

CONCENTRADOR LINEAL FRESNEL COMO SISTEMA DE SISTEMAS

D. Hoyos M. Hongm V. H. Serrano T. Moya

Instituto de Energías No Convencionales (CONICET) CIUNSA Consejo de investigación Universidad Nacional de Salta. C.P
4400-Salta

Recibido: 14/08/12; Aceptado: 24/09/12

RESUMEN: En este trabajo se describe la implementación del control de un concentrador lineal Fresnel. Este sistema se considera como un sistema de sistemas. Se describe la arquitectura del sistema de control la cual incluye una red de microcontroladores del tipo master/slave. Se presentan los esquemas de los programa, protocolos y hardware utilizados

Palabras clave: energía solar, control, microcontroladores

INTRODUCCIÓN

Sistemas de sistemas, **SoS** es una nueva área de desarrollo, que permite resolver problemas de control sobre sistemas complejos, distribuidos en un área grande y que evolucionan en el tiempo. Esta nueva área de conocimiento fue desarrollada a partir de las necesidades de controlar sistemas muy grandes como: aeropuertos, redes de sensores, observación global de la tierra, redes de redes de comunicación y exploración espacial. Donde interactúan distintos sistemas autonomos. Una definición de sistemas de sistemas es propuesta por Mo Hamshidi [Hamshidi, 2009], dice que son aquellos sistemas que cumplen con las siguientes características:

- △ Sistemas distribuidos geográficamente
- △ Sistemas que se pueden controlar independientemente
- △ comportamiento emergente
- △ Sistemas en desarrollo

Este análisis permite mejorar el desempeño del sistema completo y de cada uno de los sistemas en general. Esta técnica se basa en partir el problema en pequeños problemas manejables. Una decisión crítica es la arquitectura del mismo. En ella se debe tener en cuenta:

- △ La organización fundamental los sistemas y sus componentes.
- △ La relación entre los componentes y el ambiente.
- △ Los principios que guían su diseño y evolución.

Nótese que los elementos del **SoS** son en sí mismos sistemas. Se ocupan de sus propias necesidades y resuelven sus propios problemas específicos. Ellos tienen sus propias propiedades emergentes. De hecho, ellos tienen su propio propósito de existencia. Pero también son parte de un sistema más grande la propia **SOS**, que responde a una necesidad emergente y tiene propiedades como resultado de la interacción de los sistemas dentro del **SOS**. La necesidad de mantener la autonomía de los sistemas mientras que al mismo tiempo operan dentro del **SoS** aumenta en gran medida la complejidad y está en el centro del desafío de la arquitectura de un **SoS**.

El proceso de diseño básico de una arquitectura de **SoS**, comienza con el análisis de las necesidades, sigue con la síntesis de una solución, y termina con la evaluación de la misma para satisfacer las necesidades indicadas. El proceso de diseño de la arquitectura incluye lo siguiente:

- △ Análisis de las necesidades
- △ Síntesis de soluciones
- △ Evaluación de las soluciones

La arquitectura de un **SoS** debe cumplir con las siguientes características

- △ Autonomía
- △ Complejidad
- △ Diversidad
- △ Estrategia de integración
- △ Arquitectura de datos
- △ Protección del sistema

En este trabajo se analizará un Concentrador lineal tipo Fresnel (Gea M., Saravia L. et al, 2007) utilizado para generar vapor como un **SoS**.

CARACTERISTICAS DE UN CONCENTRADOR LINEAL FRESNEL

UN CLF que genera vapor puede tener la estructura mostrada en la figura 1.

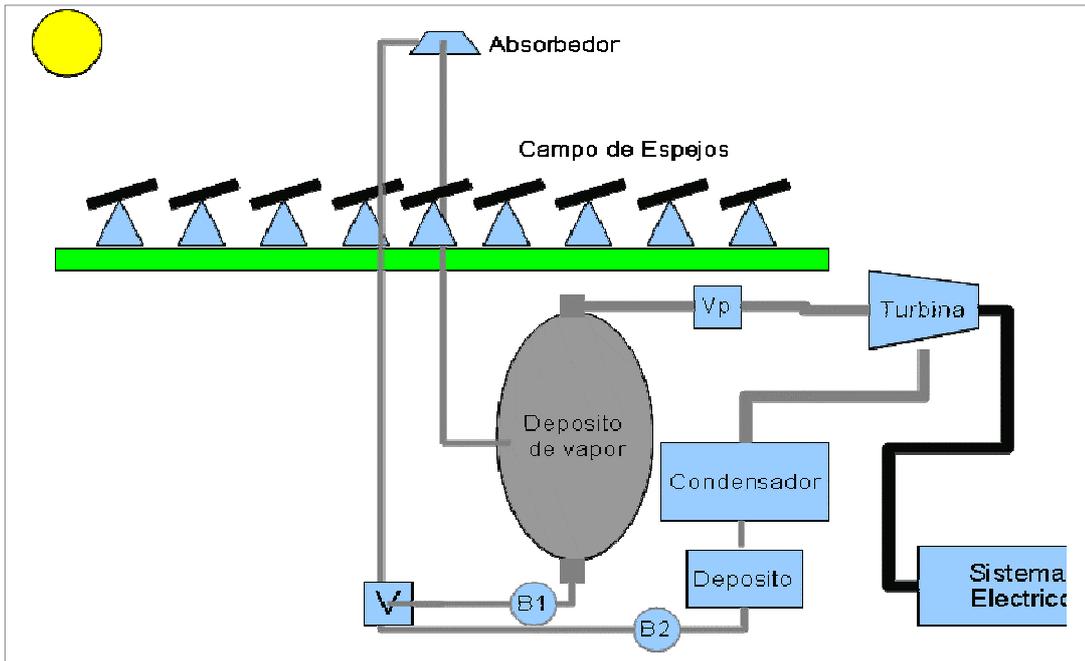


Figura 1: Esquema de un concentrador lineal fresnel que genera vapor

Como se describió en la sección anterior, cada uno de los espejos del CLF debe reflejar los rayos del sol sobre el absorbedor. El cual tiene un conjunto de caños que transportan agua, la que se transforma en vapor impulsada por la bomba B1. El vapor es alojado en un depósito de donde puede salir a través de la válvula Vp a la turbina. El vapor es transformado en agua por el condensador y a menor temperatura regresa al depósito de agua. Esta agua es reinyectada utilizando la bomba B2 al absorbedor y se reinicia el proceso.

ANALISIS DE LAS NECESIDADES

Este sistema se puede dividir en partes:

- ^ Campo de Espejos
- ^ Circuito de Vapor
- ^ Turbina
- ^ Sistema Eléctrico

.El campo de espejos está compuesto por nueve espejos. La trayectoria que debe describir cada uno de los espejos es distinta por lo descrito en el punto anterior. El ángulo de comienzo y de fin de movimiento es distinto para cada uno de los espejos. En caso que se deba disminuir parcialmente la radiación en el absorbedor se debe desenfocar de a un espejo. En caso de una falla sobre un espejo el resto de los mismos debe seguir funcionando independientemente.

El Circuito de vapor requiere controlar el flujo del agua o vapor por el circuito, utilizando las bombas y válvulas ya enumeradas y un conjunto de válvulas de seguridad en caso de sobrepresión, sobretensión, presión baja y temperatura baja. También debe controlar la válvula proporcional que alimenta la turbina. Sobre este sistema se debe medir la temperatura del absorbedor, en la entrada y la salida. La temperatura en el depósito de agua. La presión de vapor.

La turbina en general es un sistema que tiene sus propios controladores y funciona independientemente del resto del circuito realizando peticiones de mayor o menor vapor según sus necesidades. El controlador de la turbina debe mantener la velocidad de la misma constante.

El control del sistema eléctrico se realiza a distancia y tiene que ver con las necesidades de la red. El mismo condiciona el control de la turbina. Si la red no necesita energía o necesita menos, se debe detener la turbina o disminuir la carga de la misma. La turbina comanda la entrada de vapor, mientras que el vapor comanda la posición de los espejos.

El sistema descrito, todavía es proyecto en alguna de sus partes, está en estudio en otras y funcionando en otras. Es un proyecto en evolución por lo tanto el sistema de control que se utilice, debe tener la posibilidad de evolucionar.

A partir de lo anteriormente descrito el proyecto cumple con varias de las condiciones necesarias para ser considerado sistema de sistema. Tiene una distribución espacial. El campo de espejos está distribuido en el espacio de la misma forma que el circuito de vapor, turbina y generador. Distintas partes del sistema pueden actuar en forma autónoma. Al estar siendo desarrollado el control del sistema debe cambiar antes las nuevas propuestas o ventajas que se encuentren. La complejidad de operación del mismo es muy alta dado que la cantidad de radiación que llega al colector está condicionada por la presencia de nubes en el cielo. La cantidad de energía generada estaría condicionada por las necesidades de la red eléctrica. Todo hace pensar que este sistema tiene un comportamiento emergente.

La conclusión parcial de esta sección sería que el sistema puede ser analizado como un Sistema de Sistemas

ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE SISTEMAS

Con este fin se propone dividir este SoS en los siguientes sistemas.

- ^ Sistemas espejos: se considerara que cada espejo es un sistema. Este sistema refleja los rayos del sol sobre el absorbedor.
- ^ Sistema circuito de vapor: Controla la circulación del agua y o vapor.
- ^ Sistema turbina. controla la turbina
- ^ Sistema red eléctrica: Sistema es externo y requiere un puente
- ^ Sistema Central meteorológica: mide las distintas variables meteorológicas
- ^ Sistema Central: controla la interacción entre cada uno de los sistemas.

En la figura 2 se muestra la arquitectura del sistema de sistema. Cada una de las partes interacciona con el control central

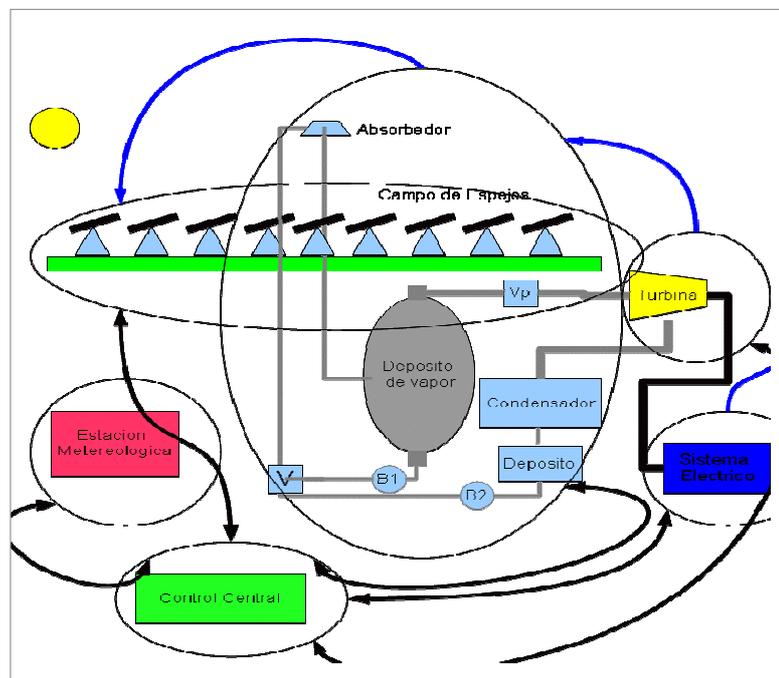


Figura 2: Arquitectura del sistema de sistemas

En la figura 2 se explicita la arquitectura del SoS. Un conjunto de sistemas, que interaccionan entre sí. Los sistemas espejos interaccionan con el sistema control de vapor, el cual es comandado por el sistema turbina, el mismo es dirigido por el sistema eléctrico. El control central recibe información de todos los sistemas, comanda la protección de los sistemas y el óptimo funcionamiento de los mismos.

IMPLEMENTACION DE LA ARQUITECTURA

Se debe destacar que parte de los sistemas no están implementados, pero la gran ventaja de los SoS consiste en poder evolucionar el sistema para cubrir posteriormente los faltantes. Se prevé que se deberá construir un puente entre el control del sistema eléctrico y este SoS, también un puente entre la turbina y el SoS. Se denomina puente a un sistema que se comunique con los protocolos de los controles y lo transforme al protocolo usado en el SoS. El control del circuito de vapor esta en experimentación y puesta a punto, entonces requiere un fuerte control manual. Finalmente el control de los espejos está completamente implementado pero también requiere un fuerte control manual para poner a punto el resto del SoS. De esta descripción se infiere que el SoS estaría en principio compuesto por nueve sistemas de espejos, un sistema de control de circulación de vapor, un sistema turbina, un sistema eléctrico, control central y estación meteorológica. Lo cual totalizaría trece sistemas autónomos.

Se requiere una red de comunicación que vincule cada uno de los sistemas, un protocolo de datos que permita intercambiar información entre cada uno de los sistemas y microcontroladores que actúen como cerebro electrónico de los sistemas que se deban desarrollar o de los puentes sobre sistemas desarrollados.

Analizando el problema planteado, Este sistema requiere una velocidad de transmisión de datos del orden de 100Kb/seg dado que el ciclo completo de control se debe realizar en un plazo de al menos un segundo. El conjunto de nodos de medición o control no supera los cuarenta nodos. La configuración física (anillo, estrella, línea) debe ser lo más flexible posible. El tipo de arquitectura debe ser máster/Slave. La máxima extensión de la red debe ser del orden de 300m. La red de comunicación que se utilizo en este desarrollo se denomina zigbee, la implementación utilizada pertenece a la empresa DIGI y se denominada XBee. Se utilizo un kit de prueba denominado Xboards. En la figura 3 se muestra el kit de desarrollo.

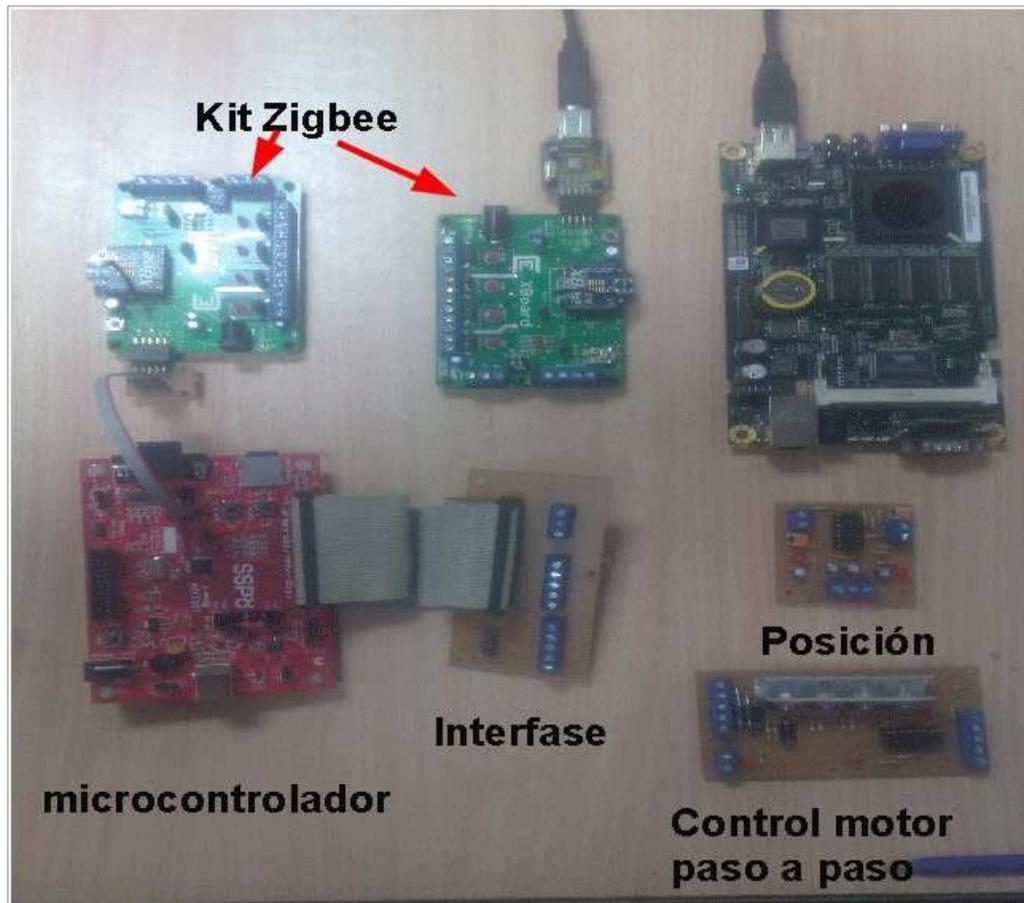


Figura 3: Plaquetas utilizadas para los distintos sistemas.

Para diseñar los cerebros electrónicos de los sistemas o los puentes se propone utilizar un microcontrolador que debe tener amplias prestaciones entre ellas debía poder realizar operaciones matemáticas complicadas, guardar información en una memoria externa, disponer de una conexión serie rs232, implementar puertas de entrada, salida, modulación por ancho de pulso, conversión AD. Dado que no se conocen las especificaciones de partes de los sistemas este microcontrolador debe tener un potencial de cálculo y memoria importante. Se selecciono el LPC1343 el cual es un ARM Cortex-M3 e incorpora un pipeline de 3 etapas y usa una arquitectura Harvard, contiene un bus de instrucciones y otro de datos separados, además de un tercer bus para periféricos. También incorpora una unidad de salto predictivo. El ARM es considerado el microprocesador de 32 bits más eficiente que existe en el mundo. El kit utilizado en este desarrollo se muestra en la figura 6 y dispone de conectores para: bus USB, RS232, microSD. Además de puertos disponibles para entrada, salida, modulación por ancho de pulso, conversión AD.

El entorno de desarrollo utilizado para programar el microcontrolador se denomina CODELITE, es libre bajo la licencia GNU y es un entorno cooperativo que utiliza GNUC. Este lenguaje es un así C o sea que es compatible con cualquier otro entorno. La librería utilizada se denomina codelite-lpc1343 y permite disponer de todos los controladores necesarios para realizar la configuración de todas las entradas salidas nombradas anteriormente, también es libre bajo licencia GNU.

La plaqueta interface surge de la necesidad de conectar los dos cables planos que salen del kit microcontrolador con las borneras de las plaquetas de interfaces. Esta placa solo realiza la interconexión y permite dar solidez física al sistema.

SISTEMA ESPEJOS

Este sistema debe reflejar los rayos del sol durante el día y resguardarse durante la noche. El control del sistema espejo está compuesto por: kit microcontrolador, kit Xboard, plaqueta de interface, plaqueta de medida posición, plaqueta de control de los motores paso a paso como se muestra en el esquema de la figura 4.

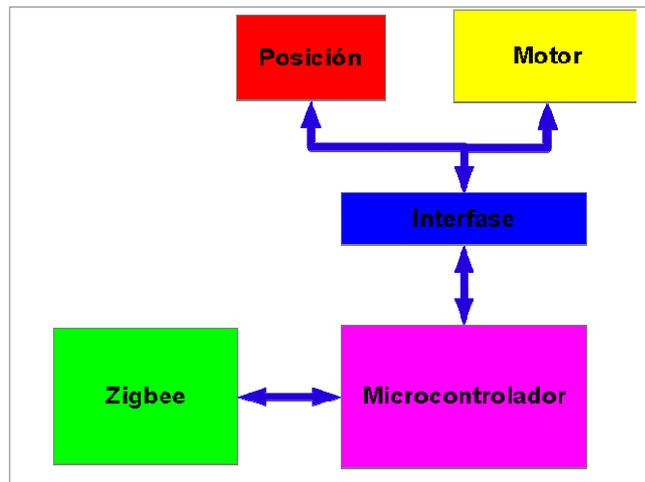


Figura 4: Esquema de control del sistema espejo

El Kit del microcontrolador se conecta a la plaqueta de interfase y al kit XBee. La plaqueta de interfase se conecta al control del motor paso a paso y a la plaqueta de medición del potenciómetro.

El programa de control del microcontrolador debe realizar las tareas esquematizadas en el diagrama de flujo de la figura 8. El sistema durante la noche debe estar en una posición de reposo. Un tiempo antes del amanecer se tiene que situar en la posición de comienzo del movimiento. Durante el día debe reflejar los rayos del sol sobre el absolvedor hasta el atardecer realizando una trayectoria especificada. Después del atardecer debe ubicarse en la posición de reposo. Este ciclo se debe repetir el día siguiente teniendo en cuenta que la trayectoria es distinta cada día del año. Por lo tanto debe existir un archivo de la trayectoria del espejo por día del año que debe tener como variable independiente el tiempo.

El programa del microcontrolador cuyo esquema se muestra en la figura 5 debe en general realizar tres funciones.

1. Controlar el motor paso a paso según las distintas trayectorias definidas anteriormente
2. Recibir órdenes del control central como, detenerse, avanzar, retroceder, aumentar la velocidad, informar acerca de la posición del espejo y otras
3. Medir el tiempo hora minutos y segundo, como la fecha.

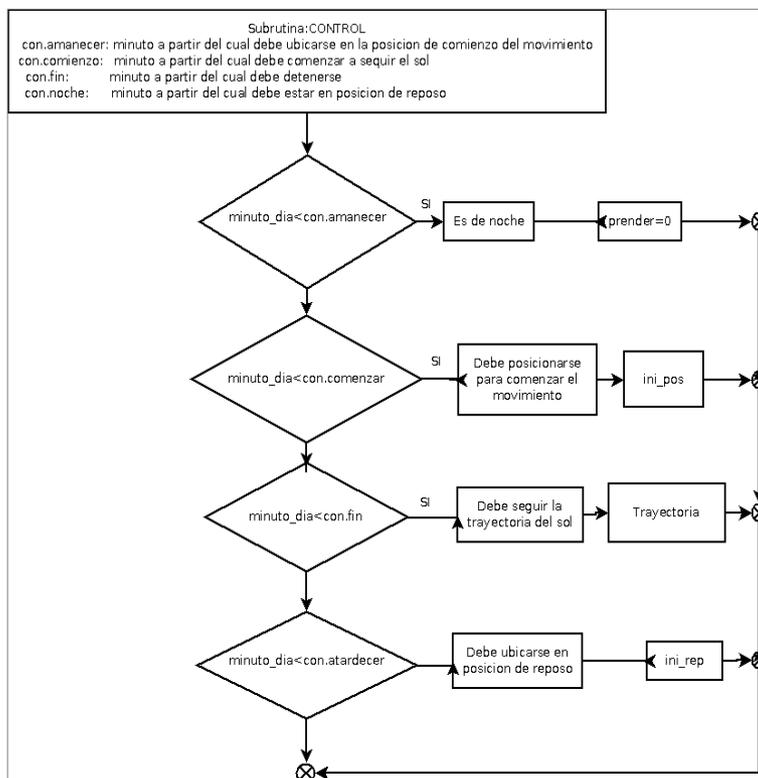


Figura 5: Programa de control sistema espejo

Para cumplir con esas especificaciones el microcontrolador utiliza una librería denominada systick que comanda un reloj de 24 bits que interrumpe su normal funcionamiento cada cierto tiempo, en este caso un milisegundo. Entonces normalmente el programa espera la comunicación del sistema central el cual envía órdenes acerca del funcionamiento o pedido de información acerca del sistema. Pero cada milisegundo interrumpe el programa que se está ejecutando y actualiza la posición del motor, la fecha y la hora.

SISTEMA CIRCUITO DE VAPOR

Este sistema actúa sobre el circuito de vapor, ya descrito en este trabajo. El esquema del control se muestra en la figura 6

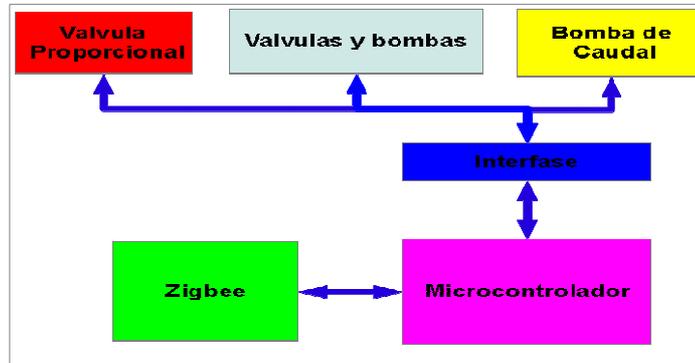


Figura 6: Esquema de control del circuito de vapor

Este sistema utiliza una bomba que está conectada a un variador electrónico de velocidad que regula el caudal de la misma. Este variador puede ser controlado a través de una tensión de continua entre cero y doce volts. La válvula proporcional es controlada de la misma forma que el variador. Dado que el microcontrolador utiliza una tensión de alimentación de 3.3 V y tiene salidas con modulación por ancho de pulso La interfase de ese circuito sería un filtro paso a paso y un amplificador de señal. Mientras que las válvulas si-no requieren controlar un contactor, para ellos se utiliza un circuito separador y un optotriac para convertir la señal de corriente continua a 220V y poder comandar los dispositivos. Este control requiere utilizar dos gabinetes dado que la interferencia electromagnética que producen los contactores puede afectar el funcionamiento del microcontrolador. En un gabinete de plástico se encuentra el esquema de la figura 8 y en otro gabinete metálico se encuentra los contactores y el variador de velocidad.

El sistema de vapor no se termino de diseñar, por lo tanto la estrategia de control todavía está por definirse. El esquema del programa es el mismo. El programa espera el llamado del control central, con un menú a partir del cual ejecuta las órdenes recibidas que pueden ser de funcionamiento, lectura de estado, o configuración. Mientras que vía interrupción se realizara la estrategia de control del sistema.

PUENTE CON SISTEMA ELECTRICO Y SISTEMA

Estos sistemas no se desarrollaron.

PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

El protocolo de comunicación utilizado es el mostrado en las figura 7 y 8 La red zigbee se configura con un máster que sería el sistema de control y los esclavos que serian los sistemas ya nombrados. En todos los casos el sistema de control interroga a los esclavos y transfiere la información entre los sistemas si hiciera falta o envía las órdenes de operación

Encabezado			Número	Tipo	Orden	Parámetro				Terminador	
X	y	z									T

Figura7: Protocolo enviado por el sistema de control

- ^ Encabezado: Para identificar que el mensaje proviene del máster los primeros tres caracteres deben ser xyz
- ^ Terminador: El carácter catorce debe ser la letra t
- ^ Número: Cada sistema tiene un número de dos cifras que lo identifica en el SoS
- ^ Tipo: El tipo de sistema, hasta el momento pueden ser:
 - o e: espejo,
 - o v: vapor

- m: estación meteorológica
- t: turbina
- l eléctrico
- △ orden: Las órdenes que puede enviar el máster. Pueden ser de tres tipos
 - m: control
 - l: leer parámetros
 - e: escribir parámetros
- △ Parámetro: El valor de parámetro que se desea cambiar

Encabezado			Número		Tipo	Orden		Parámetro					Terminador	
X	y	z												t

Figura8: Protocolo enviado desde los sistemas al sistema de control

La diferencia con el emitido por el sistema control consiste en qué orden es utilizado por el sistema para pedir que el sistema de control interroge por un parámetro.

CONCLUSIONES

Este trabajo plantea el control de un concentrador lineal fresnel como un sistema o sistema. La arquitectura definida no fue probada en su totalidad dado que diversas partes ni siquiera fueron diseñadas. Pero este nuevo campo de conocimiento provee un entorno evolutivo que permite a los sistemas involucrados cambiar sin afectar a los otros sistemas. Los cuales pueden evolucionar o no siempre y cuando respeten el protocolo propuesto. El mismo también puede evolucionar. De hecho es la parte del sistema que en el desarrollo descrito sufrió mayores cambios, pero se debe cambiar la programación de todos los sistemas cuando se realiza un cambio sobre este punto. También el microcontrolador propuesto puede ser cambiado o usarse más de una tecnología de microcontrolador. Hasta ahora el principal limitante de la evolución parece ser la red de comunicación.

NOMENCLATURA

SoS: sistema de sistemas

CLF: Concentrador lineal fresnel

REFERENCIAS

- Cole, R. 2006. The changing role of requirements and architecture in systems engineering. Proceedings of the First Annual IEEE Conference on System of Systems Engineering.
- Yaneer Bar-Yam , 2004. The Characteristics and Emerging Behaviors of System of systems NECSI: Complex Physical, Biological and Social Systems Project,
- Gea M., Saravia L. et al (2007). Concentrador Lineal Fresnel para la Generación Directa de Vapor de Agua. AVERMA Vol 11, pp.3.83 - ISSN 0329-5184

Edited by Mo Jamshidi (2009) SYSTEMS OF SYSTEMS ENGINEERING Principles and Applications (2009) CRC Press Boca Raton London New York

ABSTRACT

This paper describes the implementation of the control of a linear Fresnel concentrator. This system is considered as a system of systems. We describe the architecture of the control system which includes a network-type microcontroller master / slave. We present the program schemes, protocols and hardware Elapsed

Keywords: solar energy, technology and education.