

AUTOMATIZATION DESING OF A BIOGAS GENERATING PLANT
DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA GENERADORA DE
BIOGÁS

PhD. Jacipt A. Ramón V.¹, Ing. Walter Gastelbondo B., Ing. Julio C. Bedoya P.¹

¹ Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo (GIAAS)

Universidad de Pamplona

Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 140

E-mail: jacipt@unipamplona.edu.co

Abstract: This work is aimed at designing the controlling, supervising and monitoring strategy of temperature, presion, level and pH process variables for a biodigestión pilot plant by using a programmable logic controller (PLC) and a Supervision Control and Acquisition of Data (SCADA) in order to interact with the process as soon as possible without the need of manual operation by its different actors. This system permits to control the variables in a manual way by automatically operating each variable in its own range so that the user can program groups of ranges and spam until process stabilization. Therefore, process optimization is needed allowing the evaluation of biogas and fermentation level production in order to define true storage capacity to build new plants. In addition, it provides several users both those of the same level or skills and different supervisors within the enterprise who deal whit quality control, supervision and maintenance with all the information generated in the productive process.

Resumen: Este trabajo consiste en diseñar la estrategia de control, supervisión y monitoreo de las variables del proceso la temperatura, presión, nivel y pH de una planta piloto de biodigestión, utilizando un controlador lógico programable (PLC) y un control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) para interactuar con el proceso en el menor tiempo posible sin necesidad de operar manualmente con los diferentes actores. El sistema permite controlar las variables de una forma manual operando cada variable en su propio rango y de forma automática donde el usuario programa grupos de rangos y tiempos hasta estabilizar el proceso. Por lo tanto, se busca optimizar el proceso permitiendo la evaluación de la producción de biogás y grados de fermentación para definir las capacidades de almacenamiento reales para la construcción de nuevas plantas. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento.

Keywords: Biogas, Biodigestión Process, Simulation, Programmable logic controller, Supervision Control and Acquisition of Data

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las proyecciones del uso de la energía global se basa en escenarios que son construidos alrededor de suposiciones acerca de cuán lejos la economía se expandirá, el rápido crecimiento de la población mundial, el grado de avance tecnológico, medidas de conservación, adopción de tecnologías energéticamente eficientes, las disponibilidad relativa y el precio de los combustibles (SAC, 2002). Sugieren el uso de energías renovables, como la biomasa que es un recurso renovable cuya utilización presenta características singulares y beneficios notables (Biomasa, 2004). Además, se trata de una fuente prácticamente inagotable, producida cíclica y continuamente por el reino vegetal y animal y el sistema urbano e industrial. (Sebastián y Royo, 2002)

El propósito de este trabajo, es diseñar la automatización de un sistema de generación de biogás que con el tiempo será aplicado en la finca Villa Marina de la Universidad de Pamplona (siendo el lugar adecuado y se encuentra la mayor cantidad de aportes orgánicos suficientes para llevar a cabo el proceso) y en el Centro Multisectorial SENA de Barrancabermeja Regional Santander en el Laboratorio de Automatización.

La biodigestión es una alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, en la que se combinan procesos aeróbicos (que funcionan con oxígeno) y anaeróbicos (sin presencia de oxígeno), donde obtienen productos como abono agrícola (compost) y gas biológico (60% metano, 40% CO₂), que puede ser utilizado como combustible (Soube, 1994). Los alimentos y otros residuos orgánicos (estiércol, madera, hojas, vegetales) pueden ser transformados a través de procesos bioquímicos (Bernal, 1992), dando como resultado estos productos que son de alto valor energético y económico. Estos sistemas permiten su aplicación en ciudades pequeñas e intermedias del país dado que, además permite su utilización a gran escala permitiendo convertirlas en un excelente modelo de apropiación de tecnología y una importante fuente de empleo para las industrias y microempresas de la región. La digestión anaerobia para obtención de biogás se puede aplicar a residuos de tipo orgánico como: lodos de tratamiento de aguas residuales, residuos animales y vegetales, alimenticios, etc.

Dentro de las utilidades que hasta el momento se han dado al biogás están: producción de

electricidad; funcionamiento de motores (combustible para vehículos), tanto solo como mezclado con fuel oil, producción de energía mecánica para el funcionamiento rural de fábricas de procesos agrarios; funcionamiento de refrigeradores de kerosene y funcionamiento de cocinas de gas (Camacho, 1987).

En la figura 1, se puede observar el diagrama del diseño de la automatización de la planta generadora de Biogás con el fin de controlar las variables que presenta la planta, como son la temperatura, el nivel, la presión y el pH.

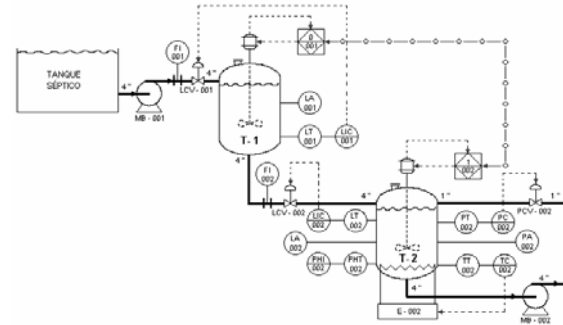


Fig. 1: Diagrama del Diseño de la Automatización controlando las variables de una Planta Generadora de Biogás

Una vez definidas las condiciones óptimas de estas variables en la planta de biogás, la ingeniería de control debe diseñar sistemas de control automático que sean capaces de conseguir optimizar el proceso y que el rendimiento productivo del gas y del bioabono sea máximo. Esto se consigue a través de una arquitectura ideal de los distintos elementos que componen los sistemas de control en la planta, así como su funcionamiento y distintos algoritmos que lo rigen.

Las plantas para la producción de biogás (biodigestor) (García, 1985) se pueden clasificar en:

- **Discontinuas o de Batch**, estas son cargadas una vez y vaciadas por completo después de un tiempo de retención; el abastecimiento continuo de gas con estas plantas se logra con depósitos de gas o con varios digestores funcionando a la vez.
- **Continuas**, estas se cargan y descargan en forma periódica, por lo general diariamente, el material de fermentación debe ser fluido y uniforme. Las plantas continuas son apropiadas para viviendas rurales donde el mantenimiento necesario se integra a la fajina diaria y la producción de gas es mayor y uniforme.

2. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se siguieron unos pasos básicos para la simulación del control y monitoreo de variables a través de búsqueda constante de información y una retroalimentación que lleve a la optimización del proyecto, en este orden de ideas y aplicando un diseño de estrategia de control se planteo la siguiente metodología:

- **Búsqueda y selección de información:** Clasificación de la información y búsqueda de temas específicos, sensores, válvulas, transmisores entre otros.
- **Estado del arte:** actividad en la cual se hace una investigación, que han hecho los entes educativos de la región en este tema, las empresas a nivel regional, nacional e internacional que tipo de productos y servicios utilizan para resolver tareas de automatización, y finalmente que ofrecen las diferentes empresas reconocidas en el campo y que dichos productos cumplan con los objetivos, criterios de selección y diseño. Además, todo lo correspondiente al sistema SCADA (WIN CC), que empresas lo están utilizando a nivel regional, nacional e internacional.
- **Diseño de la estrategia de control:** Se realiza la programación de la estación con el software de Simatic Step 7 y se programa por medio del lenguaje Ladder o escalera.
- **Montaje Virtual en el sistema SCADA :** Implementación del sistema SCADA en un entorno amigable de usuario, con alarmas, tendencias, opciones, levado a cabo a través del software Simatic WinCC, que cuenta con una serie de opciones interesantes en la visualización en procesos industriales en tiempo real.
- **Comunicación PLC y SCADA:** La comunicación del PLC y el SCADA se realiza mediante un software llamado Simatic, el cual intercambia los datos entre el PLC y el software de supervisión.
- **Simulación y evaluación:** en esta parte se realizan los correctivos finales en programación y diseño los cuales debieran ser mínimos y sirvan como retroalimentadores del proceso y hacen parte de los ajustes a la estrategia de control.

3. DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA

3.1 Sistema propuesto

El sistema propuesto contempla necesariamente la realización de una ingeniería de automatización conceptual y de detalle del diseño de la automatización de la planta generadora de biogás, utilizando tecnología que hoy en día existen en las plantas industriales. Para lograr este objetivo se utilizará el software Step 7 el cual funciona con el PLC SIMATIC S7-300 DE SIEMENS (hardware de interfaces) y como software de supervisión se usará WinCC que comunica el puerto serial con la interfaces (Siemens, 2003).

El sistema propuesto de SCADA, presenta un sistema como se muestra en la figura.2, mediante el cual se monitorean cada una de las variables temperatura, presión, nivel y pH. La aplicación de automatización en el proceso presenta ventajas como la disminución el pago de personal y el aumento en la eficiencia del sistema, del igual manera se obtiene un aumento de confiabilidad del proceso.

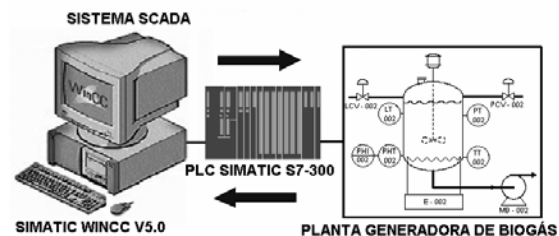


Fig. 2: Sistema de Control Propuesto del Biodigestor

Para la automatización de la planta se manejaron sistemas de alta tecnología el cual se basa en la utilización del control lógico programable (PLC) SIMATIC S7-300 (con el Software de programación STEP 7) de SIEMENS y el Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) SIMATIC WINCC V.5.0 de SIEMENS.

Como primer paso en el desarrollo del trabajo se realiza la programación del controlador lógico programable (PLC) SIMATIC S7-300, dispuesto para controlar las variables más importantes del proceso dentro de la planta.

La programación de dicho PLC se ha desarrollado en lenguaje KOP (Diagrama de contactos o LADDER), esta programación efectúa cambios en

la temperatura, nivel, pH y el estado de la presión manipulado por el programa, en donde las entradas utilizadas son digitales y analógicas, trabajando las variables críticas del proceso que son temperatura y presión con Entradas/Salidas analógicas, por lo que se aplica la variación que presenta el sensor de temperatura, manipulando el estado de la salida, las cuales controlan la resistencia de calefacción (Tarantino, 2004). Las otras dos variables, nivel y pH serán simuladas con variables internas del sistema SCADA.

Otro control que se realiza es el estado de la presión de gas, se manipula la salida del PLC correspondiente a la válvula que se activa cuando se detecta la presión de gas dentro del biodigestor es alta. Para el estado de nivel, se hace la simulación correspondiente a la válvula de entrada del líquido que se activa cuando y detecta que el nivel de los tanques a pasado el límite de llenado y por ultimo es el control del estado del pH que indica en que rango se encuentra la acidez del líquido. En la Figura 3 se puede observar el diagrama en bloque del sistema.

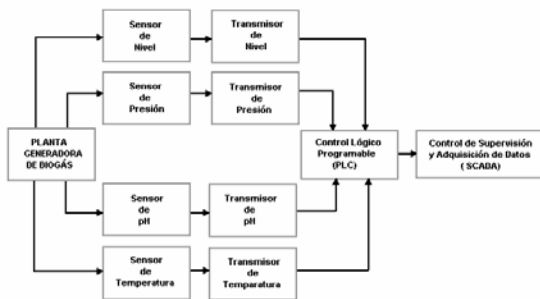


Fig.3: Diagrama de Bloque del sistema Propuesto.

3.2 Lazos de Control del Sistema

Los lazos de control utilizados en el diseño de la automatización de la planta se pueden observar en la figura 1 (Ogata, 2003) y constan de cinco partes:

- ✓ **Lazo de control de temperatura:** El objetivo de este sistema es mantener la temperatura del líquido en el Tanque T-2 en un nivel determinado que se desee. El lazo de control de temperatura se utiliza para mostrar algunas características más complejas del comportamiento de la planta de control incluyendo los efectos de distancia/velocidad y retardos de propagación.

- ✓ **Lazo de control de presión:** El sencillo sistema regula la presión del gas en la parte de arriba del Tanque Biodigestor (T-2). Comprende un transmisor de presión PT-002 que percibe la presión en el Tanque Biodigestor (T-2) y transmite una señal al control de indicación de presión PIC.
- ✓ **Lazo de control de nivel:** La función del lazo de control de nivel es la regulación del nivel del líquido en el Tanque de Premezcla (T-1) y Tanque Biodigestor (T-2). Se lleva a efecto esto por la regulación de la velocidad de llegada del líquido a los recipientes, determinada a su vez por el ajuste de las válvulas LCV-001 y LCV-002. El nivel del líquido en los recipientes está supervisado por un transductor diferencial de presión LT. Este transductor percibe la diferencia de presión entre el nivel máximo en la parte de arriba del recipiente (T-1 y T-2) y en un punto próximo al fondo. Resulta claro que la señal generada por el transmisor depende solamente del nivel del líquido en el recipiente (T-1 y T-2) en los puntos mínimos y máximo y es independiente del nivel general de presión en este recipiente.

- ✓ **Lazo de pH:** Indica el estado de acidez de la mezcla (agua / biomasa animal) del proceso, para lograr el estado óptimo del ciclo fermentativo que ocurre en el transcurso del proceso, para así, llegar en el nivel de biogás una buena calidad tanto de gas como biabono para las plantas.

- ✓ **Lazo de control y seguridad del proceso:** Muestra como es el proceso de control completo dentro de la planta a través de las válvulas y se puede observar en la figura 4.

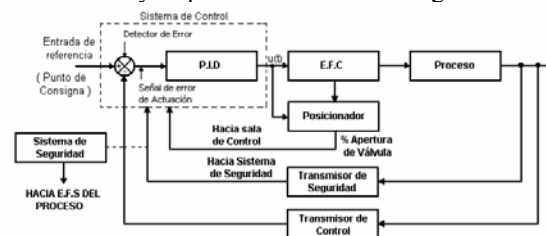


Fig.4: Lazo de Control y Seguridad del Proceso

4. SOFTWARE STEP 7 PARA EL SISTEMA

La configuración de la estrategia de control de la planta generadora de biogás se ha realizado a través del software Step 7.

La estrategia de control se utilizó en este software cargado en la aplicación SIMATIC S7-300 de SIEMENS (hardware controlador), el PC ya no es requerido, pero en este caso para la visualización de la planta se utiliza el sistema SCADA WinCC. El SIMATIC S7-300 queda como un Stand Alone (se soporta sólo) y corre el programa sin la asistencia del PC.

STEP 7 es el software utilizado para configurar y programar los autómatas programables SIMATIC S7-300 de SIEMENS (Siemens, 2003). Este software está basado en el software STEP 5 de la generación anterior SIMATIC S5 pero con una ampliación en las funciones y el confort de trabajar en Windows 2000 / NT. STEP 7 comprende el software básico y el software opcional. El software básico dispone de los lenguajes de programación AWL (lista de instrucciones), FUP (diagramas de funciones) y KOP (esquemas de contactos). El software opcional dispone de los lenguajes de programación S7-SCL (lenguaje textual de alto nivel), S7-GRAPH (para controles secuenciales), S7-Higrap (para procesos asíncronos) y CFC (para procesos continuos). Es de anotar que para la parte de programación se ha trabajado con el software básico (STEP 7-Mini).

El software básico lo apoya en todas las fases del proceso de creación de tareas de automatización, desde la configuración del hardware hasta el test de programas y el archivo de proyectos.

El interfase de usuario que le permite acceder a todas las funciones del STEP 7, conocido como el administrador SIMATIC, está concebido conforme a criterios ergonómicos modernos, siendo autoexplicativo en gran medida. El administrador SIMATIC asegura la gestión orientada de objetos de los datos de usuario en forma de proyectos, así como el acceso gráfico a todas las demás funciones. Es decir, el administrador SIMATIC permite acceder a la configuración y a la programación en forma ordenada mediante proyectos y en una ventana bajo Windows, constituyéndose en la interfase entre usted y el programa. (Balcells, 1997).

Con el administrador SIMATIC es posible:

- Configurar y parametrizar el hardware.
- Programar los módulos.
- Crear programas para sistema destino.
- Cargar programas en sistema destino.
- Comprobar y poner en marcha los programas.

5. SOFTWARE DE CONTROL WINCC PARA EL SISTEMA

El software instalado para el funcionamiento y control de la planta es el siguiente:

Sistema Operativo – Software de Apoyo

Como soporte principal y base de todo el sistema, se instala el Sistema Operativo Windows 2000, como referencia y por ser completamente compatible con el software de control WinCC V.5.0 (Siemens 1, 2003)

Software del Sistema de Control WinCC V.5.0

WinCC es el primer sistema de software IHMI (Integrated Human Machine Interface) del mundo que integra su software de controlador de planta en su proceso de automatización. Los componentes de WinCC se distinguen por su fácil uso permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o existentes.

Con WinCC se dispone de un programa de visualización que permite supervisar todos los aspectos de sus procesos de automatización. WinCC combina la arquitectura moderna de las aplicaciones de Windows con la sencillez de un programa de diseño gráfico. Incluye además, todos los elementos necesarios controlar y supervisar procesos.

El sistema de control será programado mediante el propio lenguaje del sistema WinCC (Balcells, 1997). Este lenguaje se basa en ser bastante visual e intuitivo en el momento de la programación, dejando de lado los procesos de programación basados en línea de comandos.

6. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DEL CONTROL SCADA

6.1 Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo se compone del software fundamental para la automatización, este software es llamado WinCC V.5.0 de Siemens, base fundamental del trabajo. Se compone ventanas para su control y monitoreo, dentro de ellas encontramos variables las cuales nos muestran en tiempo real los datos que necesitamos, como son: temperatura, presión, nivel, y pH; logrando controlar dichas variables.

6.2 Panel Frontal

Dentro del trabajo realizado en el software de supervisión encontramos la ventana referente al panel frontal o panel de presentación, en este se encuentra el enlace a la ventana del **Menú Principal**, las cuales se van a monitorear y controlar las variables del proceso.

6.3 Menú Principal

Como se puede observar en el menú principal (figura 5) se encuentra la presentación del sistema, como también los accesos al panel de control, monitoreo, simulación, tendencias históricas, base de datos del proceso y las alarmas que tiene cada sistema.



Fig.5: Menú Principal del Proceso

6.4 Panel de Control y Monitoreo

En figura 6 se puede observar el panel de control del proceso de la planta generadora de biogás. En esta ventana, se presenta una visualización completa del sistema en tiempo real. En esta ventana principal el operario posee la capacidad de observar todas las variables a controlar en tiempo real; este funcionamiento es uno de los más usados en un sistema SCADA, ya que el operario verifica que el proceso se encuentre en buen estado. En la figura encontramos tres etiquetas: Recipiente lleno, Recipiente Mínimo y Recipiente vacío, estas etiquetas no poseen ninguna aplicación, solo se muestra en diferentes colores según la variación del nivel. En las etiquetas del lado derecho se muestra la variación tanto de la temperatura como de la humedad, estos son tipo Display, y son valores en tiempo real, ya que a medida que varíe la temperatura dentro del tanque biodigestor, se muestra el valor de dichas variables.

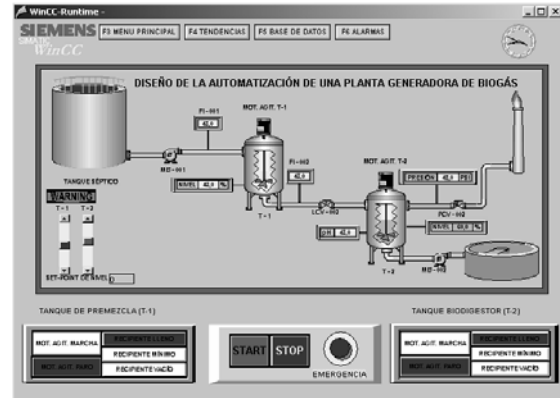


Fig.6: Panel de Control y Monitoreo del Proceso

6.5 Panel de Simulación del Controlador PID de Temperatura

El controlador PID se aplicó a la variable crítica que es la temperatura, uno de los objetivos de este diseño es tener una temperatura adecuada en el proceso, por lo cual el controlador PID ayuda a superar las características de la temperatura, resultando en una ampliación inmediata de la acción controladora. La parte de reposición del controlador PID continuamente ajusta la salida de la resistencia de calefacción mientras exista desajuste y hasta que la variable regrese a su punto de referencia. Ver figura 7.

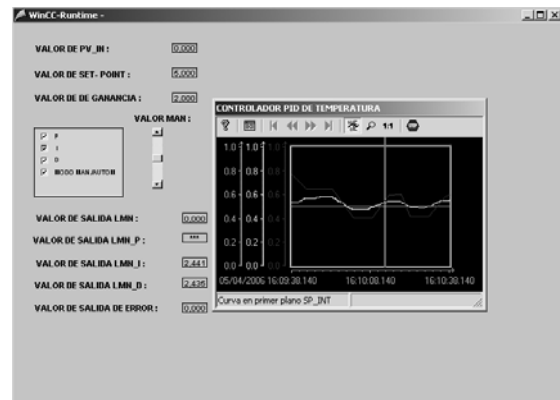


Fig.7: Simulación del Controlador PID de Temperatura

7. CONCLUSIONES

El control de sistemas de automatización industrial, ha permitido la implementación de estrategias de control y de supervisión de operaciones industriales cada vez más precisas y confiables.

La simulación de procesos en tiempo real es base importante, ya que nos permite realizar diversos métodos de diseño y mejorar los resultados de control.

Al diseñar la automatización en las plantas de biogás se obtiene un sistema de Seguridad realizado, y un aumento de la confiabilidad del sistema, reduciendo así, los costos que acarrearán las actividades de mantenimiento y se aumenta la vida útil, de los equipos involucrados.

Este trabajo se ajusta dentro los lineamientos de reducción de gases de tipo efecto invernadero (GEI), establecidos en el Protocolo de Kyoto y aplica Mecanismo de desarrollo Limpio (MDL).

REFERENCIAS

- Balcells, Josep. "Autómatas Programables". Marcombo. 1997.
- Bernal, Jairo. "El Biogás" Boletín Didáctico N° 32. Instituto Colombiano Agrícola (ICA). Santa Fe de Bogotá. 1992.
- Biomasa, Manuales sobre energía removable. Users Network (BUN-CA). -1 ed. San José, C.R.: Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. 42 p. 2004
- Camacho, Javier. "Construcción y Evaluación de un Biodigestor de Flujo Continuo con Desplazamiento Horizontal para Producir Biogás". Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1987.
- García, M. B. "El Biogás" Tecnologías apropiadas al campo. Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, ITT. Número 157. Bogotá, 1985.
- Ogata, Katsuhiko. "Ingeniería de Control Moderna". Madrid. Prentice Hall, Cuarta Edición. 2003.
- Sac. "Guía Ambiental para el Subsector Porcícola". Dirección General Ambiental Sectorial. 2002.
- Siemens 1, "Manual de WinCC". Siemens productos y sistemas. 2003.
- Siemens, "Introducción y Ejercicios Prácticos a Step 7". Siemens productos y sistemas. 2003.
- Soubes, M. Biotecnología de la digestión anaerobia. pp. 136-148. III Taller y Seminario Latinoamericano "Tratamiento de Aguas Residuales". Montevideo, Uruguay. 1994
- Tarantino, Rocco. "Normas, Simbología y Tipos de Instalación" Pamplona. 2004.