



## **CONTROL AUTOMÁTICO DEL DOSIFICADOR DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL CEMENTO DE LA CIUDAD DE VILLETA**

**Néstor García - FPUNA**

**Vanderley Espínola - ITAIPU**

**Oscar Chávez - MICROCONTROL**

**Carlos Penayo - RIEDER**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

Esta investigación propone un sistema de control electrónico automático actualizado, aplicable al dosificador de la Industria Nacional del Cemento de la ciudad de Villeta, a fin de optimizar recursos y mejorar el rendimiento de la producción. Se utiliza un Controlador Lógico Programable (PLC) como eje principal de la automatización, el cual procesa la información de los instrumentos industriales existentes y propuestos, de modo a obtener un control integrado de lazo cerrado. Este permite realizar las modificaciones en tiempo real, necesarias de las variables de proceso. Se propone una tolva adicional al dosificador, de modo a que el sistema tenga trazabilidad. Además, el sistema desarrollado permite la visualización de la planta en tiempo real; a través de un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), por medio de una computadora. Esta es capaz de: emitir alarmas, en caso de fallas, que se generen en elementos de campo, registrar eventos producidos y datos relacionados a la producción para generar históricos, de esta manera poder controlar, las estadísticas de producción. Con la implementación de la tecnología propuesta, la industria obtendrá un sistema modular, que permitirá controlar eficientemente el proceso y optimizar recursos.

### **PALABRAS CLAVES**

1. Automatización. 2. Dosificación. 3. SCADA. 4. Trazabilidad. 5. Controlador lógico programable (PLC). 6. Optimización. 7. Recursos.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la industria, el costo de la materia prima es un gasto fijo por la producción. Uno de los factores que afecta al margen de utilidad y que depende de qué tan precisos sean los equipos de medición; indicando el total de material utilizado para la elaboración de cualquier producto. Asimismo, en el área de dosificación, es el de contar con equipos de medición que puedan detectar la incertidumbre del proceso y una automatización adecuada para controlar los errores mínimos del sistema.

En el área de dosificación, debido a la calibración manual de selección de tipos de cementos, este trabajo propone un sistema SCADA, que permitirá controlar y visualizar en tiempo real la dosificación. Asimismo, el proceso de elaboración y la ampliación de recetas con selección de diferentes tipos de cementos, dosificados, en forma porcentual. El referido sistema es muy significativo; porque permitirá mantener uniforme, la calidad del cemento elaborado y diversificando la producción. Para ello, se ha diseñado un sistema confiable que puede medir, de manera continua, los productos que pasen sobre una cinta de pesaje; determinando en su funcionamiento el caudal de trabajo y comparando con el caudal real.

De esta manera, logrará realizar un control directo del mismo, por medio de lazos de control, ajustando su velocidad para mantener siempre estable la dosificación. Además, podrá compartir información por medio de una red PROFIBUS DP y una red MPI. Así mismo, con esta propuesta se podrá realizar programas de mantenimiento preventivo de los equipos, con el fin de alargar su vida útil, aprovechando al máximo el rendimiento de los componentes; según especificaciones técnicas de fabricación.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El problema abordado en este trabajo es relevante; porque el desgaste de los equipos, debido a los años de servicio y la falta de actualización tecnológica, como en el proceso de dosificación de la materia prima, afecta el rendimiento de la producción. De esta manera, ocasiona pérdidas económicas significativas a la industria por consumo extra de Clinker. Estas pérdidas están relacionadas a la dosificación con respecto a la variación de peso, también la verificación de materia prima en sus respectivas tolvas de recepción y selección de tipos de cementos se hace en forma manual. Todo esto, conlleva a la necesidad de actualizar, proyectar e implementar la automatización de dicho sistema con tecnología avanzada, en el área de dosificación.

## 3. OBJETIVO

Desarrollar un sistema de automatización y control integrado al dosificador de la Industria Nacional de Cemento de la ciudad de Villeta, a fin de optimizar recursos y reducir costos; mejorando el rendimiento y la calidad de la producción.

#### 4. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se tuvo que realizar una pasantía supervisada en el Departamento de Mantenimiento Industrial específicamente en el área de Instrumentación en la Planta Industrial de la Industria Nacional del Cemento ubicado en la ciudad de Villeta.

#### 5. SITUACIÓN ACTUAL

Con los datos e informaciones obtenidos de una Industria Cementera Local, acerca del sistema de dosificación de materias primas y la situación actual, tanto en la parte estructural, del tipo de control y de las variables que intervienen en dicho proceso, identificando las características del proceso y como intervienen los operarios en el sistema.

##### 5.1 Sala de Control Central

Esta se encuentra destinada al control central de todo el proceso de molienda de clinker, ahora veamos todo lo concerniente a nuestro sistema de dosificación. Desde dicha sala se lleva a cabo el control y monitoreo de las temperaturas, tanto del tabique como del cemento, observadas por medio de un tablero central, ver Figura 1, el cuál de forma analógica por medio de diodos led va indicando paso a paso todo el proceso, desde su encendido, también desde aquí se procede a la modificación del área de dosificación. Todo el sistema es supervisado por el operador del molino, que a su vez es el encargado de verificar la dosificación e ir cargando todos los datos relevantes en forma manual en planillas de información diaria de la producción de cemento, llevando la estadística de producción en dicha forma.

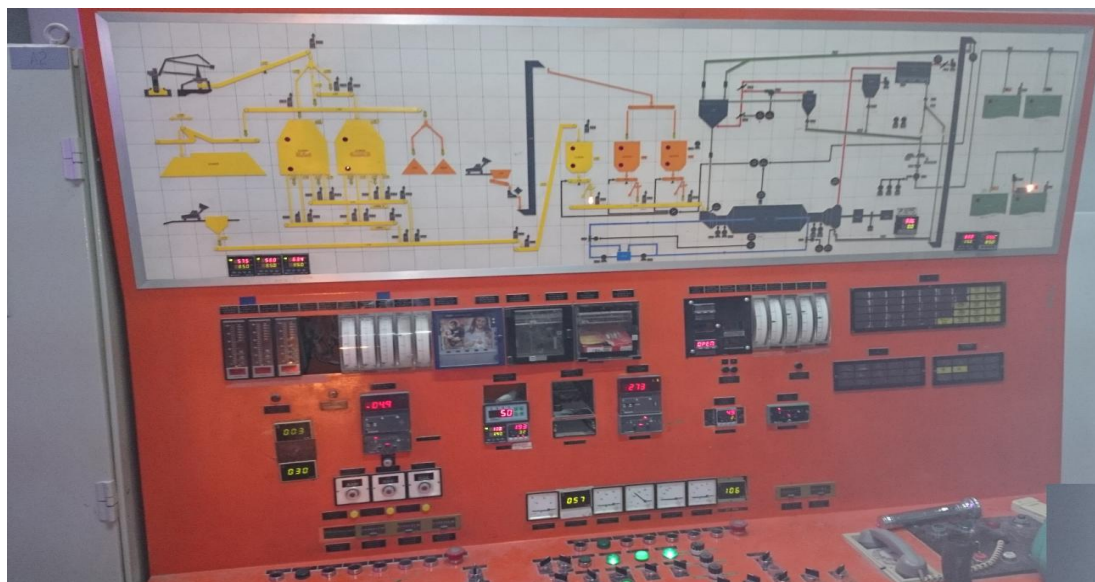


Figura 1 Sala de Control Central

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

### 5.2 Diagrama P&ID de la situación actual

Se presenta el diagrama P&ID del proceso de la situación actual, donde se puede ver en las condiciones en la que trabaja actualmente todo esto teniendo como guía a la norma ISA-Instrumentation Symbols and Identification.

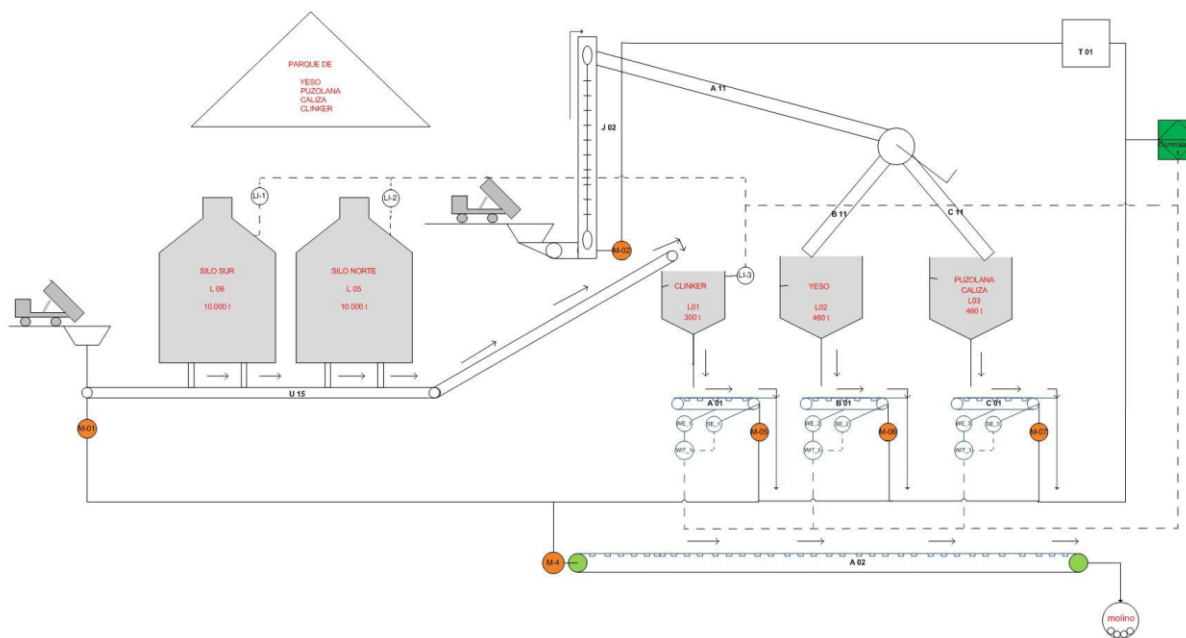


Diagrama P&ID del Sistema Actual.  
(Figura elaborada por el autor)



### 5.3 Limitaciones del Sistema Actual

Las limitaciones del sistema actual se basan fundamentalmente en la falta de control y visualización en tiempo real, por parte del operador del molino, de las variables físicas que afectan la calidad del cemento durante el proceso de molienda, así como la necesidad de existencia de una base de datos con todos los parámetros variables en el tiempo y por sobre todo la obsolescencia de la tecnología existente en los equipos actuales.

Las implementaciones necesarias al sistema de dosificación surgen de la realización de un diagnóstico técnico, observando lo siguiente:

- Necesidad de control y visualización de eventos en tiempo real en la sala central de control por parte del operador del molino.
- Falta de optimización en las materias primas. Necesidad de una implementación de buenas prácticas de manufacturas.
- Mínimo mantenimiento, casi con exclusividad correctivos y ausencia de preventivos.
- Necesidad de instalar sensores de nivel para tolvas.
- Deterioro de las instalaciones eléctricas y/o electrónicas de dicho sistema.

---

-Necesidad de aumento de productividad por nuevas condiciones de mercado, asegurando la homogeneidad del producto elaborado.

## 6. PROPUESTA DE SOLUCIÓN TÉCNICA

Luego de un minucioso análisis del diagnóstico técnico se procede a lo siguiente:

Actualización del sistema de dosificación, con el fin de mejorar el nivel de calidad del cemento dando cumplimiento a las distintas normas técnicas vigentes a nivel nacional y reduciendo costos de operación mediante la reestructuración de los recursos humanos, ahorro en paradas por mantenimientos y ahorro en paradas innecesarias del molino debido a la falta de material y descalibración.

Dicha actualización es realizada mediante la adecuada selección de dispositivos donde la propuesta de solución debe incluir un sistema de control y monitoreo que sea automático, confiable y trazable, en el cual se reemplace a las operaciones de las personas por operaciones automáticas y añada mayor capacidad productiva al sistema. El sistema contara con un cerebro, y memoria al cual se podrá dar instrucciones o recetas de, que tipo de cemento se realizara, así, como las cantidades o proporción de cada material a utilizar y aditivos a añadir.

Se deberán instalar sensores y actuadores con salidas y entradas estandarizadas, con la inclusión de los sensores de nivel tipo radar para las tolvas de dosificación, se lograra un monitoreo continuo del nivel de material dentro de la tolva de almacenamiento de materia prima. Con la implementación del sistema se lograra evitar accidentes, de esa manera que material inadecuado entre al sistema y ocasionar problemas, como averías en el sistema de dosificación como rotura de cinta transportadora, descalibración de equipos sensibles como la balanza de pesaje.

Es importante contar con una nueva tolva para tener las materias primas totalmente independiente, así para mejorar y mantener la calidad del producto elaborado con una fina dosificación, manteniendo un producto homogéneo. Deberá contar con un control Basado en PC, y pueda registrar la producción, como así tener un registro o control de cada producto y cada parámetro que en forma manual se viene realizando. Es preciso que la solución propuesta cuente con un control de Usuarios de manera a evitar que el producto producido tenga alguna alteración no autorizada en las recetas y también para llevar un registro de los cambios efectuados.

### 6.1 Diagrama P&ID propuesto para el sistema de dosificación

Se presenta el diagrama P&ID del proceso, modificado de acuerdo a la propuesta tecnológica a ser introducida, todo esto teniendo como guía a la norma ISA- Instrumentation Symbols and Identification.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

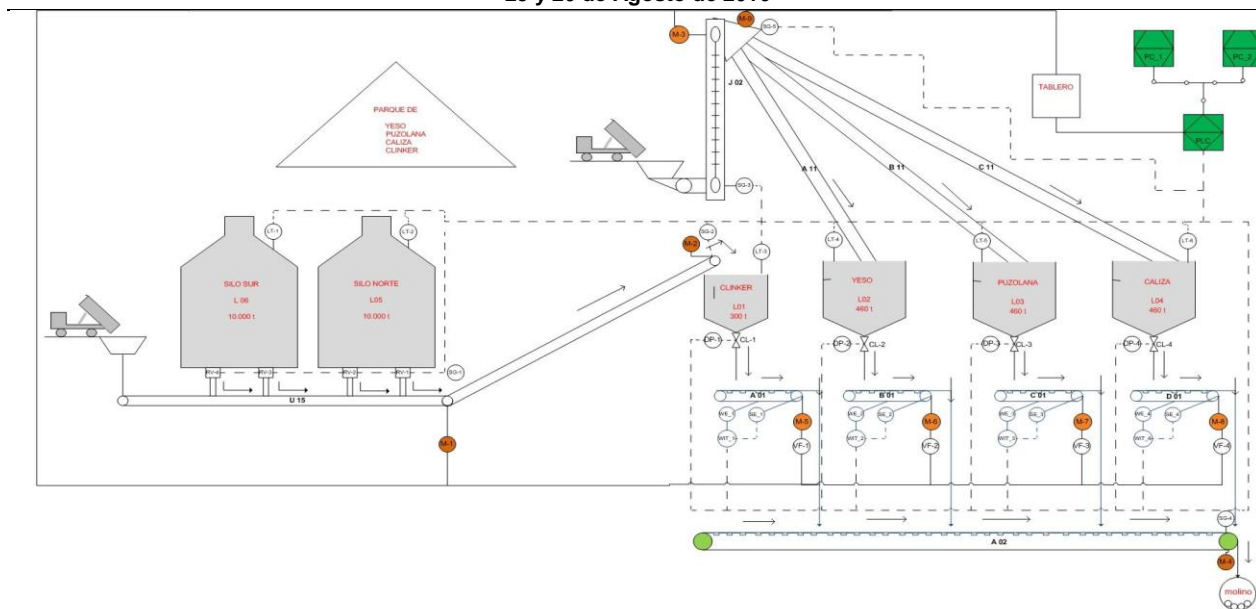


Diagrama P&ID del sistema propuesto.  
(Figura elaborada por el autor)



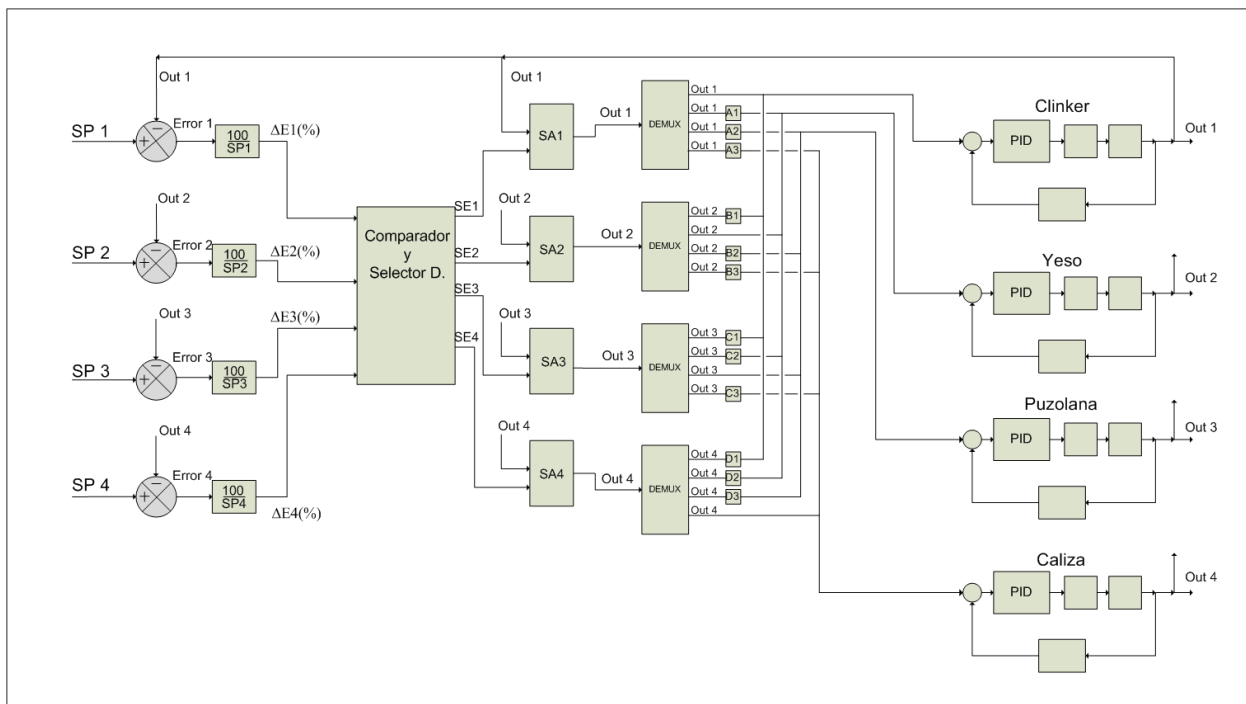
## 6.2 Sistema de Control Propuesto para la corrección del error en la dosificación

El objeto de todo proceso industrial es la obtención de un producto final, de una característica determinada de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado. Esta constancia en las propiedades del producto sólo será posible gracias a un control exhaustivo de las condiciones de operación, ya que tanto la alimentación al proceso como las condiciones del entorno son variables en el tiempo. La misión del sistema de control de proceso será corregir las desviaciones surgidas en las variables de proceso respecto de unos valores determinados, que se consideran óptimos para conseguir las propiedades requeridas en el producto del cemento.

El sistema de control nos permitirá una operación del proceso más fiable y sencilla, al encargarse de obtener unas condiciones de operación estables y corregir toda desviación que se pudiera producir en el sistema.

Las principales características que buscamos con el sistema de control es; mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes, trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.

Con la implementación de nuestro sistema de control obtendremos una corrección del error producido por la variación de peso.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

Esquema del Sistema de Control

## 7. CONTROL PROPUESTO PARA EL DOSIFICADOR

Con la automatización del sistema se buscan, que el proceso de producción optimice los recursos como materia prima, inclusive mejorar la capacidad productiva, para esto se prevé la compra de materiales que no estaban previstos dentro del sistema actual, con la premisa de que un adecuado sistema de control reduciría las pérdidas relacionadas con la dosificación. Por lograr una mejora en el sistema de Producción y llevar a un nivel superior dentro de la escala Industrial, se propone la implementación de una Tecnología de Vanguardia y muy conocida en el ámbito Industrial por su gran capacidad de resistir en ambientes hostiles, y su robustez, además de su modularidad y su capacidad de comunicación con varios Protocolos, se lo conoce comúnmente como PLC del acrónimo Computador Lógico Programable.

La propuesta consiste en diseñar un software, orientado al control de la Planta. Para el desarrollo del Software se cuenta con la plataforma de desarrollo SIEMENS denominado Step7 en la versión V5.5, para el PLC con una CPU de gama media, de la serie S7-300, teniendo en cuenta sus elevadas prestaciones y rápidos tiempos de respuesta permitirá controlar y supervisar procesos industriales acordes a la necesidad del proceso.

El PLC facilita el control en tiempo real de los dispositivos de campo (sensores y actuadores) a través de las Periferias de control y según el software tenga guardado, a esto es lo que se denomina un sistema de control Automático, es decir un proceso se controla y se realiza varias veces, en función a lo que el proceso requiera. A través de los elementos de Campo, como confirmación de válvulas, sensores de Temperaturas etc. se provee de toda la información que se

**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
**25 y 26 de Agosto de 2016**

---

genera en el proceso productivo y esto, gracias a la funcionalidad del PLC se puede traducir en un mejor sistema de supervisión, control de calidad, control de producción etc. A su vez, como el PLC es un sistema que no permite que cualquier usuario pueda acceder a los datos del campo, se desarrollara un sistema de Interfaz hombre Proceso que permitirá la gestión e intervención del proceso, a esto del se lo conoce como SCADA.

Para el desarrollo del SCADA propuesto se utilizara la plataforma de desarrollo para el diseño del software del PLC, WinCC, que permite realizar una Interfaz gráfica a través de la cual, podemos enviar y recibir datos para el usuario. Esta herramienta de diseño cuenta con campos de entrada y salida de textos, botones, pilotos luminosos, textos, gráficos pre-diseñados, avisos, barras, curvas, recetas, etc.

El desarrollo del SCADA WINCC en la PC necesita además de una licencia RunTime de 2048 tags para que el operador pueda correr el software desarrollado sin límites de tiempos.

### **7.1 Función del PLC y el SCADA**

La función que cumplirá el PLC es la de fiscalizar el estado de los sensores y actuar sobre elementos de campos en base a una estructura de estados de control bien definidos, es decir en base a un software de control alojado en el PLC y desde donde se ejecutaran distintas funciones. Además, se prevé una conexión en línea con el software visual desarrollado en el entorno Wincc, es decir, el SCADA desde el cual podremos visualizar el estado actual de la planta.

En el SCADA se prevé la independencia de Controles y accesos a través del control jerárquico de Usuarios, es decir, para la planta habrá dos tipos de Usuarios en general.

1-Supervisor: Es aquel Usuario, quien puede añadir o eliminar a usuarios del Tipo Supervisor u Operador, es decir, este nivel de usuario se encuentra dentro del dominio principal del sistema y tiene la capacidad de ingresar y actuar en todo el sistema. Es aquel personal de planta que realiza el control de calidad, tiene acceso a generar una receta nueva de Producción según las formulaciones y da permisos especiales al Operador a realizar funciones específicas en el proceso de Producción.

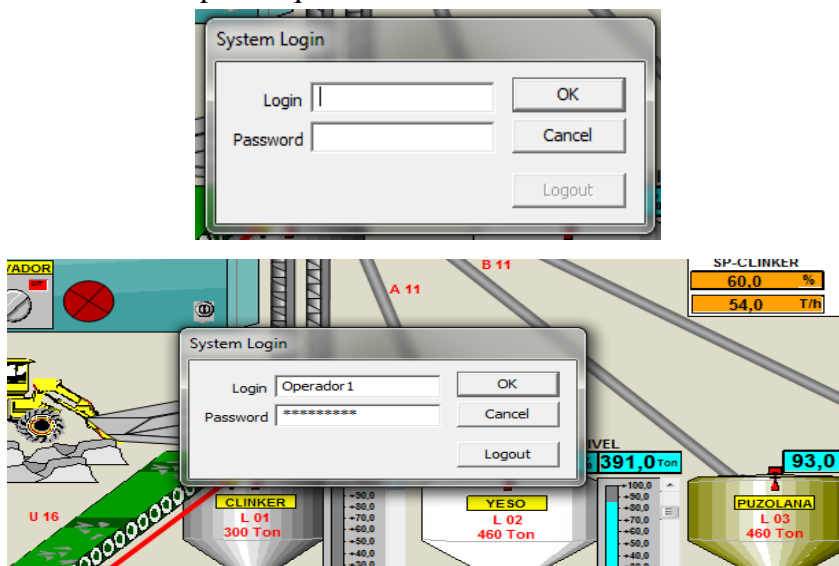
2-Operador: Es el personal encargado de controlar el proceso de Producción, no tiene permisos a generar recetas de producción o modificarlas. Se limita a operar la planta, es decir, poner el sistema en funcionamiento y pararlo ante la finalización de una OP (Orden de Producción) o ante un evento crítico, o sencillamente pararlo, hasta que la planta esté en condiciones de continuar el proceso.

Dependiendo del usuario, este, podrá acceder a distintos privilegios dentro de la producción, agregado a esto, un usuario tiene limitaciones específicas dentro del acceso a visualizaciones como se muestra. Por ejemplo, un operador podrá acceder a las recetas de proceso, pero no podrá controlar el sistema de manera automática o manual. Esto es así, de manera a que solo personal autorizado y calificado sea el que manipule de manera correcta el sistema.



**XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
25 y 26 de Agosto de 2016

También se dispone de una pequeña pantalla dentro del programa principal para observar constantemente el estado de la planta que estará emitiendo avisos de la ubicación del proceso.



## 7.2 Control del SCADA en Planta

El SCADA permite el intercambio de datos con el PLC cuyo fin es el de representar gráficamente las variables y los eventos que suceden en la planta. A su vez permite el control de algunas variables previamente definidas tales como marcha, paro y funcionamiento manual o automático. En modo manual permite la activación de la selección de agregado y motores. En modo automático solo permite la marcha, el paro y el modo de operación del sistema.

Otras de las funciones que posee es la gestión de alarmas y eventos, avisos de parámetros fuera de rango, almacenamiento en base de datos, visualización de tendencia históricas y en tiempo real.

## 7.3 Sistema de visualización

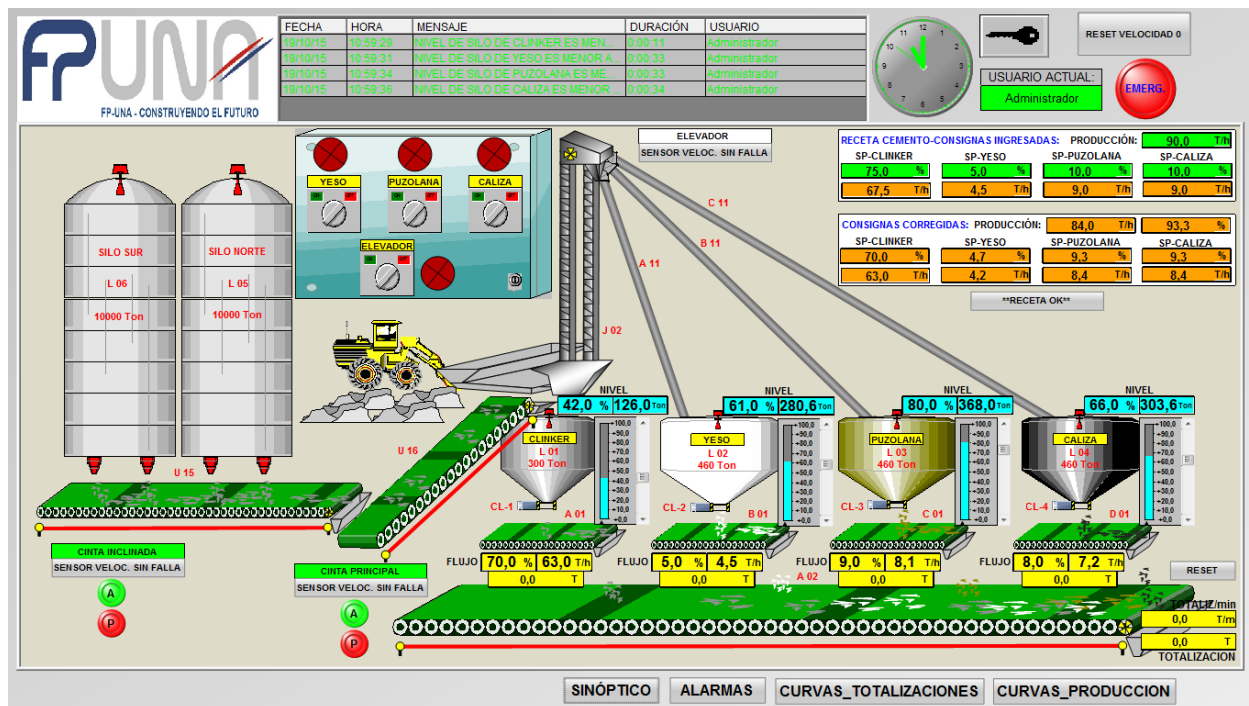
Para el monitoreo se cuenta con una PC de visualización para el operario de la planta, está ubicada en la sala de control, a las que accederán exclusivamente las personas autorizadas con el fin de verificar el funcionamiento y tener un control de todo el sistema de dosificación.

## 7.4 Visualización en PC

El operador podrá controlar la planta desde un monitor en la sala de control central y visualizando los niveles de las tolvas intermedias de dosificación y visualizar la carga de cada materia prima como clinker, yeso, puzolana y caliza. El sistema cuenta con una pantalla en donde el supervisor podrá modificar las recetas de producción correspondientemente y el sistema le informara del estado actual de las dosificaciones de acuerdo al tipo de cemento elaborado en donde se tendrá la información de la trazabilidad de dicha materia prima, en este caso cuanta cantidad de clinker se está usando para la elaboración de dicho cemento así también como yeso, puzolana y caliza. En la pantalla principal se cuenta también con la información de las alarmas principales como también las informaciones de pesos de cada bascula de cinta que va dosificando, teniendo en forma offline, el caudal másico instantáneo del proceso, además cuenta

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25 y 26 de Agosto de 2016

con históricos de alarmas en donde se puede verificar los eventos ocurridos anteriormente con datos precisos de fechas, horas, lugar de falla, usuario y si fueron atendidas o no, también se cuenta



## 8. CONCLUSIÓN

Es importante resaltar los aspectos más importantes del trabajo realizado, en relación a los objetivos planteados inicialmente y los resultados obtenidos finalmente. A partir de esto, fue utilizado el sistema de dosificación existente actualmente en la industria cementera local. Esto, con el fin de la realización de un diagnóstico técnico, del que surgieron las principales limitaciones del mismo y con el que se llegó a la conclusión de la necesidad de actualización y automatización del sistema, concretando de este modo, los objetivos propuestos inicialmente. Con todo esto, fue lograda la realización de un sistema de control, que optimice bastante los recursos de los departamentos técnicos relacionados directamente con el sector de dosificación. Asimismo, permite un considerable ahorro en lo referente a dosificación de materia prima y a paradas innecesarias del sistema de dosificación. De este modo, aumenta la productividad de dicho sector y está adecuada a las normas vigentes a nivel nacional, en el ámbito de la producción de cemento.

Con la realización de este estudio, se deja de manifiesto la importancia y las ventajas de la introducción de la tecnología; mediante la automatización de los procesos de producción con la finalidad de una mejora continua y la reducción de los costos de operación en las industrias.



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta, J ...”y otros” (2004).- Planta de Molienda de Coque de Petróleo: aplicación a la Industria Nacional del Cemento (INC).- Editorial Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción.- San Lorenzo – Paraguay.

Biblioteca de la Universidad Nacional de Asunción.- [www.una.com.py](http://www.una.com.py)

INTN – Normas técnicas del Instituto Nacional de Tecnología y Normalización.- [www.intn.gov.py](http://www.intn.gov.py)

NP 17 044 80. Norma Paraguaya. Cementos. Especificaciones. Séptima Edición- Febrero 2007. INTN.

NP 46. Cementos Hidráulicos, Definiciones y Nomenclatura, 2da Edición (1989), INTN.

NP 47. Muestreo de Cementos, 2da Edición (1989), INTN.

NP 49. Cemento Pórtland, Método de Determinación de la Consistencia Normal, 2da Edición (1989), INTN.

ISA – Organization of Engineers, Technicians, and others work in the Field of Instrumentation, measurement, and Control of Industrial Processes. – [www.isa.org](http://www.isa.org)

Delio Orue 1995. Identificación Microscópica de Análisis petrográfico de los Minerales.

### INDUSTRIA SIEMENS

<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Eficiencia%20Energetica%20integral.pdf>.