

Instrumentación electrónica analógica centralizada de un horno de cemento sistema vía seca, con recuperador tipo Humboldt

J. L. MANJON
Meci - Hispania

INTRODUCCION

En las condiciones actuales de desarrollo de las técnicas de regulación automática de procesos industriales, las fábricas de cemento continúan siendo, particularmente en Europa, un motivo de discordia entre partidarios y enemigos del automatismo generalizado tal como se practica en la mayoría de las fabricaciones de los sectores químico, siderúrgico y energético.

La posición actual es, por tanto, de cierta perplejidad ante la instrumentación a montar en las nuevas instalaciones.

Caben tres posibilidades: La primera de ellas consiste en seguir la técnica convencional de vigilar, bien mediante registro o únicamente como indicación, algunas de las variables más importantes del horno. La segunda solución permite centralizar analógicamente todos los datos importantes de la fábrica y regular mediante consignas fijas interdependientes una gran cantidad de pasos importantes del proceso. La tercera consiste en la aplicación de un ordenador que realiza la función anterior mediante un sistema directo digital.

La primera solución evidentemente no puede ser interesante, dados los medios con que cuentan los aparatos de control modernos, más que en aquellos casos en que las condiciones de aptitud para la regulación que enumeraremos más tarde no se verifiquen de ningún modo.

La solución digital, mediante la aplicación de un ordenador que reciba la información necesaria y fije las consignas de regulación automática del proceso parece ser la solución óptima, pero tiene diversos inconvenientes importantes entre los que cabe destacar la enorme dificultad de la preparación de un programa conveniente, la necesidad de un personal altamente calificado, y un precio muy considerable.

Queda, por tanto, la solución de la centralización analógica como paso intermedio más conveniente entre las etapas mencionadas anteriormente.

Sus posibilidades, cuando se trata de un sistema electrónico de vigilancia y captación de datos, son comparables al sistema digital, y sus únicas limitaciones se encuentran en la regulación de ciertas cadenas del proceso, principalmente de la combustión, que dependen en parte muy importante de reacciones energéticas químicas, sólo previsibles me-

dian­te complicadas relaciones matemáticas. Sin embargo, las cadenas de regulación analógica electrónica moderna M-Line están previstas para recibir señales procedentes de ordenadores exteriores colocados a posteriori, que pueden realizar las diversas operaciones que interesen.

CONDICIONES DE APTITUD PARA LA REGULACION

La regulación automática exige una serie de condiciones mínimas de aptitud, sin las cuales ésta sería imposible. Recordaremos a continuación estas condiciones:

a) Homogeneidad de la materia cruda.

La materia cruda debe ser lo más homogénea posible a lo largo del proceso de fabricación. Especialmente esto es difícil en el caso de los procesos de vía seca, por lo que es imprescindible un cuidado extraordinario en la marcha del molino de crudo.

b) Elección correcta de las gamas de medida de los instrumentos.

Muy a menudo, los hornos de cemento trabajan sobrecargados, debido a que se les exigen producciones mayores que las previstas. De esto resulta un funcionamiento de extractores de humo, ventiladores de aire primario y secundario y demás dispositivos de combustión fuera de sus cargas nominales y, por tanto, ocurre normalmente que los órganos de medida trabajen por encima de las condiciones de circulación para las que fueron calculados. Debe tenerse gran cuidado de que esto no ocurra.

c) Mantenimiento y vigilancia de la marcha continua del horno.

Es imposible conseguir una regulación automática correcta cuando el horno no lleve una marcha continua.

Para ello es imprescindible complementar la regulación con sistemas de vigilancia de fallos muy perfeccionados que nos adviertan de impedimentos a la continuidad del trabajo, del tipo de anillos, averías eléctricas, defectos en el refractario, etc.

Es también fundamental un cuidado esmerado de los detectores, tales como cañas piro­métricas y probetas de toma de análisis de gases, las cuales están sometidas en ciertos casos a un desgaste importante.

INSTALACION DE REGULACION DE UN HORNO ROTATIVO HUMBOLDT

La puesta en marcha relativamente reciente de un horno tipo Humboldt en España con una instrumentación analógica de gran envergadura nos permite utilizar un ejemplo concreto de la aplicación de la regulación automática a un horno moderno.

El horno es del tipo corto, vía seca, a recuperador Humboldt y aprovechamiento de humos para secado de molino de crudo. El calentamiento es por fuel-oil. Las fluctuaciones de las componentes de la harina son bajas. La producción del horno es elevada.

Basándose en la gran experiencia de aplicaciones de instrumentos miniatura de regulación M-Line en U.S.A. e Italia se estudió un sistema de regulación centralizado, de tipo analógico, de un alcance considerable. Únicamente se dejó de regular automáticamente aquellas magnitudes en las que estaba claramente probada la insuficiencia de los reguladores analógicos. Por otra parte, el principio de la instalación era el registro continuo de la mayor cantidad posible de magnitudes, único sistema capaz de vigilar con certeza

la marcha correcta del horno, puesto que la forma tradicional de acumular indicadores en distintos paneles resulta a la larga totalmente inadecuado, incluso para su uso como sistema de vigilancia, dado que la fabricación de cemento es un proceso extremadamente continuo.

Todos los instrumentos de indicación, registro y regulación se encuentran centralizados en una sala de control convenientemente presurizada y acondicionada de aire para evitar en lo posible la contaminación de su ambiente con la polución del aire, propia de una fábrica de cemento. Dado que la sala se halla en un edificio contiguo al horno y no junto a la cabeza como en la mayoría de las instalaciones tradicionales, se evitan asimismo las grandes vibraciones producidas por la maquinaria en movimiento, que tanto influyen en un mantenimiento correcto de los aparatos de medida y regulación. Evidentemente con todas estas precauciones el cuadro de control se encuentra en condiciones óptimas de trabajo, aunque no se impide totalmente la entrada de polvo. Sin embargo, dado que los reguladores y operadores son todos transistorizados, sin parte móvil alguna, la influencia de este factor es mínima. Por lo que se refiere a los registradores, se trata de aparatos del tipo potenciométrico Speedomax, cuya estanquidad y características permiten una marcha indefinida, mientras que su sistema de inscripción multipunto patentado Cleer-trend registra con claridad sin necesidad de utilizar papeles de registro especiales.

El conjunto formado por el horno, molino de crudos, molino de cemento y demás procesos de preparación y almacenamiento acumula no menos de 1.000 datos informativos respecto a la marcha de las fábricas que se usan en el puesto centralizador como magnitudes de utilización en regulación automática, alarmas enclavadas entre sí, registro continuo e incluso simples indicaciones.

Evidentemente el problema principal estriba en la regulación automática de magnitudes, entre las cuales pueden existir interacciones. Sin embargo, en esta instalación se ha renunciado, como ya hemos indicado, a regular magnitudes para las que se ha probado la insuficiencia de la interacción de señales analógicas. Por tanto, el cuadro de control formando un solo bloque está dividido en cinco paneles principales, ofreciendo una disposición racional de la marcha de la fábrica en cada momento.

El elemento base de regulación automática es el regulador llamado P.A.T. (Ajuste de Posición), que permite el mando automático de servomotores eléctricos, aplicando de una manera real las acciones de control, proporcional, integral y derivada a la posición del servomotor y, por tanto, a la válvula de regulación. Este regulador compara constantemente el error consigna-medida con el error de posición del elemento final de control y acciona un relé de avance o retroceso a fin de restablecer la posición correcta.

En la tradicional disputa entre la aplicación a los sistemas de regulación electrónica, de aparatos que accionan el elemento final de regulación por variación de corriente o por accionamiento de relés de avance o retroceso, creemos que estos últimos tienen todas las ventajas.

Estas ventajas son:

- 1.^a Cuando el regulador está equilibrado no hay salida alguna hacia el servomotor. Cualquier fallo en la corriente no afecta, por tanto, a la posición de las válvulas.
- 2.^a Para trabajar manualmente únicamente se precisa cerrar un contacto, sin necesidad de pasar por el regulador para que module la señal de corriente de salida.

- 3.^a La transferencia manual-automático se efectúa sin golpe alguno cualquiera que sea la situación de la regulación.
- 4.^a La realimentación del regulador es efectiva, pues no tomamos para esa magnitud la salida del regulador, sino la posición exacta del servomotor.
- 5.^a Cuando se trata de servomotores eléctricos, la precisión de la regulación de la posición a lo largo de todo el sistema es de 0,5 %, mientras que el sistema a modulación de corriente es solamente del 2 al 3 por 100.
- 6.^a En casos como el anterior, se evitan tiempos de respuesta adicionales al utilizar convertidores corriente-contactos.
- 7.^a Utilizando en lugar de contactores inversores normales sistemas tipo SCR que consiguen variar, no solamente la posición, sino también la velocidad de los servomotores eléctricos (convencionales de corriente alterna) se consigue mejorar el posicionamiento del servomotor hasta un 0,25 %.
- 8.^a El P.A.T. ofrece una ventaja muy concreta al tratar de aplicar un computador. Estos suelen enviar su salida a un contacto que cierra o abre. Es muy simple sustituir el contacto de mando manual en un sistema completo del género D.D.C. (Direct Digital Control).

Hemos visto, por tanto, cómo la información que nos llega del proceso de fabricación es tratada en la sala centralizada por tres órganos principales, registro de datos, regulación automática y mando manual y vigilancia y ordenación de alarmas.

Vamos a tratar de una forma general de las medidas de interés para los dos primeros órganos de automatización ya que los armarios de control de alarmas, con sus dispositivos de secuencia y enclavamiento mandados lógicamente necesitarían un estudio por separado.

PRINCIPALES PROCESOS DE LA INSTALACION DE MEDIDA Y REGULACION

Siguiendo la marcha del proceso desde la llegada del material que proviene de la cantera, nos encontramos con las siguientes partes más importantes:

- Molino de Crudo.
- Alimentación.
- Horno.
- Molino de cemento.

Molino de Crudo

El molino de crudo (del tipo Humboldt en el caso que tomamos como ejemplo concreto) utiliza el aire caliente del horno para el secado del material, el cual llega hasta él mediante una banda continua en la que se depositan las cantidades necesarias de áridos, además del reciclo que proviene de los ciclones de la salida de molino.

La regulación analógica de este proceso es como sigue:

Por una parte medimos la presión diferencial, entre la entrada y salida del aire al molino, medida que nos da con suficiente exactitud la carga del molino (compitiendo desde

luego con el sistema de sonda sonora). Por otra parte y por medio de una balanza se mide el peso de material reciclado. En un regulador C.A.T., tipo a corriente ajustable, se fija la carga ideal del molino, que se compone con la presión diferencial mencionada anteriormente. La señal de regulación producida se compara a través de un regulador C.A.T. en cascada con la señal de reciclo, con lo que el regulador pedirá a su salida una corriente proporcional a la demanda óptima de material que debe aportarse al molino.

El material aportado es suministrado mediante una banda continua en la que se depositan las proporciones necesarias de diversos áridos. Estas proporciones se fijan manualmente en reguladores automáticos de proporción, según los datos ofrecidos por el análisis periódico de la muestra. En el caso de disponerse de un analizador automático o semiautomático del tipo a rayos X, no habrá dificultad alguna en que estas consignas fueran mandadas por aquel aparato. El principio de la regulación es como sigue:

Se mide continuamente, mediante cuatro transmisores, la alimentación en kg/s de cada elemento suministrado al molino. Estos transmisores de peso dan una señal de salida eléctrica 0-40 mA, la cual se introduce por una parte a un operador analógico de suma, el cual nos da en cada momento los kg/s que entran en el molino. Esta suma se compara con la señal de alimentación que pide el molino (señal del regulador reciclo-molino), elaborando con este error una señal de regulación que solicita en cada momento la cantidad correcta de material al molino. Esta señal fijará, por tanto, las consignas de los reguladores de proporción de los diversos áridos en el peso total de alimentación al molino. Esto se consigue mediante reguladores C.A.T. cuya salida afecta a reactores del tipo a Silicio Controlado que varían la velocidad de los motores de transporte de las bandas continuas. Por lo que se refiere a la caliza, y dada la gran cantidad que se debe suministrar, el proceso se realiza en dos pasos mediante dos bandas. Una de ellas sirve únicamente para suministrar un caudal continuo en kg/m (o sea, un depósito de caliza continuo sobre una banda) a la segunda banda que es en la que realmente se realiza la medida del peso de caliza. Así se evita, mediante una elección conveniente de la consigna para la primera banda, que se produzcan aglomeraciones y obstrucciones en la tolva de caída a la banda de pesada.

Se registra en este caso, en un aparato de seis direcciones, la carga del molino, reciclo y pesos de los distintos ingredientes.

Otro punto importante es el caudal de aire que atraviesa el molino, el cual es el responsable del arrastre de harina. Esto se regula mediante un regulador de caudal tipo P.A.T. que actúa sobre una de las válvulas de by-pass. Pero en este caso no medimos únicamente el caudal de aire en m³/s, que nos daría un valor erróneo, dadas las variaciones de temperatura del conducto, sino que se realiza mediante un computador analógico la operación

$K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{T}}$ que compensa continuamente el caudal de aire en función de la temperatura.

La regulación de presiones a la salida del ventilador de tiro del horno se realiza mediante dos reguladores P.A.T. (uno para cada chimenea de filtros), los cuales toman una misma medida de presión (-50 a 0 a +50 mm de c.a.). Esto se debe a que no siempre se utilizan ambos filtros, por lo que se debe prever la regulación de esta forma.

Aparte de estos ciclos de regulación automática, existen controles mediante indicación del caudal de aire que pasa por el by-pass y la presión de entrada al molino. Además, existen mandos manuales a distancia de hasta ocho válvulas, con indicación en el panel de cada una de ellas.

Horno - Ciclones Torre Humboldt

Existen cuatro elementos de control principales, en este paso del proceso, el caudal de humos, la alimentación del horno, las depresiones en los ciclones y el análisis de la combustión. El caudal de humos, que influye en la combustión, también influye de forma esencial en el arrastre de polvo del horno, pero en mucho mayor grado que en el molino de crudo, debe considerarse no el caudal medidor directamente, sino el corregido en temperatura (0-800°C). Por tanto, mediante un venturi de grandes dimensiones se mide la presión diferencial creada en el tramo recto de tubería más conveniente. Esta presión diferencial entra junto con la temperatura de humos a un computador analógico que realiza la operación $K \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{T}}$ a fin de ofrecernos un caudal de humos compensado en temperatura. La salida del computador alimenta un regulador del tipo P.A.T. en el que se fija la consigna de caudal más conveniente. Este regulador P.A.T. actúa sobre el motor de velocidad variable que está acoplado al ventilador de tiro, ajustando de este modo de una forma continua el caudal preciso.

La alimentación de harina se hace mediante dos roscas, una de ellas de descarga directa y mando manual de la velocidad de ésta. La otra rosca es de mando automático y descarga sobre una banda continua. La regulación automática se hace en dos pasos. Se mide mediante una balanza Merrick el peso suministrado por la banda continuamente. Esta medida se introduce en un regulador automático tipo C.A.T. en el que se fija la cantidad de harina que deseamos entre al horno. Este regulador actúa sobre un reactor SCR, el cual varía la velocidad de la banda de alimentación. A fin de evitar acumulaciones o faltas en la alimentación, se realiza el siguiente paso en la alimentación a la banda. Se mide la velocidad de giro de la rosca con una dínamo taquimétrica. Por otra parte, se toma una ramificación de la señal de mando de alimentación del regulador C.A.T. de regulación de la banda. Estas dos magnitudes alimentan un regulador automático de proporción velocidad rosca-alimentación horno, el cual mantendrá la rosca a una velocidad tal, que siempre estén relacionadas, según la proporción más conveniente para una marcha correcta de todo el sistema de alimentación. Un registrador miniatura registra el caudal de harina en una de sus plumas y la velocidad de giro del horno en la otra.

Un registrador del tipo Speedomax W, de gran formato, y seis direcciones registra diversas depresiones en los ciclones de las torres Humboldt, a fin de mantenerlas a su nivel correcto actuando sobre el tiro u otras variables. También hay un registrador de temperatura de seis direcciones que permite averiguar las temperaturas en puntos cercanos a las tomas de presión. Ambos registradores tienen alarmas de magnitud demasiado alta que se reflejan en el sistema óptico y acústico de vigilancia.

Llegamos finalmente al analizador de oxígeno que constituye uno de los puntos de mayor litigio en toda instalación de control de una fábrica de cemento. Ello se debe principalmente a la gran dificultad de realizar una toma de muestra conveniente. El sistema de toma de muestras "Reverse-Jet" de Leeds & Northrup Co. impuesto desde hace mucho tiempo en Estados Unidos, se va imponiendo de igual forma en Europa en aplicaciones de toma de humos difíciles, tales como las fábricas de cementos y centrales térmicas. Prueba de ello es que el National Generating Board, de Inglaterra, y Electricité de France lo han normado para las Centrales Térmicas de estos países. El método de absorción de la muestra está basado en una probeta en acero inoxidable "Hastelloy", que dispone, además, de un dispositivo de refrigeración por agua. Otro conducto de agua suficientemente pura, entra en la probeta con el único fin de producir una pulverización de agua en la boca de entrada de

la probeta. Esta pulverización evita la entrada masiva de polvo. La aspiración se realiza mediante un sistema de eyección de vapor, y el conjunto del vapor, agua con polvo y muestra son separados posteriormente en un filtro centrífugo por cuya parte superior sale la muestra a presión y por la parte inferior agua e impurezas. Dado que la línea hasta el analizador puede ser larga, podemos realizar todas las precauciones que necesitemos para evitar la entrada de humedad al analizador. El analizador es del tipo basado en las propiedades paramagnéticas del oxígeno, o sea, en la pérdida de calor de un filamento de platino debida a la convección paramagnética que afecta a las moléculas de oxígeno, mientras que no lo hace con el resto de los gases normales. Este principio físico de absoluta garantía lo asegura un analizador de características permanentes, que además no precisa de ningún mantenimiento. La precisión es de $\pm 0,15\%$ O_2 y la linealidad perfecta.

Por lo que se refiere al oxígeno, no se utiliza su medida más que como magnitud registrada, ya que se ha probado que normalmente las aplicaciones directas, o a través de cascadas analógicas a la corrección de la combustión (control del aire secundario o tiro) no dan un resultado que pueda asegurar una marcha continua. Ello se debe a que las reacciones químicas que se verifican en el horno no están sólo fundadas en la marcha del fuel-oil, aire o tiro, sino también en las posibles variaciones de la calidad del material, lo que produce respuestas imprevisibles del conjunto de la instalación. El registro del porcentaje de O_2 se hace en un registrador miniatura de dos plumas. La otra pluma registra el caudal de fuel-oil en kg/hora.

Horno-Descarga

Al llegar a este punto del proceso, la automatización y el número de medidas suben a niveles más altos que en el resto de aquél.

Entre las magnitudes esenciales, citaremos la regulación de la presión en la cabeza del horno, caudales de aire de enfriamiento y secundarios, temperaturas de clínker, zona de clinkerización y aire secundarios, caudal de fuel-oil, velocidad de parrilla, etc.

En la cabeza del horno conviene en principio mantener una presión nula, que marque el punto divisorio entre la sobrepresión del aire secundario y la depresión del tiro. La medida debe ser, por tanto, de gran sensibilidad, por lo que se escoge un transmisor electrónico de presión con gama de $\pm 2,5$ mm de c.a. La señal de este transmisor entra en un regulador del tipo P.A.T., el cual manda la válvula de mariposa de un extractor situado sobre la parrilla. Sin embargo, a fin de conseguir una regulación más perfecta, un detector de cero detecta la posición de esta válvula y mediante una proporción determinada permite accionar automáticamente la apertura de un segundo extractor.

Un registrador miniatura registra la presión mencionada anteriormente con una de sus plumas, mientras que con la otra se registra la temperatura del talud de clínker. Esta última temperatura se mide mediante un pirómetro de radiación total y debe observarse que es únicamente registrada. En efecto, la regulación del caudal del fuel-oil a partir de la medida de esta temperatura, que se ha llevado a cabo bastante a menudo, es muy difícil debido a que no sólo el caudal de fuel-oil influye en esta temperatura, sino también las reacciones exotérmicas producidas al paso por el horno de la materia cruda, las cuales sólo pueden preverse mediante la aplicación de un computador convenientemente programado. Por otra parte, aun introduciendo seguridad de enfoque (tubos de visión y limpieza continua de este tubo) y dispositivos de amortiguación, esta medida de temperatura tiene oscilaciones muy frecuentes que hacen difícil la regulación.

El caudal de fuel-oil, por tanto, es regulado según una consigna fijada manualmente en función de la marcha que se crea más correcta del horno. Este caudal es asimismo registrado y totalizado. Los sistemas de retorno se regulan manualmente. Lo mismo ocurre con el caudal de aire primario.

Por lo que se refiere a todo el sistema de enfriamiento del clínker, su regulación automática está basada en las sobrepresiones en la parte inferior de la parrilla y la temperatura del aire secundario en la parte superior. Se realizan cuatro medidas de presión en la parte inferior de la parrilla, la cual está dividida en dos partes, mandadas por motores independientes de velocidad variable. Un registrador de seis puntos registra estas presiones y las velocidades de avance de las dos partes de la parrilla. El aire de enfriamiento entra por cinco impulsores mandados por ventiladores independientes. Se realiza la medida de los caudales de aire mediante toberas, y se fija para cada una la consigna más conveniente de caudal de aire de refrigeración. Esta regulación, como la mayoría de las de control de aire, se hace por medio de reguladores P.A.T. que accionan servomotores eléctricos y válvulas de cierre tipo alabe.

Una vez fijado el caudal de aire de enfriamiento, debemos regular la capa de clínker sobre la parrilla para conseguir un enfriamiento correcto de este material. Para ello, además de las presiones en la parte inferior de la parrilla, hay que tener en cuenta la temperatura real del aire secundario, así como la de la parrilla. Se realiza, por tanto, mediante una caña de aspiración, una medida de la temperatura real del aire que ya ha pasado por la parrilla a fin de conseguir el rendimiento calorífico máximo del sistema (calentamiento máximo del aire dentro de la mayor seguridad posible de la enfriadora, especialmente de la parrilla). Por ello se mide también, mediante una caña de contacto, la temperatura de la parrilla, que será la que nos limita la anterior. Ambas temperaturas se registran en un registrador miniatura de dos vías. Una de las medidas de presión se introduce a un regulador del tipo P.A.T., el cual manda la velocidad de la parte de la parrilla en la que se vierte el talud, actuando sobre el motor de velocidad variable. La segunda parte de la parrilla está mandada por un regulador tipo P.A.T. con punto de consigna de proporción, en el cual fijamos la proporción de velocidad de la segunda parrilla respecto a la primera.

Otras muchas magnitudes de esta parte del proceso se indican únicamente como, por ejemplo, la temperatura y presión del fuel-oil, caudal aire primario, temperatura de aire exhaustores, etc.

Punto esencial de esta parte del horno es el registro de la temperatura exterior de la pared del horno en la zona de clinkerización. Esta medida, de gran interés para preservar el refractario del horno, se consigue realizar mediante un dispositivo óptico de radiación total que mide a la gamma 90 — 540°C. El pirómetro óptico está mandado por un servomotor eléctrico que realiza un giro de 85° en 24 pasos. El avance de los pasos está sincronizado con los giros del horno, de forma que el dispositivo vigile una franja completa de cada giro. La temperatura es registrada en un registrador miniatura, disponiéndose igualmente en la sala de control de un sistema de mando manual de avance del servomotor, así como un indicador de posición que nos permita conocer dónde se halla el punto caliente. Este dispositivo se conoce con el nombre de Rayoscan.

Molino de cemento

Llegamos al último paso de la manufactura del cemento, o sea, el molino de cemento, cu-

yas cadenas de regulación, salvo en lo que respecta a los problemas que presenta el aire caliente de secado, se asemeja mucho a las del molino de crudo.

Todo el sistema de proporcionamiento de las tres componentes a introducir en el molino de cemento es similar al del molino de crudo; la única diferencia es que la medida del material ya molido viene dada por sendos convertidores térmicos de kW que nos dan idea del peso del cemento remontado por las roscas finales. Esta medida equivale en cierto modo a la señal de presión diferencial más el reciclo que interviene en el molino de crudo.

Un registrador de seis direcciones registra los pesos de cada componente (clínker, *correctivo*, yeso), el peso total de entrada al molino, peso de salida y temperatura de salida.

Mención especial en la regulación automática de la marcha de este molino ha de hacerse al control de granulometría del reciclo. En efecto, los elevadores mandan el material molido a dos ciclones cuyos sistemas centrífugos están regulados automáticamente en su velocidad angular, a fin de seleccionar la granulometría conveniente del cemento que pasa a los silos. El polvo de granulometría excesiva vuelve al molino, donde es nuevamente tratado. El regulador es un P.A.T. que actúa sobre el paso de aceite de un regulador de velocidad del ciclón hidráulico y regula de manera muy fina la selección de granulometría.

El mando de los exhaustores del molino es manual con indicación de la posición de la válvula.

SISTEMA DE VIGILANCIA

Complemento de toda la instalación de regulación automática es un registrador multi-banco, multipunto de 240 direcciones que vigila con tiempo de respuesta de 1,5 segundos por punto las distintas temperaturas de peligro del horno. Dichas temperaturas incluyen los cojinetes del horno, molino de crudo y de cemento, distintos ejes de motores, filtros, agua de refrigeraciones varias, etc., etc.

El registrador que realiza esta función tiene una escala de 0-150°C, con termopares de Fe-Ct con las siguientes características: El registrador de 24 puntos funciona por bancos sucesivos de este número de puntos, teniendo la posibilidad de registrar el punto y banco que se desee en cualquier momento. Asimismo y para evitar la acumulación de señales en la gráfica, cuando se desee, puede evitarse que los puntos sean registrados, con lo que el aparato sólo trabajaría como indicador. Además, el aparato puede disponer de una alarma por cada banco, con lo que, automáticamente, el registrador comienza a actuar únicamente en el punto de peligro.

Este sistema de vigilancia es, por tanto, de suficiente velocidad y precisión para conseguir una recopilación de datos correcta de toda la fábrica.

CONCLUSIONES

Hemos visto de forma general los distintos puntos de interés que deben ser regulados en una fábrica de cemento de las características indicadas al principio.

Se trata de una aproximación muy correcta de una buena regulación analógica, como lo prueba que haya sido puesta en marcha en un tiempo razonablemente corto y, sobre todo, que se consiguió que prácticamente todos los anillos de regulación (con pequeñas modificaciones) tuvieran una aplicación excelente en la práctica.

Evidentemente este éxito es función principal de la gran calidad y experiencia de los aparatos M-Line de Leeds & Northrup Co. en sus aplicaciones a sistemas centralizados de fábricas de cemento, pero asimismo y en gran medida a colaborar con técnicos de nuestros clientes que no dudaron en los momentos más difíciles que la aplicación de los distintos controles era conveniente y efectiva, así como un servicio de puesta en marcha totalmente nacional que permitió en todo momento seguir los puntos culminantes de la arrancada con los medios más convenientes.