la señal.
	Dispositivo Mal. Este ícono indica un defecto en el dispositivo y que los valores mostrados no son válidos. Puede deberse por ejemplo a un cable cortado de un transmisor.
	Proceso Mal. Este ícono indica que el dispositivo está mostrando valores erróneos debido a una falla de proceso. Una falla de proceso ocurre, por ejemplo, cuando un caudalímetro funciona correctamente pero no hay circulación de fluido en la cañería.
	Dispositivo Incierto.
	Proceso Incierto.





	Mantenimiento Requerido.
Nada	El estado de las señales es correcto.

Forzado y Bypass



En el display se muestra información acerca del estado y la calidad de las señales relacionadas con el dispositivo. La siguiente tabla muestra los íconos y su significado.

Icono	Significado
	Al menos un valor forzado. Este ícono indica que se está forzando el estado operativo del dispositivo, independientemente del modo de operación y de la condición lógica. Puede forzarse, por ejemplo, el arranque o paro de un motor, la apertura o cierre de una válvula, etc.
	Bypass activo. Este ícono indica alguna de estas condiciones: <ol style="list-style-type: none">1. Hay una Seguridad o Enclavamiento con bypass (puenteado).2. Alguna señal de Seguridad o Enclavamiento está simulada.



Conclusiones

Desde el punto de vista de planificación, se logró en conformidad con el cliente respetar los tiempos de ejecución planificados sin tiempos muertos, permitiendo no afectar los compromisos de entrega de productos pactados con sus propios clientes.

En la fase técnica se logró generar una arquitectura que combinó las redes existentes de vieja tecnología con las nuevas. Este sistema generó una expansión a nivel equipamientos dando lugar a un crecimiento a nivel sistema de control o de administración de datos.

Todos los módulos de software utilizados cumplieron plenamente las funciones y los requerimientos que se habían relevado en las etapas previas de diseño.

Se logró un control más eficiente de la planta, dado esto por una conjunción de factores, que permitieron incrementar la productividad de la línea de fabricación.

Referido a los aspectos de mantenimiento de la instalación, se logró dotarla con tecnologías modernas, lo cual facilita las tareas de mantenimiento de la planta, ya que los problemas se logran identificar mejor y además se cuenta con un stock de repuestos ya que se unificaron los modelos de equipamiento a utilizar, con lo cual el mismo repuesto sirve para usar como reemplazo en otros sectores de la planta.

Hoy en día el personal encargado de la producción cuenta con un sistema que le brinda una gran variedad de datos, los cuales les permiten tomar decisiones inmediatamente y también les permite verificar los valores históricos de variables con el fin de detectar patrones de producción y esto sumado a la posibilidad de reportar los batchs de producción, completa la paleta de datos a recabar por el sistema de control y presentarlos a los usuarios de manera entendible para su posterior análisis.



Bibliografía

SIEMENS AG. Compendium Part A - Configuration Guidelines Operating Manual, 08/2012, A5E02779220-01

SIEMENS AG. Compendium Part B - Process Safety Operating Manual, 08/2012, A5E02779222-01

SIEMENS AG. Compendium Part C - Technical Functions with SFC Types Operating Manual, 08/2012, A5E02779224-01

SIEMENS AG. Compendium Part D - Operation and Maintenance Operating Manual, 08/2012, A5E02780478-01

SIEMENS AG. Compendium Part E – Hardware Installation Operating Manual, A5E03987145-01

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/38855207/how-are-the-licenses-for-the-as-and-os-counted-in-pcs-7-v7-0-onwards-?dti=0&lc=en-WW> última consulta 14/04/2017



Acrónimos

COTS: commercial off-the-shelf.

DCS: distributed control system (sistema de control distribuido).

ERP: Enterprise resource planning (sistema de planificación de recursos empresariales).

HMI: Human-machine interface (interfaz hombre-máquina)

MES: manufacturing execution system (sistema de ejecución de manufactura)

PLC: Programmable logic controller (controlador lógico programmable)

TCO: Total cost of ownership (Costo total de la propiedad).

PID: proporcional, integral y derivativo (lazo de control).

LLDP: Link Layer Discovery Protocol.

DCP: Discovery and basic configuration Protocol.

SNMP: Single Network Management Protocol.



Glosario

COTS: software y servicios que son desarrollados y comercializados por un tercero. COTS se pueden adquirir, arrendar o licenciar al público en general.

DCS: arquitectura de control generalmente usada por las industrias de proceso, que se caracteriza por el tamaño, integración e interrelación entre sus partes componentes.

ERP: sistemas de gestión de información que automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

HMI: sistema que permite a una persona interactuar con el proceso que está controlando, a fin de modificar sus parámetros y mantenerlo bajo especificaciones.

MES: sistema de control para manejar y monitorear los procesos y control de producción. Vinculan el área administrativa con el piso de planta.

PLC: dispositivo electrónico programable, con un controlador que permite ejecutar funciones para automatizar procesos industriales.

TCO: método de cálculo diseñado para ayudar a los usuarios y a los gestores empresariales a determinar los costes directos e indirectos, así como los beneficios, relacionados con la compra de equipos o programas informáticos.

SCL: Structured Control Lenguaje. Lenguaje de programación definido por IEC61131-3 como lenguaje de texto estructurado. Es un lenguaje de alto nivel orientado a PASCAL para programar controladores SIMATIC S7.

PID: siglas de proporcional, integral y derivativo. Refiere a los términos usados en un algoritmo de control que tiene como finalidad el ajuste automático de un sistema realimentado, minimizando el error entre un valor deseado y un valor real.

LLDP: Protocolo de descubrimiento de vecindario. Sirve para intercambiar información con dispositivos adyacentes

DGP: este protocolo es de uso exclusivo en redes Profinet, basado en el protocolo DHCP, permite asignar a los dispositivos de la red una dirección IP y nombre de cada estación.



Anexos

Anexo Alfa: Arquitectura de red

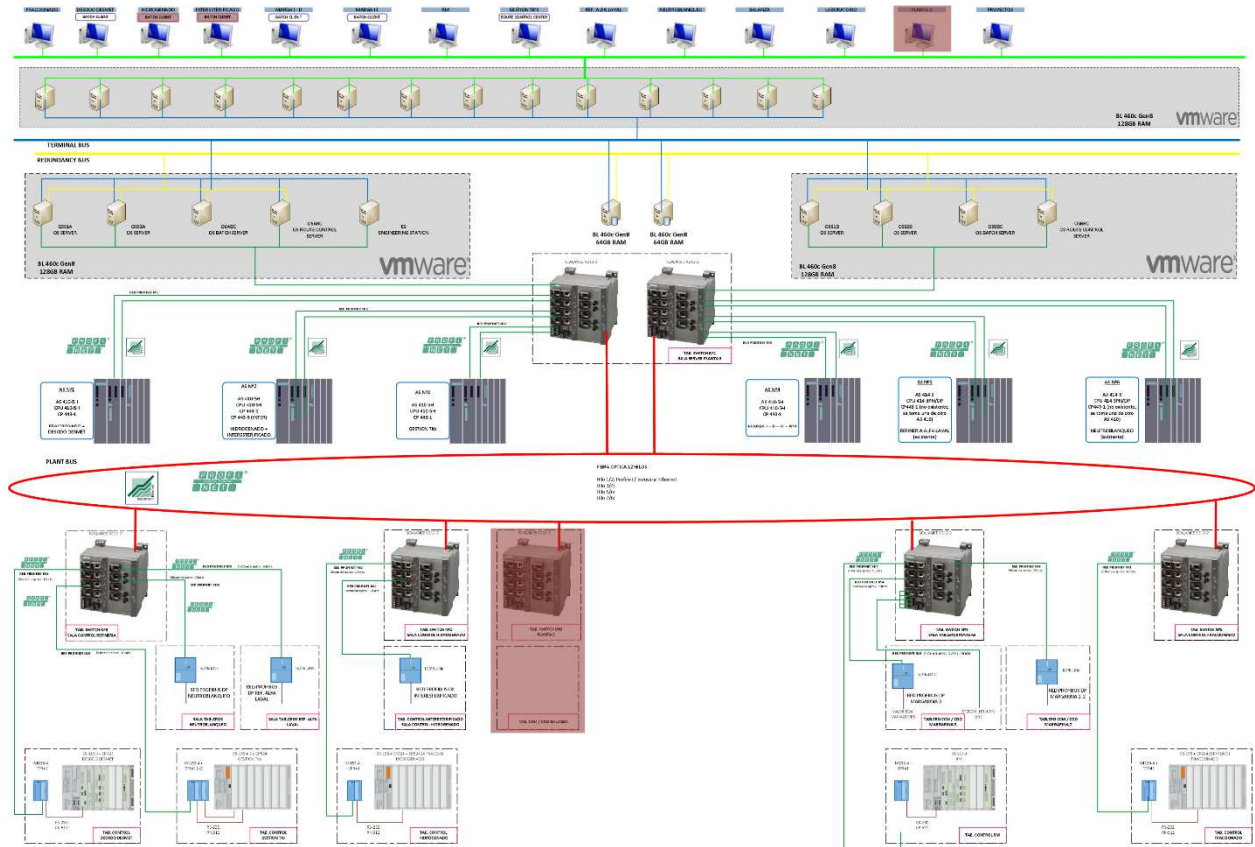


Figura 86 – Arquitectura de red del sistema



Anexo Bravo: Función para conversión de presión a temperatura de acuerdo con la ecuación de Antoine

Esta función fue escrita en lenguaje SCL

```
FUNCTION "PTtoTE" : BOOL
TITLE= 'Conversión form pressure to temperature according Antoine equation'

AUTHOR:      HCB
NAME:        PTtoTE
VERSION:     '0.1'
FAMILY:     AUTEX

KNOW_HOW_PROTECT

VAR_INPUT
PT  {S7_dynamic:=true';
    S7_link := 'true'}
: STRUCT
    Value: REAL := 0.0;
    ST  : BYTE := 16#80;// Manipulated Value of control loop cooling media temperature
END_STRUCT; //Pressure
COEF_A  {S7_dynamic:=true';
    S7_link := 'true'}:REAL:=0.0; //Coeficiente A según Ecuación de Antoine
COEF_B  {S7_dynamic:=true';
    S7_link := 'true'}:REAL:=0.0; //Coeficiente B según Ecuación de Antoine
COEF_C  {S7_dynamic:=true';
    S7_link := 'true'}:REAL:=0.0; //Coeficiente C según Ecuación de Antoine
END_VAR

VAR_OUTPUT
TE  : STRUCT
    Value: REAL := 0.0;
    ST  : BYTE := 16#80;// Manipulated Value of control loop cooling media temperature
END_STRUCT; //Temperature
END_VAR

TE.Value := ((COEF_B/(COEF_A-LOG (PT.Value)))-COEF_C)- 273.15;

TE.ST := PT.ST;

PTtoTE := true;
END_FUNCTION
```



Anexo Charly: Especificaciones técnicas unidad central de procesamiento (6ES7654-5CQ00-0XF0)

Catálogo: SIEMENS ST PCS 7 – Junio 2013 – Componentes del sistema

© Siemens AG 2013

Controladores Controladores modulares AS 410

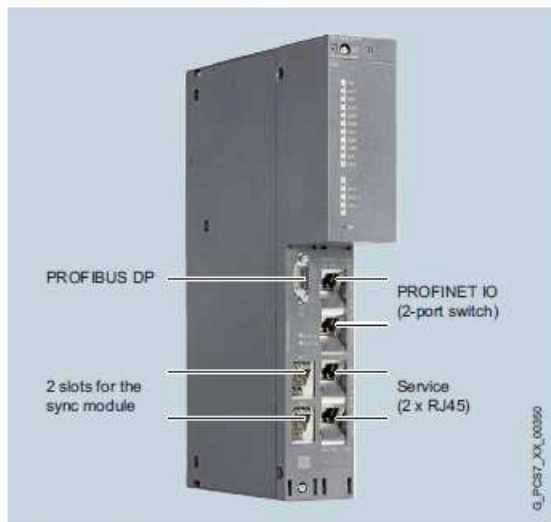
Diseño (continuación)

Una característica especial de los sistemas modulares S7-400 es la disponibilidad de escalonamiento flexible de los distintos componentes.

En una SIMATIC PCS 7 AS Single Station del tipo AS 410 tiene la posibilidad de aumentar puntualmente la disponibilidad recurriendo a configuración redundante de la alimentación o del módulo de comunicación Industrial Ethernet y de combinar entre sí estas medidas.

La AS Redundancy Station del tipo AS 410 ofrece una disponibilidad aún mayor con sus CPU redundantes. Opera por el principio de "1 de 2", lo que significa que en caso de fallo se cambia del subsistema activo al de reserva. Sobre esta base, usted podrá duplicar la alimentación o el módulo de comunicación Industrial Ethernet para cada subsistema y combinar entre sí estas medidas.

CPU 410-5H Process Automation



CPU 410-5H Process Automation

La CPU 410-5H Process Automation es el núcleo de los controladores estándar y de los controladores de alta disponibilidad y de seguridad AS 410. Con Expansion Cards para 100 PO, 500 PO, 1 000 PO, 1 600 PO y $\geq 2\ 000$ PO (PO 2k+) su potencia puede definirse de manera específica para la aplicación hasta aprox. 2 600 PO.

Como se representa en la imagen, la CPU 410-5H Process Automation está equipada con una interfaz PROFINET IO (switch de 2 puertos) hasta para 250 dispositivos de E/S y una interfaz PROFIBUS DP hasta para 96 esclavos PROFIBUS DP. Dos slots integrados permiten la sincronización de dos subsistemas redundantes mediante submódulos y cables de sincronización (FO).

La CPU 410-5H Process Automation soporta tanto la sincronización horaria S7 como la NTP.

Otras características:

- Memoria de carga integrada de 48 Mbytes y una memoria de trabajo de 16 Mbytes para programas y otra para datos
- Tiempo de ciclo hasta 10 ms/9 Process Tasks
- Número total de E/S (a PROFIBUS DP y PROFINET IO) aprox. 7 500 (16 kbytes para entradas y 16 kbytes para salidas)
- Protección adicional de la placa de circuito impreso mediante revestimiento (Conformal Coating)
- Sello de fecha y hora de alta precisión
- Pulsador de RESET encastrado
- Parámetros de hardware preajustados (PCS 7 OEM)

Para datos detallados de la CPU 410-5H Process Automation, ver "Datos técnicos".

Conexión de E/S vía PROFIBUS DP

La periferia de proceso distribuida puede integrarse en un segmento PROFIBUS DP o bien directamente o bien a través de un bus de campo subordinado n (PROFIBUS PA o FOUNDATION Fieldbus H1). Para detalles al respecto, ver el capítulo 11 "Comunicación" en las secciones "PROFIBUS DP", "PROFIBUS PA" y "FOUNDATION Fieldbus H1".

Los segmentos PROFIBUS DP con periferia de proceso distribuida pueden funcionar en una interfaz PROFIBUS DP en la CPU y en módulos de interfaz PROFIBUS DP aditivos CP 443-5 Extended. Con los configuradores para los controladores SIMATIC PCS 7 disponibles en el Industry Mall y en las siguientes secciones del catálogo "Controladores estándar", "Controladores de alta disponibilidad" y "Controladores de seguridad", usted podrá configurar hasta 4 módulos de interfaz PROFIBUS DP individuales o redundantes CP 443-5 Extended para un controlador.

Usando módulos de interfaz a PROFIBUS DP del modelo CP 443-5 Extended, pedibles por separado, es posible materializar más interfaces a PROFIBUS. De acuerdo al manual, en un controlador es posible usar hasta 10 módulos CP 443-5 Extended.

Conexión de E/S vía PROFINET IO

Los controladores estándar AS 410S se pueden interconectar de una forma fácil y efectiva con estaciones de E/S remotas, p. ej. con estaciones de E/S remotas ET 200M (ver también el capítulo "Comunicación", sección "PROFINET", página 11/50) a través de la interfaz PROFINET IO integrada en la CPU 410-5H Process Automation. No se pueden utilizar interfaces PROFINET IO puestas a disposición por medio de módulos de comunicación aditivos del tipo CP 443-1.



Controladores

Controladores modulares AS 410

Datos técnicos

CPU 410-5H Process Automation		Periferia VO	
Información general		Número de E/S totales	Aprox. 7 500 (entradas/salidas de 16 kbytes)
Version de firmware	V8.0	Número de E/S por interfaz DP	Aprox. 3 800 (entradas/salidas de 8 kbytes)
Ingeniería con	SIMATIC PCS 7 V8.0+SP1 + HUP CPU 410-5H	Número de E/S por interfaz PN	Aprox. 3 800 (entradas/salidas de 8 kbytes)
Grado de protección	IP20	Comunicación	
Version	Revestimiento conformado	Número de conexiones S7	120
Alimentación		Alarm_8P	10 000 (max. 80 000 avisos)
Tensión de alimentación	5 V DC de la fuente de alimentación del sistema	Interfaces	
Intensidad de entrada		• X1: PROFIBUS DP	1 hasta 12 Mbits/s, conector hembra Sub-D de 9 polos
• del bus de fondo, 5 V DC, máx.	1,7 A	• X8: Servicio técnico	2 x 10/100 Mbit/s, RJ45
• de la interfaz 5 V DC, máx.	90 mA	• IF1: slot del submódulo de sincronización (sistemas redundantes)	2 x RJ45 Submódulo de sincronización 1
Potencia disipada, tip.	7,5 W	• IF2: slot del submódulo de sincronización (sistemas redundantes)	Submódulo de sincronización 2
Memoria		Compatibilidad electromagnética (CEM)	
Memoria principal		Emisión de perturbaciones radioeléctricas según EN 55011	Clase límite A, para usos industriales
• para programa	16 Mbytes	Condiciones climáticas	
• para datos	16 Mbytes	Temperatura	
Memoria de carga integrada	48 Mbytes	• en funcionamiento	0 ... 60 °C
Respaldo con pila	Si, todos los datos	Humedad relativa	
Potencia de la CPU		• en funcionamiento	0 ... 95 %, sin condensación
Frecuencia de reloj	450 MHz (sistema multiprocesador)	Normas, especificaciones y homologaciones	
Tiempo de ejecución medio de los APL-Typicals	aprox. 110 µs	Marcado CE	Si
Objetos de proceso PCS 7, ajustables por System Expansion Card	hasta aprox. 2 600	cULus	Si
Process Tasks		Homologación CSA	Si
Alarmas cíclicas (ajustables de 10 ms hasta 5 s)	9	Homologación FM	Si
		Homologación ATEX	Si
		Dimensiones y pesos	
		Dimensiones (An x Al x P en mm)	50 x 290 x 219
		Peso	aprox. 1,1 kg




Anexo Delta: Especificaciones técnicas módulo de pesaje (7MH4950-1AA01)

Catálogo: SIEMENS WT 10 – 2016 – Products for weighing technology

Weighing Electronics
SIWAREX - PLC-based weighing electronics

SIWAREX U

Overview



SIWAREX U is a versatile weighing module for all simple weighing and force measuring tasks. The compact module can be integrated into SIMATIC automation systems without any problems. Complete data access is possible via the SIMATIC.

Design

The SIWAREX U is a compact function module (FM) of the SIMATIC S7-300 and can be snapped directly onto the SIMATIC S7-300 or ET 200M backplane bus. Assembly and wiring are also greatly simplified by using rails with snap-on technology.

The load cells, the power supply and the serial interfaces are connected through the 20-pin standard front plug.

Operation of the SIWAREX U in SIMATIC means that complete integration of the weighing technology into the automation system is provided.

Benefits

SIWAREX U offers the following key advantages:

- Uniform design technology and consistent communication in SIMATIC
- Use in distributed plant concept through connection to PROFIBUS DP/PROFINET using ET 200M
- Measurement of weight or force with a high resolution of 65 000 parts and an accuracy of 0.05 %
- Space saving through use of two-channel version for two scales
- Direct connection of a remote display to the TTY interface
- Simple adjustment of scale using the SIWATOOL U program
- Supports theoretical adjustment without adjustment weights
- Supports replacement of module without renewed adjustment of scale
- Can be used in Ex applications

Function

SIWAREX U is available with either one or two measuring channels. One measuring channel is required for each set of scales.

The primary task of SIWAREX U is the measurement of sensor voltage and the conversion of this measurement into a weight value. The signal can also be digitally filtered if required.

As well as determining weights, the SIWAREX U monitors two freely programmable limits (min./max. as required).

The SIWAREX U comes factory-calibrated. This means that theoretical adjustment of the scale is possible without adjustment weights, and that modules can be replaced without the need to readjust the scale. When using "active bus modules", replacement is also possible during operation.

Consistent and uniform communication between all system components enables fast, reliable and cost-effective integration and diagnosis in industrial processes.

The SIWAREX U has two serial interfaces. The TTY interface serves to connect up to four digital remote displays. In addition to the two weight values of weighing channels 1 and 2, another two values can be set via SIMATIC and indicated on the remote displays.

A PC for adjusting the scale can be connected through the RS 232 interface.

SIWAREX U can not only be integrated in the plant software using the classic PLC programming languages; STL (Statement List), LD (Ladder Diagram) SFC (Sequential Function Chart) or SCL (Structured Control Language), it can also be integrated by means of graphical configuration with CFCs (Continuous Function Chart), where faceplates are provided in PCS 7 for visualization of the scales.

In contrast to serially linked weighing electronics, SIWAREX U does not need costly additional modules to link it to SIMATIC.

Integration in SIMATIC produces freely-programmable, modular weighing systems which can be modified according to operational requirements.

Using the SIWATOOL U software, the SIWAREX weighing modules can be set up with the convenience of Windows independently of the automation system. Input masks allow all parameters for the weighing modules to be specified, saved and printed for plant documentation.

The diverse diagnostic options provided by SIWATOOL U ensure fast fault locating in online mode.

The SIWAREX U weighing module can be used for potentially explosive areas (zone 2). The load cells can be provided with an intrinsically-safe power supply through an optional Ex-interface.



Weighing Electronics SIWAREX - PLC-based weighing electronics

SIWAREX U

Technical specifications

SIWAREX U	
Integration in automation systems	
• S7-300	Direct integration
• S7-1500	Through ET 200M
• S7-400 (H)	Through ET 200M
• PCS 7 (H)	Through ET 200M
• Automation systems from other vendors	Through ET 200M
• Stand-alone (without SIMATIC CPU)	Possible with IM 153-1
Communication interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • SIMATIC S7 (P bus) • RS 232 • TTY
Connection of remote displays (through TTY serial interface)	Gross, channel 1, 2 or default value 1, 2
Adjustment of scales settings	Through SIMATIC (P bus) or PC using SIWATOOL U (RS 232)
Measuring properties	
Error limit to DIN 1319-1 of full-scale value at 20 °C ± 10 K	0.05 %
Internal resolution ADC	65535
Data format of weight values	2 byte (fixed-point)
Number of measurements/second	50
Digital filter	0.05 ... 5 Hz (in 7 steps), mean value filter
Weighing functions	
Weight values	Gross
Limit values	2 (min./max.)
Zero setting function	Per command
Load cells	Strain gages in 4-wire or 6-wire system
Load cell powering	
Supply voltage U_s (rated value)	6 V DC ¹⁾
Max. supply current	≤ 150 mA per channel
Permissible load impedance	
• R_{Lmin}	> 40 Ω per channel
• R_{Lmax}	< 4010 Ω
With Ex(i) interface:	
• R_{Lmin}	> 87 Ω per channel
• R_{Lmax}	< 4010 Ω
Permissible load cell characteristic	Up to 4 mV/V
Max. distance of load cells	500 m ²⁾ 150/500 m for gas group IIC 500 m ²⁾ for gas group IIB (see SIWAREX IS Manual)

SIWAREX U	
Intrinsically-safe load cell powering	Optional (Ex-interface) with SIWAREX IS
Auxiliary power supply	
Rated voltage	24 V DC
Max. current consumption	150 mA (single-channel) / 240 mA (two-channel)
Current consumption on backplane bus	≤ 100 mA
Certification	ATEX 95, FM, cUL _{US} Haz. Loc.
IP degree of protection to DIN EN 60529; IEC 60529	IP20
Climatic requirements	
T_{min} (IND) to T_{max} (IND) (operating temperature)	
• Horizontal installation	0 ... +60 °C (32 ... 140 °F)
• Vertical installation	0 ... +40 °C (32 ... 104 °F)
EMC requirements according to	NAMUR NE21, Part 1 EN 61326
Dimensions	40 x 125 x 130 mm (1.58 x 4.92 x 5.12 inch)



Manual: SIWAREX U – Manual del equipo Edición 06/2008

Conexión eléctrica

El módulo viene provisto por una regleta de bornes de 20 pines, tipo tornillo, para la conexión de la alimentación eléctrica, celdas de carga e interface de programación RS232

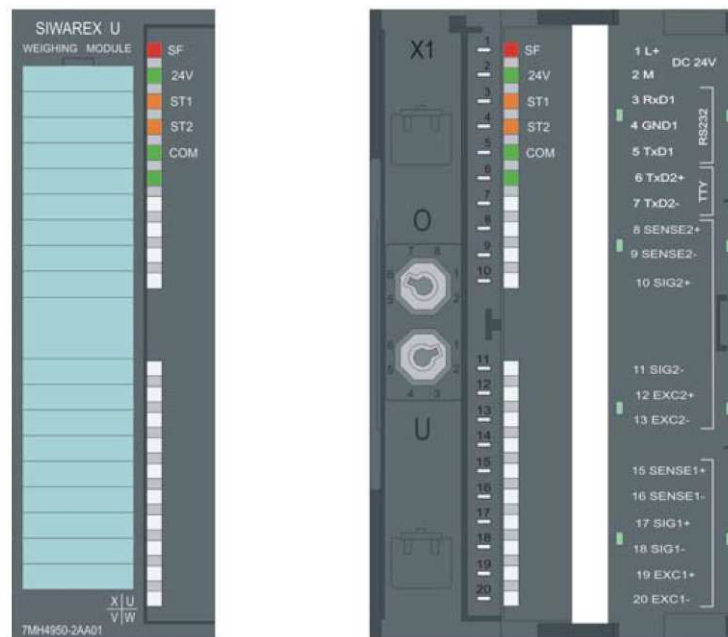


Figura 87 – Vista frontal - Pinout módulo SIWAREX U

Alimentación eléctrica

Pinza de conexión	Denominación de la señal	Observaciones
1 L+	24 V CC 1L+	Alimentación eléctrica +
2 M	24 V CC 1M	Alimentación eléctrica M

Tabla 4-2 Conexión de la alimentación eléctrica

Conexión de las celdas de carga

Pinza de conexión	Denominación de la señal	Observaciones
15	SENSE1+	Canal 1: cable de sensor +
16	SENSE1-	Canal 1: cable de sensor -
17	SIG1+	Canal 1: cable de medición +
18	SIG1-	Canal 1: cable de medición -
19	EXC1+	Canal 1: tensión de alimentación celdas de carga +
20	EXC1-	Canal 1: tensión de alimentación celdas de carga -

Tabla 4-3 Conexión de las celdas de carga canal 1



Conexión de la interface de programación

A través del software de programación SIWATOOL, es posible llevar a cabo la parametrización del módulo, sin necesidad de conocimiento de técnicas de automatización, dirigido principalmente a personal de mantenimiento que realizan los controles y/o modificaciones de calibración.

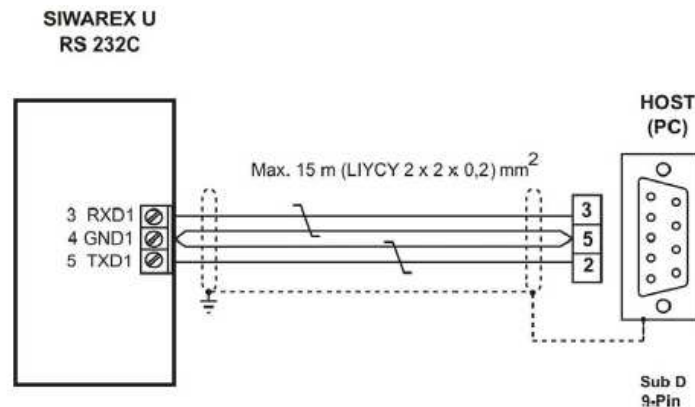


Fig. 4-10 Conexión del PC

Figura 88 – Conexión al PC del módulo de pesaje

Puesta en marcha módulos de pesaje

Como primer paso de diseño fue necesario verificar si era posible el reemplazo de la unidad de control que posea la balanza actual por otro sistema.

Verificado que la unidad de control podía ser reemplazada por una nueva unidad soportada totalmente por el nuevo sistema de control, se decidió colocar una placa de pesaje SIWAREX U de la firma SIEMENS, por cada balanza, en una estación remota descentralizada del controlador y comunicada a él a través de una red PROFINET.

Configuración de la estación en el hardware

Slot	Module	Order number	I address	Q address	Diagnostic address	Comment
0	M3SIWAREX	6ES7 153-4BA00-0AB0 V4.0			16324*	
X7	Flux 1				16323*	
X7A	Flux 1				16326*	
X7A	Flux 2				16325*	
1	A-B09	7MH4950-1AA01	464..473	464..473		módulo de pesaje A-B09
2	A-B09	7MH4950-1AA01	480..495	480..495		módulo de pesaje A-B09
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Figura 89 – Configuración de hardware estación remota M3SIWAREX



Luego de verificar el conexionado eléctrico y teniendo en cuenta que la parte mecánica del sistema estaba operando con anterioridad y no se habían llevado a cabo tareas que lo modificaran, se llevó a cabo la rutina de parametrización de las unidades de la siguiente manera:

- Al ser tanques calefaccionados, a través de una chaqueta exterior por la cual circula agua caliente, como primera medida debimos asegurarnos que la misma estaba completamente llena de agua, sin presencia de aire, para poder realizar la calibración de cero de la balanza.
- Luego se le colocó un peso conocido, en este caso lo hicimos con 4000kg (100% de rango de medición), que es el máximo tamaño de batch a procesar y se obtuvieron los siguientes valores de ajuste en cada tanque

Info	Adjustment digits	Scale parameters	Theoret. Adjustment
Channel active	<input checked="" type="checkbox"/>		
Adj. digits 0	<input type="text" value="10168"/>		
Adjustment digits 1	<input type="text" value="25649"/>		

Figura 90 – Ajuste tanque A-B08

Info	Adjustment digits	Scale parameters	Theoret. Adjustment
Channel active	<input checked="" type="checkbox"/>		
Adj. digits 0	<input type="text" value="7900"/>		
Adjustment digits 1	<input type="text" value="23988"/>		

Figura 91 – Ajuste tanque A-B09



Anexo Eco: Especificaciones técnicas switch Industrial Ethernet (6GK5212-2BB00-2AA3)

Para aprovechar las prestaciones de una red Profinet se debe evitar el uso de hubs prefiriendo la colocación de switches, los cuales deben incorporar algunas funciones básicas, por ejemplo:

- Auto crossover.
- Auto negotiation.
- Full dúplex.

Adicionalmente a esto, para lograr las máximas prestaciones de las redes Profinet es necesario contar con switches administrables, que incorporen algunas prestaciones especiales, para diagnóstico y administración, por ejemplo:

- LLDP
- DCP
- SNMP
- MRP
- Port Mirroring

Los switches escogidos también debían tener puerto de fibra óptica disponible, ya que por las distancias entre cada uno de ellos no era posible hacer el cableado con cobre. Se optó por un modelo que tuviera dos puertos de fibra para poder disponer en ellos de una topología en anillo para tener alta disponibilidad a través de la configuración con el protocolo MRP.

Los switches escogidos son marca SIEMENS, modelo SCALANCE X212-2, con doce puertos de cobre 10/100Mb y dos puertos ópticos para fibra multimodo.

Catálogo: SIEMENS IKPI – 2015 – Comunicación Industrial



Figura 92 – Switch Industrial Scalance X212-2



© Siemens AG 2015

PROFINET/Industrial Ethernet Switches Industrial Ethernet

SCALANCE X-200 managed

Diseño

Los switches Industrial Ethernet SCALANCE X-200 con robusta caja metálica han sido optimizados para fijación sobre perfil DIN o perfil soporte S7-300. También es posible su fijación mural en diferentes posiciones. Debido a las dimensiones de la caja S7-300 estos equipos son óptimos para su integración en la solución de automatización realizado con componentes S7-300.

Los switches con grado de protección IP20/IP30 tienen:

- Un bloque de bornes de 4 polos para conectar la alimentación redundante (2 x 24 V DC)
- Una franja de LED para indicar la información de estado (alimentación presente, estado del link, intercambio de datos, alimentación, contacto de señalización)
- Un bloque de bornes de 2 polos para conectar el contacto de señalización aislado galvánicamente
- Un pulsador SET para configurar in situ el contacto de señalización

El SCALANCE X208PRO con grado de protección IP65/67 tiene:

- 2 interfaces M12 para la conexión de la alimentación redundante (2 x 24 V DC)
- Una franja de LED para indicar la información de estado (alimentación presente, estado del link, intercambio de datos, alimentación, contacto de señalización)
- Una interfaz M12 para conectar el contacto de señalización aislado galvánicamente

Los switches SCALANCE X-200 están disponibles con los siguientes tipos de puerto:

- **10/100BaseTX, conexión RJ45 o M12;** puerto RJ45 o M12, detección automática de la velocidad de transferencia (10 ó 100 Mbits/s), con función Autosensing y Autocrossover para conectar cables IE FC mediante conectores IE FC RJ45 Plug 180 o IE FC M12 Plug PRO hasta 100 m.
- **100BaseFX, sistema de conexión BFOC;** puertos BFOC para conexión directa a la FO de vidrio Industrial Ethernet hasta 5 km (FO multimodo) o hasta 26 km (FO monomodo) para construir topologías en línea, anillo y estrella.

Funciones

- Construcción de redes Industrial Ethernet eléctricas y ópticas con topología en línea, estrella y anillo
- Redundancia rápida en el anillo con
 - High Speed Redundancy Protocol (HRP), tiempo de reconfiguración máximo de 0,3 segundos con 50 switches en el anillo
 - PROFINET MRP (Media Redundancy Protocol), tiempo de reconfiguración máximo de 0,2 segundos con 50 switches en el anillo
- Gracias al gestor de redundancia integrado, el funcionamiento del anillo está vigilado de forma permanente. Éste detecta el fallo de un tramo de transmisión dentro del anillo o de un SCALANCE X-200 y activa la ruta alternativa en 0,3 ó 0,2 segundos como máximo con MRP.
- Uso en topologías en anillo (100 Mbits/s) junto con SCALANCE X-300, SCALANCE X-400 y X-500
- Aplicación de cables de conexión no cruzados a gracias a función Autocrossover de los puertos integrada
- Diagnóstico simple mediante contacto de señalización, SNMP y navegador Web
- Diagnóstico simple de cables de cobre mediante navegador web para localizar roturas de hilo
- Sencillo diagnóstico de puertos de FO desde navegador web y SNMP para detectar pronto cambios en la línea o en los puertos de fibra óptica
- Incorporación en el diagnóstico de un PROFINET IO-Controller con funciones avanzadas al efecto para un esquema unificado de diagnóstico, incl. infraestructura de red
- Diagnóstico del tráfico de datos a través de un puerto reflejado parametrizable utilizando un analizador de redes convencional
- Soporte óptimo de la comunicación PROFINET en tiempo real (RT) mediante priorización.
- Sustitución rápida de los equipos en caso de fallo gracias al uso del soporte intercambiable opcional C-PLUG (no incluido en el volumen de suministro)



© Siemens AG 2015

PROFINET/Industrial Ethernet
Switches Industrial Ethernet

SCALANCE X-200 managed

Datos técnicos (continuación)

Referencia	6GK5212-2BB00-2AA3			
Denominación del tipo de producto	SCALANCE X212-2			
Velocidad de transferencia				
Tasa de transferencia 1	10 Mbit/s			
Tasa de transferencia 2	100 Mbit/s			
Interfaces		Características, funciones y componentes del producto Generalidades		Funciones del producto Diagnóstico
Número de conexiones eléctricas/ópticas		Conexión en cascada con anillo redundante en tiempo de reconfiguración < 0,3 s	50	Función del producto
• para componentes de red o equipos terminales máxima	14	Conexión en cascada con topología en estrella	Libre (sólo depende del tiempo de propagación de la señal)	<ul style="list-style-type: none"> Port Diagnostics Packet Size Statistics Packet Type Statistics Error Statistics
Número de conexiones eléctricas	12			Funciones del producto DHCP
• para componentes de red o equipos terminales		Funciones del producto Gestión, programación, configuración		Función del producto cliente DHCP
• para contacto de señalización	1	Función del producto		Funciones del producto Redundancia
• para alimentación	1	• CLI	Sí	Función del producto
• para alimentación redundante	1	• gestión basada en web	Sí	<ul style="list-style-type: none"> redundancia de anillo gestor de redundancia Redundancia standby procedimiento de redundancia HRP procedimiento de redundancia MRP Protocolo de redundancia en paralelo (PRP) Passive Listening
Tipo de conexión eléctrica		• Soporte de MIB	Sí	Protocolo soportado PRP
• para componentes de red o equipos terminales	Puerto RJ45	• TRAP via Email	Sí	Funciones del producto Security
• para contacto de señalización	Bloque de bornes de 2 polos	• configuración con STEP 7	Sí	Protocolo soportado SSH
• para alimentación	Bloque de bornes de 4 polos	• Portmirroring	Sí	Funciones del producto Hora
Número de conexiones ópticas para cables de fibra óptica con 100 Mbits/s	2	• con IRT Switch PROFINET IO	No	Función del producto soporte de SICLOCK
Tipo de conexión óptica para cables de fibra óptica con 100 Mbits/s	Puerto BFOC (multimodo hasta 5 km)	• Diagnóstico PROFINET IO	Sí	Protocolo soportado
Potencia óptica acoplable referida a 1 mW		• gestionada por switch	Sí	<ul style="list-style-type: none"> NTP SNTP
• de la salida del transmisor	-19 ... -14 dB	Protocolo soportado		
• de la entrada del receptor máxima	-	• Telnet	Sí	
Sensibilidad óptica referida a 1 mW de la entrada del receptor mínima	-34 dB	• HTTP	Sí	
Atenuación del tramo de transmisión de fibra óptica mínima necesaria	0 dB	• HTTPS	Sí	
Alcance en la interfaz óptica según las fibras ópticas utilizadas	0 ... 5 km	• TFTP	Sí	
Tipo de soporte de datos intercambiable C-PLUG	Sí	• FTP	Sí	
		• BOOTP	No	
		• SNMP v1	Sí	
		• SNMP v2	Sí	
		• SNMP v3	Sí	
		• DCP	Sí	
		• LLDP	Sí	
		Función de Identificación y Mantenimiento		
		• i&M0 - Información específica del dispositivo	Sí	
		• i&M1 - ID de la instalación/ID de situación	Sí	



Anexo Foxtrot:

Parte del reporte de batch obtenidos

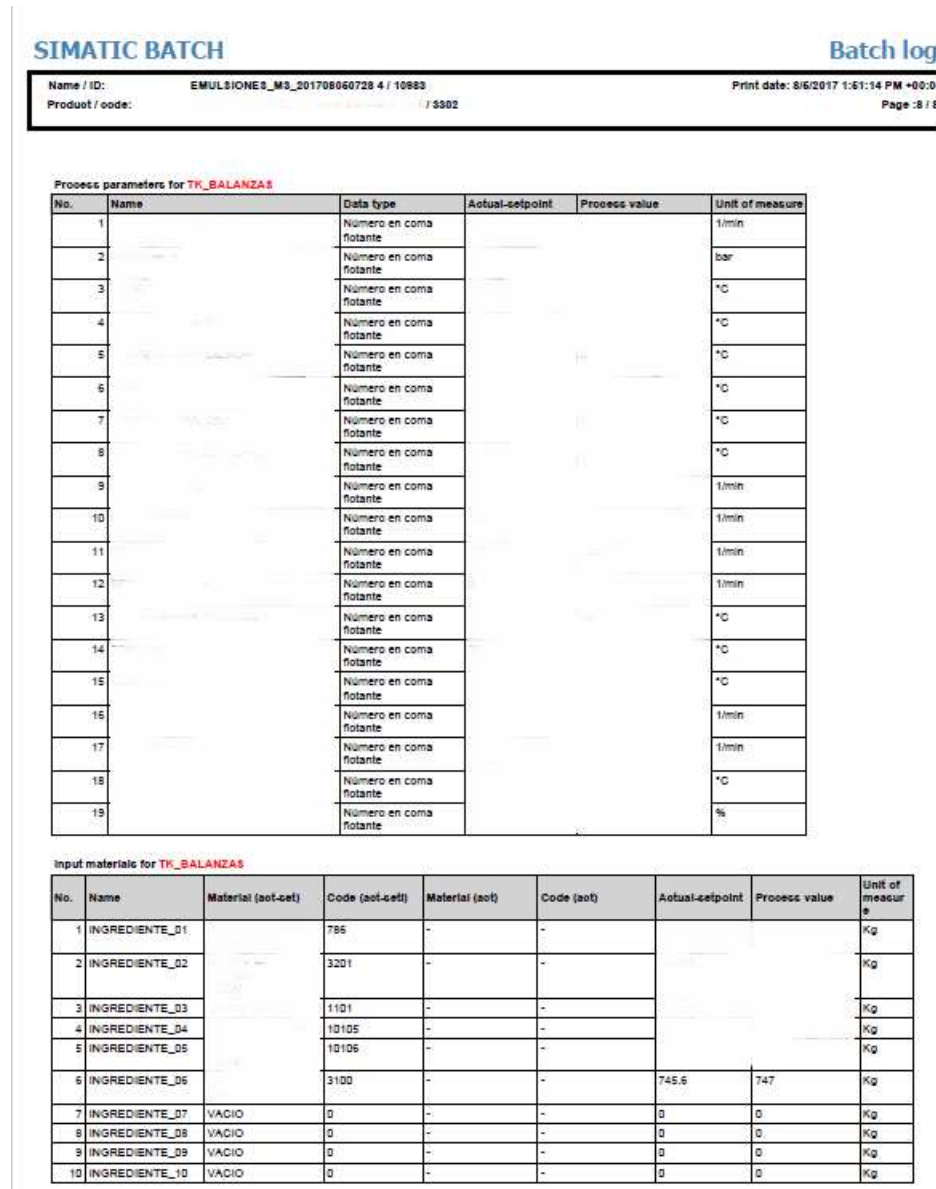


Figura 93 – Reporte de batch en formato pdf