Producción y exportación de cemento mediante un proceso controlado por un autómata programable

Eusebio Fernández Martínez

Estudiante de ingeniería técnica industrial, especialidad eléctrica

Resumen

El proyecto tiene el objetivo de automatizar la producción y exportación de cemento en la fábrica de Vallcarca (Sitges), denominada Uniland Cementera, S.A. Para tal fin, se utiliza un PLC para controlar el proceso que realiza la mezcla para obtener cemento y exporta el producto a granel o ensacado.

El control de acceso a la planta de los camiones para realizar la descarga de cemento a granel, en sacos o para la exportación de clínker, se controla mediante una Red Ethernet donde la información recibida se envia a la central para realizar la gestión del control.

El autómata consta de una CPU y los módulos de ampliación necesarios para recibir todas las entradas necesarias y activar las salidas correspondientes según la programación realizada, donde se utilizan una serie de programas compatibles con Siemens.

1. Introducción

Para automatizar todo el proceso de producción y exportación se usa un autómata programable. El programa pretende mejorar el rendimiento de la producción y la calidad del producto, respecto a los resultados obtenidos mediante sistemas manuales.

Durante el s.XX, la empresa, denominada Cementos Fradera, obtuvo grandes producciones de cemento y buenas comunicaciones por aire y por mar para su exportación, siendo una de las más importantes empresas del sector.

Uniland se constituye en 1987, con la intención de desarrollar la misma actividad industrial y comercial, apostando por el medio ambiente, la seguridad laboral y un gran desarrollo económico y social.

2. El proceso productivo

Antes de obtener el clínker necesario para la producción del cemento, la fábrica realiza una serie de procesos.

El primer proceso se inicia en una cantera, donde se obtiene la materia prima, normalmente roca caliza. Para mejorar la manipulación, las rocas se trituran para almacenarlas y, posteriormente, pararlas por una molienda de crudo. Después, un intercambiador de ciclones, va aumentando la temperatura del material a medida que va bajando de nivel hasta que llega a un horno giratorio donde se realiza la cocción a unos 1500ºC. Posteriormente, se enfría de golpe para dejar el clínker a 60ºC y almacenarlo en los hangares de clínker.

A partir del parque de clínker, el autómata automatiza el resto del proceso, es decir, tanto la producción como la exportación del cemento.

3. Descripción del funcionamiento

Desde el parque de clínker, unas pinzas recogen el clinker y lo transportan a un silo para almacenarlo. Un motovibrador en el silo de clínker permite mejorar la descarga. Éste y dos silos más, uno de yeso y otro de aditivos para mejorar la calidad del producto, dejan caer el material hasta un determinado peso, las válvulas se cierran y las compuertas se abren para que una cinta y un elevador envíen el producto a la molienda. Cada ciclo del proceso lo marca un sensor o detector de movimiento ultrasónico situado al final de la cinta.

Fig. 1. *Sensor ultrasónico Osisonic de la marca Telemecanique*

La producción se manifiesta en la molienda de cemento, donde se realiza la mezcla para obtener el producto y poder transportarlo y almacenarlo en un silo.

El proceso de ensacado se divide en dos partes. Una parte envía el producto a la ensacadora por medio de un aerodeslizador y un elevador.

Fig. 2. *Ensacadora giratoria T-DIGIPACK-R de Syntech*

La ensacadora gestiona todo el proceso de ensacado mediante la propia programación de la máquina. Los sacos pasan por diferentes cintas hasta su paletización. Para controlar el peso de cada saco, una báscula lee su peso. Si es erróneo, el saco se deriva a un rompesacos donde se destruye y el cemento que había en su interior y vuelve de nuevo a la tolva de la ensacadora.

En cuanto al proceso para la descarga a granel, el producto almacenado en el silo se envía a una tolva a través de un aerodeslizador, es en esa tolva desde donde se realiza la descarga. Cuando un camión se coloca en la báscula y el lector confirma sus datos, se acciona la manguera hasta que se conecte con el depósito del camión y se pueda realizar la descarga. Una vez la báscula lee el peso máximo estipulado, se detiene el proceso y la manguera asciende hasta su posición inicial.

4. Control de acceso

El control de acceso de los camiones a la planta de la fábrica se gestiona mediante una Red Ethernet que controla el registro de camiones de exportación a granel o de clínker. Los datos que se obtienen en la planta se envían a la central.

Una vez el conductor entre a la planta, podrá llegar a su punto de descarga mediante sistemas de señalización. Antes de proceder a la descarga a granel, un lector recoge los datos del camión.

Fig. 3. *Lector de proximidad de Kimaldi*

El sistema informático consta de un ordenador principal que contendrá la base de datos y la aplicación del servidor, dos ordenadores cliente para la introducción y grabación de los datos de entrada, tres lectores para realizar la lectura de la información y un Switch para establecer la interconexión entre la central, los ordenadores cliente y el PLC.

5. Listado de los elementos

La lista muestra los elementos necesarios a utilizar para la automatización, la cual se divide en motores de corriente continua y alterna.

Item	Máquinas del proceso	Uds.
1	Motor AC de 4500 kW a 6kV	1
2	Motor AC de 30 kW a 6kV (34,05 kW)	1
3	Motor AC de 30 kW a 6kV (23,68 kW)	1
4	Motor AC de 11 kW	1
5	Motor AC de 5,5 kW	1
6	Motor AC de 5,5 kW	1
7	Motor AC de 4 kW	1
8	Motor AC de 3 kW	1
9	Motor AC de 2,2 kW	1
10	Motor AC de 1,5 kW	1
11	Motor AC de 1,1 kW	1
12	Motor AC de 0,75 kW	3
13	Motor AC de 0,55 kW	1
14	Motor AC de 0,55 kW	1
15	Motor CC de 0,123 kW	1
16	Motor CC Motobomba de 1,1 kW	4
17	Motor CC Compresor de 4 kW	1

Tabla 1. *Lista de los motores de cada máquina*

También se enumeran los componentes del proceso, del acceso a planta, de la automatización y los armarios de potencia existentes.

Finalmente, se muestra una tabla donde aparecen las características de cada motor: la potencia, la velocidad, la tensión, la intensidad nominal y la de cálculo, el factor de potencia, la marca del motor y su referencia.

6. Listado de entradas y salidas

La tabla enumera las distintas entradas y salidas, las marcas, los temporizadores y contadores que se han utilizado para la programación. Los conceptos se encuentran separados para definir a qué máquina pertenece y cada uno de ellos está relacionado con su correspondiente nombre de la entrada o salida del PLC.

7. El autómata

El autómata escogido para la automatización del proceso de producción de cemento hasta su exportación es un PLC Simatic de Siemens.

Fig. 4. *CPU1214C 6ES7 214-1HE30-0XB0 de Siemens*

Además de aportar una gran fiabilidad en sus productos, Siemens es compatible con los programas de programación y simulación de los procesos.

El autómata posee la capacidad suficiente de memoria para almacenar y procesar todos los programas que se utilizarán. Mediante 8 módulos de ampliación, el PLC será capaz de procesar todas las entradas analógicas, las entradas y salidas digitales, además de otros procesos internos como marcas, temporizadores y contadores.

Para aplicar tensión y asignar las conexiones de los módulos se instala una fuente de alimentación y un procesador de comunicaciones.

8. Programa del autómata

La programación se realiza mediante el software de Siemens Step7 Micro/WIN. Para programar cada una de las máquinas se utiliza el Grafcet, un método sencillo de aplicar y programar.

Para aplicar este método es necesario descomponer el proceso en etapas, las cuales, a cada una se le asocia una o varias acciones que serán efectivas cuando la etapa esté activa. Entre etapa y etapa existe una condición de transición que si se cumple, activará la siguiente etapa y desactivará la anterior. Las etapas y condiciones irán colocadas de forma alterna, es decir, no estarán dos etapas o dos condiciones seguidas, ya que se podría realizar la fusión de ambas.

La secuencia lineal es la que más se repite en la programación, pero también existe la secuencia direccional

para la mezcla de clínker, yeso y aditivos, donde las etapas se colocan en paralelo, ya que son independientes entre sí, hasta que se cumplan sus correspondientes condiciones y vuelvan a desembocar en la siguiente etapa.

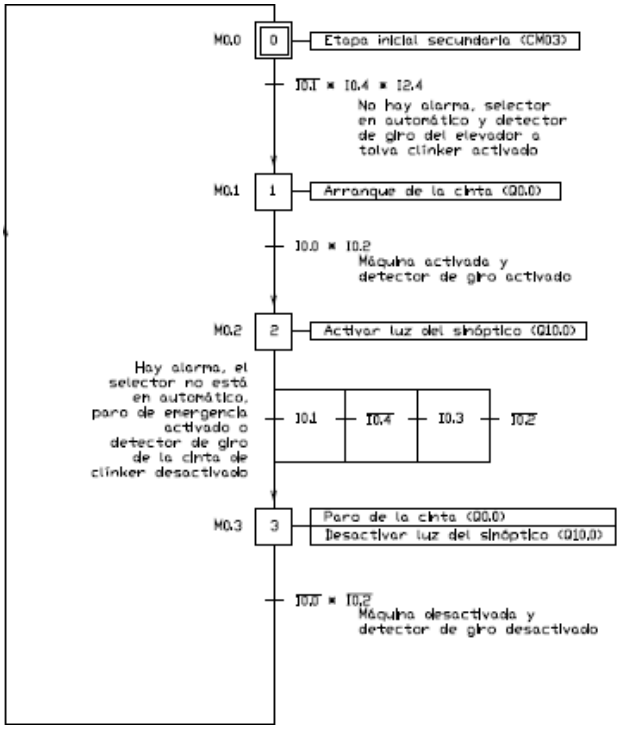

Fig. 5. *Grafcet de la cinta silo clinker*

Una vez realizado dicho método, se siguen unas pautas para traducir el programa a lenguaje Ladder. Primero se resetean todas las marcas y se activa la etapa inicial mediante la marca especial al inicio de la programación llamada SM 0.1. Después se programa el contacto de la marca anterior y la condición de transición en serie o en paralelo, depende de cómo lo especifique el Grafcet. Cuando se cumpla la condición mientras la marca anterior esté activada, se activará la siguiente marca y se desactivará la anterior. Por último se asocian las marcas con sus correspondientes salidas, temporizadores y contadores.

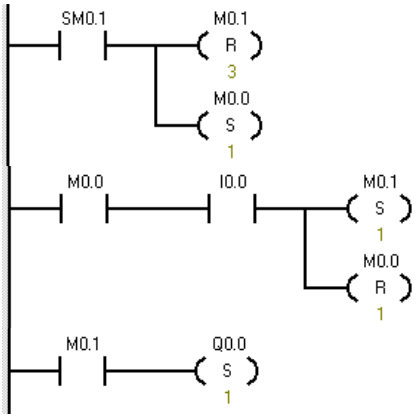

Fig. 6. *Pasos para realizar la programación*

9. Cálculo de líneas

En este apartado se calculan las líneas eléctricas para verificar que la caída de tensión en cada tramo no sobrepasa el máximo valor según la normativa a aplicar en cada caso, como el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o el Reglamento de Alta Tensión.

Para el cálculo de sección de los cables de alimentación consideraremos factores como el coseno de fi, el rendimiento y un factor de cálculo que dependerá de las condiciones en el arranque. También se consideraran factores propios del cable como su longitud y el material de su conductor.

La intensidad nominal en cada línea se calcula:

· Para circuitos trifásicos: $In = P / (\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi)$
· Para circuitos monofásicos: $In = P / (V \cdot \cos\varphi)$
Donde: In es la intensidad nominal
P es la potencia
V es la tensión nominal
cosφ es el factor de potencia.

La intensidad de cálculo se obtiene multiplicando el valor obtenido por un determinado factor de cálculo que depende de cada máquina, para averiguar la sección del cable y comprobar que la caída de tensión en la línea es correcta.

Para realizar el cálculo de la caída de tensión se utiliza para:
· Circuitos trifásicos: $\%Cdt = Pc \cdot L \cdot 100 / (\sigma \cdot S \cdot V^2)$
· Circuitos monofásicos: $\%Cdt = Pc \cdot L \cdot 200 / (\sigma \cdot S \cdot V^2)$
Donde: Cdt es la caída de tensión en el tramo
Pc es la potencia de cálculo
L es la longitud del cable
σ es la conductividad eléctrica del material
S es la sección del conductor
V es la tensión nominal

Finalmente se muestran los cálculos eléctricos de cada línea eléctrica realizados en una hoja Excel. La caída de tensión acumulada desde el transformador hasta el final de la línea se denomina %acu.

Línea	Pc (kW)	In (A)	Manguera	%Cdt	%acu.
MT01	5625,00	451,07	2x3x240	0,017	0,378
MT02	30,78	2,45	3x16	0,021	0,381
MT03	42,56	3,52	3x16	0,022	0,382

Tabla 2. *Cálculos eléctricos de los motores de media tensión*

Línea	Pc (W)	In (A)	Manguera	%Cdt	%acu.
CM01	6875	16,44	3x16	1,96	2,34
CM02	154	0,66	2x4	0,34	0,72
CM03	5200	11,95	3x16	1,29	1,68
CM04	14300	34,09	3x35	1,27	1,66
CM05	1375	5,63	2x4	1,90	2,29
CM06	688	1,73	3x6	1,49	1,85
CM07	1375	5,63	2x6	1,70	2,06
CM08	688	1,79	3x4	0,63	0,99
CM09	6875	16,84	3x16	1,22	1,61
CM10	1250	3,26	3x10	0,57	0,97
CM11	1875	4,83	3x10	0,94	1,33
CM12	3125	7,47	3x16	1,12	1,51
CM13	2750	6,57	3x10	0,95	1,34
CM14	1375	5,63	2x4	1,97	2,36
CM15	1375	5,63	2x4	2,04	2,42
CM16	7150	16,44	3x16	1,36	1,73

Tabla 3. *Cálculos eléctricos de los motores de baja tensión*

10. Riesgos laborales y medio ambiente

El tema de prevención de riesgos laborales, importa mucho en esta empresa, es por eso que se dedican tiempo y recursos para evitarlos. Se hacen cursos de prevención de riesgos para todos los nuevos ingresos de la fábrica, se protegen y señalizan las zonas peligrosas.

También se realizan estudios de ergonomía en puestos manuales, para evitar que los trabajadores en corto o largo plazo se resientan de alguna parte de su cuerpo o incluso que le produzcan lesiones crónicas.

Respecto al medio ambiente, esta empresa tiene una política de ir reduciendo año a año en la medida de lo posible, recursos energéticos y consumo de materiales nocivos o perjudiciales para el medioambiente. Se intenta cambiar materiales de embale como pueden ser el cartón o plásticos (PVC's), por otros materiales que no sean nocivos para el medioambiente y de una larga duración, como cajas de madera.

11. Programa de mantenimiento

Se harán revisiones cada 6 meses de todas las máquinas automáticas, revisando que el funcionamiento y todas las conexiones del proceso estén correctas. Si hay algo que está mal o falla, se debe de cambiar o calibrar según sea el error. A parte de estas revisiones semestrales, se realizaran estudios de capacidad de las máquinas para comprobar que el proceso es fiable.

12. Sostenibilidad

En la fábrica se generan muchos residuos que son peligrosos y nocivos. Estos residuos son gestionados por una empresa exterior dedicada a la limpieza que se los lleva para poderlos reciclar.

La empresa tiene implantado en sus instalaciones un protocolo de actuaciones sobre la gestión de los residuos generados, así como los generados por las empresas subcontratadas que trabajan en ella.

Otro punto que también se tiene mucho en cuenta es la elección de materiales que se utilizan en la empresa, hablando de productos tóxicos o perjudiciales para el medio ambiente.

13. Anexo

Este proyecto consta también de un anexo, donde se incluyen las hojas de características de cada elemento del PLC utilizados.

14. Conclusiones

Una vez realizada la programación se observa que se han utilizado 130 entradas de las 136 disponibles y 64 salidas de las 122 del PLC, lo que significa una reserva del 24,8%.

Especificaciones	PROG.	PLC
Entradas analógicas	9	10
Entradas digitales	121	126
Salidas tipo Relé	34	90
Salidas tipo Digital	30	32
Nº módulos	8	8

Tabla 4. *Entradas y salidas utilizadas del PLC*

El pliego de condiciones comenta que hay que dejar un 20% libre para posibles ampliaciones futuras en el PLC, por tanto se puede afirmar que la instalación estaría preparada para tal fin.

Realizado el estudio económico excluyendo el IVA, se obtiene el presupuesto del proyecto sumado el precio de todos los elementos que se instalarán, el porcentaje que se lleva el ingeniero por la creación del proyecto y la mano de obra para hacer la instalación.

15. Agradecimientos

Agradezco la información recibida en el lugar de trabajo, en la biblioteca y, sobre todo, en las clases impartidas durante la carrera en la universidad donde profesores y alumnos me han facilitado la documentación necesaria para realizar el presente proyecto.

Referencias

Se ha buscado información en ofertas, libros de texto y varias páginas web, como las que se mencionan a continuación:

[1] Planos de la maquinaria en AutoCAD extraídos de un anteproyecto para la empresa Portcemen (realizados por Instaura). Material aplicado en los planos de sinóptico.

[2] Manuel Díez del Río, "Manual de Maquinaria de Construcción", McGraw Hill, Cálculo de maquinaria.

[3] Cementeras: www.uniland.es
www.portcemen.com

[4] Maquinaria: www.kauman.com
www.syntech.es

[5] Motores: www.servorecambios.com
www.alconza.com

[6] Proceso: www.averyweigh-tronix.com

[7] Acceso: www.kimaldi.com

[8] Control: www.schneiderelectric.es
www.siemens.com
www.arteche.com

[9] Cálculos: http://personales.unican.es/rodrigma