

Planteamiento general de la automatización total de una fábrica de cemento

V. WILLIS

B.Sc., A. Inst. P., M. Inst. M. C.

Sr. Presidente, Señoras y Señores:

Quisiera disculparme porque no puedo hablarles en su propia lengua, pero como tienen Vds. unas instalaciones de traducción simultánea perfectamente montadas, no hay ningún problema. Espero que me perdonen.

a. INTRODUCCION

El título de mi ponencia es "La planificación general de la automatización total de una fábrica de cemento". El primer punto que quiero destacar es que la automatización total no es un término universal, puesto que significa cosas diferentes para cada una de las personas. En otras palabras, no hay una solución universal para la automatización total de cualquier fábrica. Lo que puede ser ideal para una fábrica en una compañía y en un país, no es ideal en otras circunstancias. Además las ideas para una automatización total se deben tomar sobre consideraciones de índole más amplia que lo que representa una fábrica. Hay muchas consideraciones propias de una Sociedad que pueden influenciar la actitud que se debe tomar para la automatización de cualquier fábrica en particular.

Una vez que he criticado el título de mi ponencia, quisiera referirme a la primera parte de dicho título, que es "Planificación General".

Al contemplar los esquemas más complejos de la automatización de fábricas de cemento, tenemos que decir que hasta ahora se han instalado 45 instalaciones controladas por computador para el control de las fábricas de cemento. De éstas, aproximadamente la mitad han alcanzado el rendimiento que se esperaba y se pronosticaba. Se debe esto en parte al hecho de que un cierto número de dichas instalaciones eran instalaciones en estado embrionario. En los primeros días de la aplicación de los computadores, la mayoría de las compañías tenían demasiadas ambiciones. La instalación de computadoras para cualquier proyecto de automatización perfeccionado, se hacía sobre la base de que podían efectuarse todas las tareas que no se podían realizar de otra forma. Tales son los programas de optimización complejos o modelos matemáticos del proceso. De hecho, los suministradores de dichos equipos hubieran hecho mejor si en las primeras fases hubieran suministrado un equipo más eficiente para desarrollar las tareas que eran ya familiares tanto a los fabricantes de cemento como a los suministradores de equipos. La mayor parte de los proyectos al principio sufrían atrasos, debido a dificultades de equipo, problemas en el material auxiliar (software), falta de esfuerzo en el campo de la ingeniería y penuria de personal calificado y experimentado.

Otro factor importante era, sin embargo, la falta de trabajo preparatorio antes de que se empezara el proyecto; en muchos casos el fabricante de cemento no se daba cuenta del problema, mientras que, por otra parte, los suministradores de equipos querían entrar inmediatamente en el proyecto.

Por lo tanto, señores, me gustaría empezar las consideraciones de “la planificación general” con la primera concepción de la idea que tienen los directores y los ingenieros de una Compañía de cemento de que la automatización puede ser deseable.

b. DEFINICION DE OBJETIVOS

La primera etapa para la planificación de cualquier esquema de automatización es el de definir los objetivos deseados, ya sean económicos o técnicos.

Estos objetivos deben de estar influenciados por consideraciones locales, así como por otras de índole universal. Algunos de los factores que deben considerarse en toda compañía son los siguientes:

- 1) Costo de la mano de obra.
- 2) Reducción de la mano de obra.
- 3) Falta de mano de obra especializada.
- 4) Coste de los combustibles.
- 5) Problemas de transporte.
- 6) La situación de competencia entre los fabricantes de cemento.
- 7) La demanda de mejores calidades.
- 8) Planes de expansión y ampliación y previsión de ventas futuras.

Lo cual significa que nuestros objetivos pueden ser los siguientes:

- (1) Control de calidad mejorado.
- (2) Ahorro de mano de obra.
- (3) Ahorro de combustible.
- (4) Mayor producción.
- (5) Reducción de los costos de mantenimiento a través de una mejor conservación y operación de la fábrica, o a través de una combinación de ambas.

Nos gustaría que todos de cada uno de los esquemas satisficieran todos estos objetivos, pero el costo de dicho esquema sería muy elevado y no se justificaría económicamente aunque fuera factible en todos los casos. Por ejemplo, en una situación donde el objetivo principal que se desea es el ahorro de mano de obra, un sistema de control centralizado convencional será más adecuado que un esquema de control por computador. Este último, será mucho más adecuado en donde se pretende una eficacia mayor del combustible o una mayor producción.

Por lo tanto, uno debe dar prioridad a estos factores, de acuerdo con las situaciones de cada caso. Es evidente, que esta situación puede ser completamente diferente dentro de una compañía de una fábrica a otra y puede variar si el esquema es para la modernización de una planta ya existente o para la creación de una nueva instalación. En el ca-

so de nueva planta, la consideración que se impone para decidir el tipo de esquema de automatización, puede ser la reducción de los costos de capital de la fábrica; por ejemplo, empleando un esquema de control de mezclas completo para reducir la capacidad de almacenamiento necesario para las materias primas.

c. ESTUDIO DE POSIBILIDADES

La próxima etapa en este plan conjunto, es llevar a cabo un estudio de posibilidades para la automatización de su fábrica o compañía.

Una vez que se han definido los principales objetivos la decisión que hay que tomar a continuación es la siguiente: ¿Quién va a hacer dicho estudio de posibilidades?

En general se presentan tres posibilidades:

- (a) El estudio lo puede hacer el propio personal de la fábrica de cemento. Esto tiene ventajas en el sentido de que la Compañía retiene un control severo del estudio y, naturalmente, el costo de dicho estudio no sería demasiado alto. Las desventajas son que muchas compañías de cemento no disponen de personal que tenga el tiempo que se necesita ni el conocimiento especializado que se precisa para valorar los tecnicismos de la moderna automatización. Además hay otro punto importante: el personal de la Compañía tiene a veces mucha dificultad para juzgar imparcialmente sus propias operaciones.
- (b) La segunda posibilidad, es emplear un Consultor. Esto asegura una opinión imparcial junto con un conocimiento especializado de los problemas, pero tiene la desventaja de ser muy caro.
- (c) La tercera posibilidad es dirigirse directamente a los suministradores de equipo. Sin embargo, hay que tener cuidado para asegurar que el suministrador que realiza el estudio es el que tiene la responsabilidad de todo el sistema durante el proyecto y no solamente de una parte. En general, los suministradores pueden hacer dos tipos de estudios: El primero no arrastra ningún costo al posible usuario, pero lógicamente, es muy limitado. La ventaja principal es la de determinar el precio del proyecto. La segunda posibilidad es un estudio pagado, que, con una Compañía que tiene especialistas en este campo, es de gran utilidad.

La ventaja de tener un estudio pagado realizado por el suministrador reside en que el costo es mucho más bajo que si lo realiza un consultor, ya que el suministrador espera el posible provecho de una venta de equipo. Las desventajas son que algunos suministradores no tienen conocimientos especializados suficientes de la industria del cemento para abarcar toda la gama del equipo de automatización necesario, sino que sólo tienen conocimientos de su propio campo de equipo y, naturalmente, se basan siempre en él.

En este momento señalaré, sin embargo, que hasta ahora ha habido una falta de apreciación, por parte de los fabricantes de cemento, de la importancia que tiene esta etapa de la planificación.

El dinero que se gasta en un estudio produce, en realidad, pocos beneficios tangibles y sí un grueso y enorme informe. Sin embargo, es un dinero bien gastado, ya que, según mi experiencia, puede ahorrar mucho dinero malgastado a la hora de realizar el verdadero proyecto. También proporciona al personal de la fábrica el primer paso de su introducción hacia la automatización y lo prepara para el trabajo posterior. En realidad, muchas veces se ha dicho que uno de los valores de dicho estudio era darle al personal de fábrica

una visión nueva y reciente de una operación y de un mecanismo que ellos creían que sabían desde la A hasta la Z.

Ahora, pensemos que se establece un grupo de trabajo para que realice este estudio de posibilidades. Debe incluir, por lo menos, la cooperación parcial del personal de la fábrica en todos sus niveles y también disponer de todos los gráficos de marcha e información financiera, al mismo tiempo que las discusiones a los niveles más altos sobre la política de la Compañía, en el presente y las que adoptará en el futuro.

Un estudio de automatización completa durará de tres a cuatro meses en la fábrica, y sus actividades típicas (referidas a la modernización de una planta existente) serían las siguientes:

1) Planificación del estudio y reuniones generales

Esta fase incluye reuniones regulares para especificar el progreso y coordinar actividades para llegar a una mayor eficacia en el trabajo de la fábrica. Esta planificación incluirá la organización de cualquier tipo de ensayos en fábrica que se consideren necesarios. Un objetivo principal, es coordinar las actividades para asegurar la mínima interferencia con las actividades normales del personal de la fábrica.

2) Estudio de la operación de cantera

Esta parte del estudio incluye una valoración de la posibilidad de instalar sistemas de gobierno para las operaciones en la cantera. El empleo de una computadora, para el análisis estadístico de las muestras-testigo para pronosticar las futuras operaciones, es posible en algunos casos; sin embargo, debemos admitir que esta técnica se halla en su infancia y que sólo se puede aplicar, por ejemplo, donde hay un gran conocimiento técnico de la cantera que se ha establecido a través de los últimos años.

Los beneficios de dicho sistema pueden ser muy importantes, a pesar de todo.

3) Estudio de la preparación de materias primas

El objetivo debe ser establecer, si la fábrica es apropiada para la automatización y los beneficios probables derivados de ello. Otra tarea es especificar el sistema de control propuesto y las pequeñas modificaciones en dicha fábrica. Deben incluirse todos los aspectos referentes a la mezcla, molido y almacenamiento.

4) Estudio de las operaciones en la sección del horno

Los aspectos que aquí hay que estudiar son: eficacia del combustible, velocidad de producción, control de calidad y costos del revestimiento. Una valoración económica podrá definir los beneficios que se podrán obtener de este tipo de sistema de control propuesto.

5) Estudio de los enfriadores

Solamente se puede aplicar este estudio en el caso de enfriadores de parrilla.

6) Molienda de cemento

Un estudio de esta sección lleva consigo la valoración de las operaciones en el momento actual, especialmente en lo que respecta al consumo de energía.

7) Estudio del equipo de control existente

Este estudio incluye el examen de motores, actuadores de control y otros instrumentos existentes para establecer si son adecuados para un nuevo esquema de control y para es-

tablecer su exactitud, puesto que, a veces, nos hemos confiado injustificadamente en ellos al valorar las operaciones tal como se realizan actualmente.

8) Limitaciones de la planta y pruebas

Aquí consideramos algunas pruebas para establecer las limitaciones que tiene la fábrica. No vale la pena instalar un sistema de control para un aumento del 10 % de la producción, si el ventilador de tiro inducido, por ejemplo, no puede extraer bastante aire para llegar a dicha producción.

9) Estudio de la eficacia de los operadores

Cada informe del operario sobre el manejo de la fábrica, tendrá que ser estudiado. Esto tiene que hacerse durante un largo período de tiempo, especialmente en los hornos. Sabemos muy bien que el rendimiento de un operador en un día cualquiera, se influencia mucho por el rendimiento del operario anterior.

El objetivo aquí es determinar qué operador sería el mejor para manejar un sistema de control más perfeccionado. Debe tenerse presente, no solamente su rendimiento personal, sino también su capacidad de adaptarse a las nuevas ideas y puntos de vista progresivos.

En esta fase del estudio, debe ser posible definir el alcance del sistema y los notorios beneficios económicos y técnicos que se pueden conseguir.

Es interesante en esta etapa examinar el alcance de las 45 instalaciones de computadores existentes. El 4 % de estos computadores se ocupan del control de las operaciones de cantera; el 61 %, el control sobre la mezcla cruda; el 48 %, el control de los hornos; el 42 %, el control de los enfriadores y, finalmente, el 8 % se relacionaba de alguna forma con la molienda de cemento. En paralelo con las actividades antes mencionadas deben de comenzarse las especificaciones.

10) Situación de la sala de control

Se debe especificar la mejor posición para la sala de control teniendo presente el procedimiento de trabajo, coste de las instalaciones y coste del cableado. Debe tenerse en cuenta también la disposición interna y otros asuntos como el aire acondicionado.

11) Especificación de los nuevos equipos

Esta parte del estudio se relaciona con una especificación detallada de todos los equipos para el plan propuesto. Esto incluye, si es apropiado, el "hardware" de los computadores, tipo de sistemas (analógico y digital), instrumentos de medida, incluyendo tipo, intervalo de trabajo, etc., y además detalles de instalaciones y diseños de ingeniería.

12) La especificación de nuevas técnicas de ingeniería

Este es el punto de meditación después de tomadas las decisiones acerca del tipo de "software" requerido y los esfuerzos de ingeniería necesarios para aplicar el sistema propuesto en la fábrica.

13) Especificación de las exigencias de mantenimiento

Esto se refiere al estudio de las complicaciones que da el nuevo sistema al personal de conservación y a una especificación de sus nuevas exigencias.

14) Especificación del programa de formación

Esto incluiría el establecimiento de cursos de formación o períodos de instrucción a todos los niveles: directores, técnicos y operarios.

* * *

Ahora bien; para separarnos un momento de todo esto, yo quisiera señalar que en la preparación de estas especificaciones uno debe ser absolutamente práctico. Es muy fácil consentir el conocimiento personal de sistemas sofisticados a través del juicio de uno mismo. Cualquier sistema propuesto *debe ser* un sistema que esté dentro de la capacidad de la fábrica y de su personal, ya sea para la producción o para la conservación. Nada daña más la imagen de la industria de automatización que un sistema, que no se utilice nunca, una vez que han acabado su trabajo los expertos en automatización.

15) Preparación de las especificaciones finales

Esto lleva consigo la preparación de las especificaciones detalladas del “hardware” y “software” de los computadores (incluyendo programas standard y especiales tales como formatos de lógica, etc.), instrumentos, televisión, equipos de control de secuencia, equipos de análisis, procedimiento de instalación e ingeniería civil. Esta no debe ser solamente una especificación técnica, sino también una especificación comercial y contractual.

16) Preparación del plan del proyecto

Al preparar un plan de proyecto deben tenerse en cuenta las posibles paradas por conservación de la fábrica. Las instalaciones del equipo se deben dividir en dos categorías: aquellas instalaciones que se pueden montar en cualquier momento y aquellas otras que requieren una parada de la fábrica.

Al planificar el proyecto, el objetivo debe de ser reducir al mínimo cualquier parada especial. De la experiencia adquirida, una de las mayores dificultades con las instalaciones de automación perfeccionadas ha sido la entrega tardía de los equipos, especialmente del “hardware” y “software” del computador. Creo que debe imponerse una multa a los suministradores por entrega demorada y, a la vez, una prima por rápida entrega. Financieramente, el proyecto se beneficiará de una entrega rápida, por una cantidad mucho mayor que la prima que se haya pagado al suministrador. Al evaluar dichas multas o dichas primas deben tenerse en cuenta los cambios en los tiempos de parada del horno, que son inevitables.

En esta etapa de la planificación, sugiero que es adecuado un simple diagrama de paradas.

17) Oferta de los subcontratistas

En esta fase del estudio, se hacen entrevistas a los subcontratistas con dos objetivos: primero, uno considera el aspecto financiero; y segundo, también muy importante (especialmente en el caso del “software” del computador), se procura asegurar que el suministrador tiene disponible dicho material como un material standard, cuando se le pide y no para una fecha futura proyectada.

18) Informe

El último paso del estudio es el informe a los directores de la Compañía del cemento, con recomendaciones en cuanto al tipo de sistema propuesto, sus probables beneficios, sus costes y los suministradores elegidos.

d. EL PROYECTO

Ahora bien; pensemos que el estudio propuesto se acepta: sus problemas no han hecho

más que empezar, pero no son ya más que la mitad de los que hubiera habido sin el estudio y planteamiento de la preparación.

La primera etapa de la planificación es establecer un grupo de proyecto. Debemos pensar que uno de los suministradores más importantes ha aceptado la responsabilidad del sistema y, por tanto, debe estar representado en el grupo técnica y comercialmente. El fabricante de cemento debe contribuir comercial y técnicamente a nivel de la fábrica, ya sea a través de uno de los empleados familiarizados con la automatización de cemento, o a través de un consultor. Me parece que es muy importante en este momento poner de relieve que los miembros del grupo deben ser personal veterano capaces de tomar decisiones inmediatas y sobre el terreno.

El grupo de trabajo debe establecer, en primer lugar, el método de planificación. En algunos casos, esto depende de la complejidad del proyecto, simplemente por un sistema de diagrama de barra. Es adecuado, pero en otros casos será más apropiado utilizar un centro del camino crítico. Cualquiera que sea el sistema decidido, se debe establecer un sistema regular de información y la celebración de reuniones periódicas.

Durante el proyecto, hay solamente dos problemas importantes: los referentes al equipo y los de personal.

d.1 PROBLEMAS DE EQUIPO

Consideremos los componentes que constituyen un esquema de automatización complejo. Pueden ser los siguientes:

- (1) "Hardware" del computador.
- (2) "Software" del computador.
- (3) Instrumentos.
- (4) Equipo de control de secuencia.
- (5) Televisión en circuito cerrado.
- (6) Análisis por rayos X.
- (7) Instalación y tendido de cables.

Ahora voy a hablarles y me voy a extender en cada una de estas actividades:

1. "Hardware" del computador

Me parece que se acepta generalmente que, con respecto al núcleo central, la mayoría de los fabricantes de computadores producen una maquinaria muy eficiente. La mayoría de los fallos ocurren en los equipos periféricos, tales como los sistemas input/output, máquinas de escribir, etc. Debo decir, sin embargo, que la eficacia del equipo es, en general, muy buena. Los problemas que aparecen son más de índole comercial que técnica. Las respuestas de control, en la mayor parte de las aplicaciones de cemento, es tan lenta que rara vez el "hardware" del computador es un problema técnico. Sin embargo, hay que considerar el trabajo de conservación y de formación que cada Compañía puede ofrecer, así como también su conocimiento previo de este proceso particular.

2. "Software" del computador

Uno de los problemas más importantes en las primeras instalaciones con computador, era su gran contenido de programación. Antiguamente, hace años, era muy difícil y consu-

mía mucho tiempo hacer incluso pequeños cambios en los programas de control. Ahora, un cierto número de compañías ha desarrollado bloques de control digital directo (D.D.C.) standard con los que los sistemas de control pueden construirse con unidades básicas. Cada bloque puede comportar una función básica, y por simples operaciones de programación, que necesitan muy pocos conocimientos especializados, se puede construir un sistema muy perfeccionado.

También, recientemente, se ha prestado más atención a las comunicaciones entre el operador y la computadora y, ahora, aquéllas se proyectan a un nivel de fábrica mucho más práctico.

Quiero añadir, no obstante, que, en mi opinión, queda mucho trabajo por hacer con respecto a la utilización óptima de la fábrica. Las instalaciones que han tenido más éxito hasta la fecha se relacionan con la regulación de la fábrica (mejora de las técnicas de control manual o analógico), pero utilizan la misma filosofía. Se ha hecho mucho trabajo en la optimización de la marcha de los hornos de cemento, pero actualmente esto es costoso y, creo, que solamente ofrece ventajas marginales sobre los sistemas de computación más simples.

Al decir sobre el "software" de las computadoras, la clave es elegir el "software" lo más standard posible y que se dispone en el acto.

3. Instrumentos

Una de las frases que se oye muy a menudo es "que un sistema de computador, vale solamente lo que valen los instrumentos de medida con los que está equipado". Esta afirmación en su 90 % es cierta, pero no en su 100 %, ya que el computador puede mejorar las lecturas de los instrumentos con mucha más eficacia y más rapidez que un operador manual. Quedan, sin embargo, muchos problemas de instrumentos, que no son insolubles, pero que son muy difíciles. La medida de la temperatura en la zona de clinkerización es un ejemplo típico de una de estas medidas difíciles de realizar. Hasta este momento hay dos alternativas: el pirómetro de radiación total o el pirómetro de dos colores. Uno se afecta por el polvo y el otro por la radiación de la llama reflejada. Hemos obtenido resultados razonablemente satisfactorios con un instrumento electrónico que solamente acepta el pico de la señal del pirómetro, sin tener en cuenta la intensidad de señal reducida debida al polvo.

Otra medida difícil es el contenido de humedad en la pasta, donde hemos encontrado que la solución más apropiada es un medidor de radiaciones respaldado por comprobaciones periódicas en el laboratorio.

El flujo de pasta sobre una base continua puede llevarse a cabo utilizando un medidor de flujo electromagnético convenientemente instalado, pero es bueno conservar una comprobación con el clásico tiempo de vertido de un recipiente, en paralelo.

Los problemas de peso son comunes en la industria del cemento; se pueden referir al flujo discontinuo de arcilla sobre una cinta transportadora o al flujo de carbón pulverizado desde una tolva. La contestación nunca es sencilla y, si se hace adecuadamente, es siempre cara.

4. Control de secuencia

Por control secuencial entendemos un sistema lógico mediante el cual uno puede poner en marcha o parar secciones de la fabricación tocando simplemente un botón. Además, el sistema debe llevar consigo un dispositivo de alarma lógico, de tal forma que, en el caso

de fallar un componente de la fábrica, ésta se para automáticamente con la máxima protección del equipo y de tal manera que se asegure una reanudación de la marcha suave y rápidamente. Yo creo que éste es un aspecto que se ha despreciado en la automatización del cemento. Es un sistema que ahorra trabajo y ofrece la máxima protección contra el operador cansado o de baja calidad. Cuando consideramos el valor del equipo que se instala en una fábrica de cemento, comparado con el coste de las instalaciones de un sistema de control secuencial, me sorprende verdaderamente que se vean tan pocas instalaciones en el mundo.

5. La televisión en circuito cerrado

De todas las técnicas modernas de automatización aplicadas a los procesos de fabricación de cemento, la televisión en circuito cerrado parece ser la más apreciada. Si es porque todos estamos familiarizados con la televisión en nuestras casas o si es porque apreciamos su verdadero valor, es discutible. Sin embargo, es una parte esencial de un esquema de control centralizado. Si se quiere ahorrar mano de obra y si se quiere alcanzar una operación más coordinada de la fábrica en su totalidad, con una mejor supervisión, con un personal más experimentado, entonces no podemos pasarnos sin este circuito de televisión.

La aplicación del C.C.T.V. en la sección de crudos de la fábrica es obvia, pero en los últimos años las ventajas logradas en la observación de la zona de clinkerización y el control de nodulizadores en el proceso Lepol son muy notables.

6. Análisis con rayos X

La aplicación de las técnicas de rayos X al análisis de materias primas es una aplicación difícil. Se han hecho enormes mejoras en los últimos cinco años, pero en mi opinión cada problema se debe resolver aún por separado. Las ventajas que ofrece esta técnica son muy grandes; en una fábrica nueva, la reducción de la capacidad de almacenamiento puede ahorrar mucho dinero. Tanto en una fábrica nueva como en una ya existente se puede ahorrar mano de obra especializada e introducir resultados rápidos que puedan ser esenciales en el esquema de control. Los problemas son tanto técnicos como comerciales. Técnicamente, los problemas se asocian no solamente con los aspectos químicos de la materia prima, sino también con los aspectos físicos. Quizás más importantes todavía sean los problemas de toma de muestras. Estos problemas, sin embargo, se han vencido incluso en casos extremadamente difíciles, pero a un coste, que es la consideración comercial la que ha de tenerse en cuenta.

7. Instalaciones y cableado

En verdad, este es un problema muy difícil para dar ideas generales. Si se han de instalar transmisores locales o se ha de centralizar, depende de la geografía de la fábrica. Me parece que la contestación en este caso depende de dos consideraciones: primero, del coste de capital inicial y, segundo, del costo de conservación anual estimado.

d.2 PROBLEMAS DE PERSONAL

Uno de los problemas que se toman en consideración es que, en el grupo de personal formado por los suministradores, usuarios y consultores, la base y los conocimientos de estas gentes varían ampliamente. Tienen que realizar un trabajo juntos durante varios años, sobre un esquema complejo, y si lo pueden hacer en armonía resolverán los problemas que surjan con mucha más eficacia. Por consiguiente, al seleccionar los miembros de este grupo, una consideración muy importante es la personalidad de dichos miembros.

El próximo problema que aparece es el de la formación; la importancia de la formación correcta no puede ser menospreciada nunca. Con un plan complejo que cuesta muchísimo dinero sería ridículo no asegurarse de que, cuando se vayan los expertos, el propio personal de fábrica sea perfectamente capaz tanto de manejar el esquema como de mantenerlo a un nivel alto. Naturalmente, se puede subcontratar todo salvo el simple mantenimiento y, en ciertas circunstancias, eso puede ser lo mejor. Pero, incluso aún haciéndolo así, recomiendo todavía que el propio personal de la fábrica sea capaz de realizar todas las tareas, aun las más especializadas. Muchas instalaciones de computadores en todas las industrias han fallado simplemente porque el personal de la planta consideraba a la computadora como una caja negra (“black-box”) mágica.

El mínimo de esta formación para un esquema de automatización completa podría ser el siguiente:

1) El personal experimentado de la planta debe asistir a un curso de una semana sobre el proyecto y la operación del sistema en su conjunto. Deben darse cuenta de la filosofía que hay detrás de cada uno de los diseños y de cómo cada aspecto particular contribuye al funcionamiento del sistema completo y porqué.

Si éste lleva además incorporada una computadora, entonces es apropiado un corto curso de familiarización sobre control con ordenador. Además, por lo menos dos ingenieros, deben de asistir a un curso sencillo de programación.

2) El ingeniero que tenga a su cargo el mantenimiento general del sistema, debe acudir a cursos que incluyan los siguientes aspectos:

- (a) Diseño de sistema.
- (b) Sistemas de control con computadores.
- (c) Mantenimiento de computadores.
- (d) Programación simple de computadores.
- (e) Mantenimiento de cada uno de los instrumentos.
- (f) Mantenimiento de la televisión en circuito cerrado.
- (g) Mantenimiento sencillo del equipo de rayos X.
- (h) Mantenimiento del equipo de control de secuencia lógica.

Debemos señalar que la mayoría de los suministradores de esta clase de equipos hacen y organizan cursos regulares sobre estos aspectos.

3) Los mecánicos de instrumentos y los electricistas deben asistir a cursos de mantenimiento aplicables al equipo particular que han de conservar.

Finalmente, llegamos a los operadores de fábrica. No creo que, en este caso, se puedan aplicar cursos de formación programados. Mi experiencia es que es mucho mejor hacerlo de una manera informal a través de todo el período de instalación y de entrega del sistema.

e. EL FUTURO

Creo que, sobre todo, la mayor innovación en los próximos cinco años, será la integración de todas las actividades de la Compañía y de la fábrica.

Esto significa una integración de los computadores de análisis de datos y de los computadores de control de proceso. Ha llegado el momento en que no se pueden divorciar por más tiempo las consideraciones técnicas y comerciales. Un ingeniero hoy día tiene que ser parcialmente un economista y viceversa; el esquema completo de automatización debe manejar ambos aspectos como una sola cosa.

El nuevo sistema, me parece que será un plan de automatización que obre de la siguiente forma:

El ordenador (u ordenadores) de procesos:

- (a) Pondrá en marcha y parará la fábrica.
- (b) Corregirá el estado parada/marcha de la maquinaria después de haber analizado una señal de alarma para minimizar los daños y las pérdidas en producción.
- (c) Planificará las operaciones de cantera a partir de los mapas geológicos almacenados en su memoria y teniendo siempre en cuenta las limitaciones de maquinaria.
- (d) Regulará la formación de stock-piles de materia prima homogeneizada, cuando se haya escogido este método de mezcla. El volumen de los stock-piles o del almacenamiento en general, estará gobernado por los tiempos de interrupción de la maquinaria de trituración y por consideraciones de homogeneización.
- (e) Regulará el proceso de mezcla de la sección de crudos.
- (f) Regulará el proceso del horno para mantener un funcionamiento continuo.
- (g) Controlará el proceso de molienda de cemento para producir cementos especiales y productos que se pidan bajo especificación.
- (h) Optimizará el proceso general y cada una de sus partes según objetivos de explotación establecidos, que pueden cambiar cada semana. Estos son probablemente máxima producción y mínimo costo, por ejemplo combustible, y mínimo costo a largo plazo, por ejemplo revestimiento de los hornos con ladrillo refractario.
- (i) Suministrará información "on-line" a petición, de acuerdo con las exigencias del sistema de control de la Compañía.
- (j) Proporcionará facilidades de simulación para permitir valorar los cambios de ideas en el diseño.

Las actividades de análisis de datos podrían ordenarse de la siguiente forma:

- (1) Un programa de control de existencias (I.C.P.) recibiría detalles de los pedidos recibidos, facturaciones, pagos, y recibos. También haría planes de distribución y envasado y presupuestos del departamento de transportes. Los planes de transporte serían un programa más o menos extenso según la situación geográfica de los puntos de venta y de las fábricas. Los costes de distribución y envasado estarían preparados de antemano.
- (2) Una previsión de las necesidades de materias primas se procesaría para proporcionar las hojas de trabajo y presupuestos para el departamento, siendo suministrados los costos actuales para el programa de control de inventario.
- (3) Los proyectos de conservación y ahorro seran analizados para dar presupuestos y datos de control de costo del departamento tomando en cuenta los costes actuales "feed-back". Los costos finales se introducirán en el programa de control de inventario y será necesario un bucle para control de inventario en la parte de ahorro.

- (4) Para el programa de control de inventario deben suministrarse los costos de mano de obra en la fábrica. Si es necesario deben conocerse los salarios.
- (5) El programa de control de inventario reunirá la información de entrada en los capítulos de costos: Si no hubiera más que un sitio de trabajo los costos se mostrarían por centro de trabajo y por cada uno de sus capítulos: por ejemplo de mano de obra, economías, combustible, materias primas, distribución, etc.
- (6) La información de este Programa de Control de Existencias proporcionaría el modelo de control de proceso general con una información muy especificada para la fase de optimización.
- (7) Se dispondría del análisis individual de los capítulos de costos, basados en el programa de control de inventario y los datos del proceso. Estos análisis, se emplearían para identificar los desarrollos deseables en el proceso, las mejoras del producto, los proyectos de capital y la disponibilidad económica.
- (8) Habría facilidades para el control del nuevo proyecto de capital.

Una vez que hemos hablado sobre el futuro, voy a hacer unos breves comentarios sobre el pasado y presente. Puede ser que les haya mostrado un planteamiento demasiado oscuro; no tenía la intención de hacerlo así cuando se me invitó a hacer esta ponencia, pero se me pidió que fuera eminentemente práctico y así he tratado de serlo.

No debe de ignorarse que los problemas existen, pero no se ha hecho nada por evitarlos. Esta industria necesita automatización y está atrasada mundialmente si se compara con otras industrias que existen. Hagamos frente a esos problemas, pero hagámoslo de una manera sensible y lógica y en forma planificada y práctica. Muchas gracias.

COLOQUIO

Sr. LOESCHE: *El Sr. WILLIS, al hablar de un plan de control por computador, ¿se refiere a un plan general o a uno de su propia organización?*

Sr. WILLIS: *Este plan existe, aproximadamente en su mitad, en instalaciones de los EE.UU., y de la otra mitad existen algunas en Europa. Nuestra propia organización ha utilizado solamente dos o tres de estas instalaciones de computador: en el Reino Unido, en Noruega y en Suecia.*

Sr. LOESCHE: *De las 45 instalaciones de Computadores que ha citado el Sr. WILLIS, ¿cuántas fábricas combinan el análisis por rayos X en circuito on-line con el computador?*

Sr. WILLIS: *Menos de la mitad, aunque en la mayoría de los casos si no tienen la técnica de rayos X on-line emplean técnicas de rayos X de laboratorio que llevan consigo alguna utilización del computador.*

Sr. CALLEJA: *¿Qué es lo que piensa el Sr. WILLIS sobre la posibilidad, sobre lo apropiado que sería utilizar una pequeña planta piloto de cemento para comprobar y para hacer ensayos sobre los puntos principales que se relacionan con la automatización de una fábrica de cemento?*

Sr. WILLIS: *Me parece que este punto es muy interesante. Dependerá, naturalmente, de si consideramos estos planes de automatización como planes de investigación o simplemente como proyectos de planes verdaderos. Me parece que los planes más modernos de automatización hechos hasta la fecha, han salido ya de la etapa puramente experimental; creo que ya hemos superado dicha etapa. Ahora estamos en la etapa en la que estas técnicas se pueden aplicar directamente a todas las operaciones de una fábrica. Con esto no quiero decir que no haya muchos problemas que se podían estudiar todavía en una planta piloto. Naturalmente, existen los problemas de medida que ya he citado, pero me parece que, en general, la aplicación ya ha llegado a su máximo nivel o, por lo menos, al más alto nivel que se puede exigir.*

Sr. PRESIDENTE: *El Sr. WILLIS nos ha mostrado un estudio muy completo de automatización en todos los órdenes: personal, técnicos, instalaciones, etc. Habrán observado Vds. que una instalación automática resuelve todos los problemas de una industria, desde el principio hasta el final: la instalación propia de la fábrica y las reparaciones. Incluso, me ha chocado una cosa que se ha dicho: me ha parecido oír que la proporción de automatización en instalaciones de cantera es pequeña. Sin embargo, es grande cuando se refiere a la preparación de crudos: un 60 % se aplica al crudo y un 40 % al horno.*

Agradecemos al Sr. WILLIS la lección interesante y práctica que nos ha dado sobre este asunto.