

MONITORIZACION Y ACTIVACIÓN REMOTA DE UN SISTEMA NEBULIZADOR CON INTERFAZ EN LABVIEW

M.C. Lidia Hortencia Rascón Madrigal, Lilia Rebeca Herrera Arias, David García Chaparro,
Ana Luz Portillo Hernández, Armando Gándara Fernández.

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

El presente proyecto es un sistema de automatización desarrollado en una empresa local. El objetivo principal es desarrollar un sistema que permita, desde el área de controles de la planta, la activación y obtención de datos de monitoreo del sistema nebulizador (*Fogger*) utilizado para enfriar el aire que entra al compresor de una de las turbinas de aire para la generación de energía eléctrica. El desarrollo del proyecto implica una interfaz entre el software de LabVIEW utilizado como interfaz de usuario y la red de comunicación del PLC del módulo del nebulizador, de manera que una actividad que se ejecuta en campo de manera manual se realice de forma sistemática desde el área de control impactando en el mantenimiento y conservación del compresor de la turbina, el cual se veía afectado por el tiempo de respuesta al activar de manera manual cada una de las bombas del sistema nebulizador.

Palabras clave: Sistema nebulizador, LabVIEW, Controlador Lógico Programable.

Introducción

El proyecto surge como propuesta de mejora continua en una empresa local, aplicado para una actividad que se realiza de manera manual ejecutada entre dos técnicos del área, esta actividad se realiza de manera cotidiana. Se propuso la implementación de un control sistemático a partir de una interfaz gráfica de LabVIEW y la red del PLC de la empresa, que permita que desde el centro de monitoreo, se lleve a cabo la activación del sistema nebulizador (*Fogger*), el cual, forma parte importante de la central, ya que su función principal es actuar como un enfriador del aire que entra a la cámara de combustión que alimenta a una de las turbinas que forma parte del ciclo de generación de energía eléctrica de ciclo combinado. La eficiencia de la generación de potencia de

la planta se ve afectada por la temperatura ambiente, debido a que durante la temporada de calor el aire caliente del exterior afecta directamente a la turbina disminuyendo la eficiencia de la combustión; por lo que el sistema de Fogger enfría el aire, compactándolo y permitiendo un aumento de volumen de aire que entra a la cámara de combustión, aumentando de manera significativa la eficiencia en la generación de energía.

El sistema ya cuenta con un monitoreo físico integrado por tres sensores, el primero es el bulbo húmedo (T_{wb}), el segundo el bulbo seco y por último, el que monitorea la temperatura de entrada del compresor llamado T_{CIT} por sus siglas en inglés (*Compressor inlet temperatura*).

A partir del sistema de monitoreo sensorial se determina el flujo de galones de agua por minuto que serán rociados a través de la red de rociadores del nebulizador y a su vez permite prever daños a los alabes del compresor ya que este se ve altamente afectado por la alta cantidad de agua que se le está inyectando a través del nebulizador; Por lo que, la relación de estos tres sensores es primordial para monitorear la temperatura y determinar el flujo de agua (en galones por minuto) que suministrarán las seis bombas de agua que alimentan al nebulizador.

El sensor del bulbo húmedo monitorea la temperatura, a partir de un termómetro ubicado en sombra, el cual está envuelto en una mecha de algodón húmedo bajo una corriente de aire; Por otro lado, el sensor del bulbo seco conformado por un termómetro convencional de mercurio mide la temperatura ambiente e igualmente ubicado en sombra. Por último, el T_{CIT} será la temperatura variable resultante de la activación de las bombas de agua del sistema del nebulizador.

Para establecer el valor de T_{CID} es importante conocer la relación entre la humedad absoluta, la cual, es la cantidad de agua presente en el aire por unidad de masa de aire seco y la humedad relativa que es el cociente en la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen, la cual se mide en tanto por ciento y esta relacionada de forma que la humedad relativa máxima posible es el 100% [1]. En la Figura 1 se muestra esta relación en donde también es importante conocer el punto de rocío, el cual es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua en el aire.

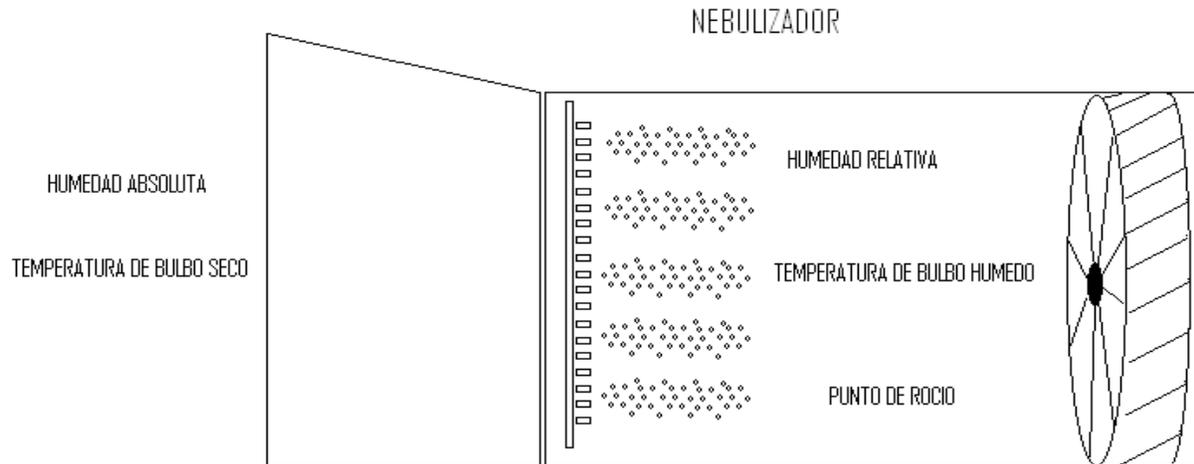


Figura .1 Relación de temperaturas presentes en el nebulizador [1].

Ambos bulbos deben mantener una diferencia de temperatura de 4 grados centígrados, ya que si se diera el caso de que el bulbo seco igualará la temperatura del bulbo húmedo, el riesgo sería el de meter aire condensado a etapas muy avanzadas del compresor causando daños severos de corrosión o hielo como se muestra en la Figura 2, en donde no se deberá nunca ser operado en la zona no permitida ya que existe el riesgo de dañar severamente el compresor.

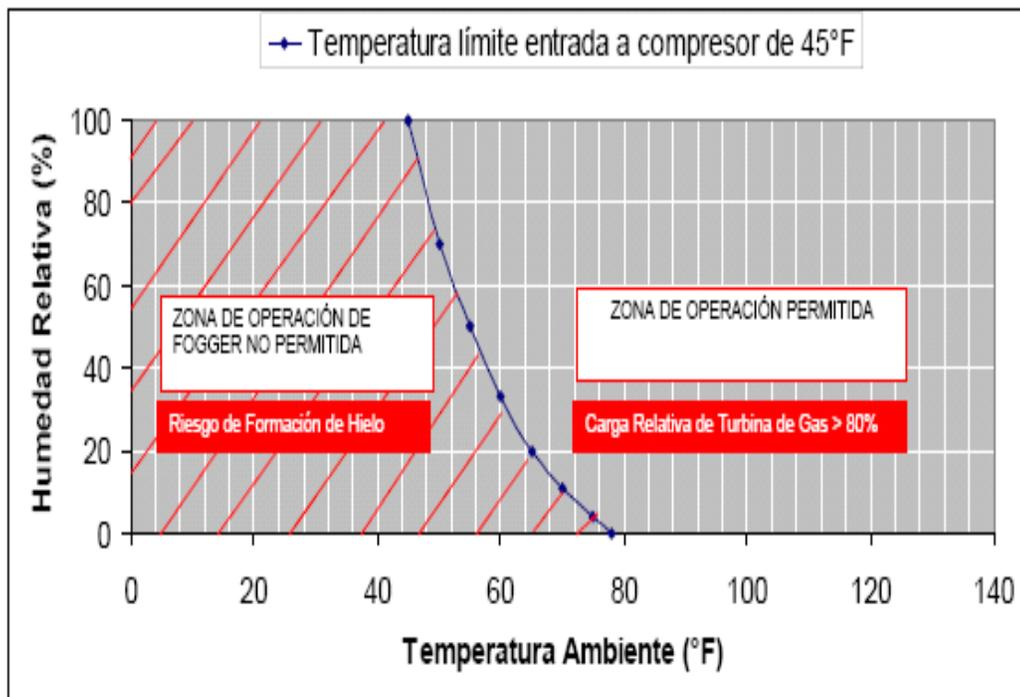


Figura 2. Representación grafica de las zonas de operación del sistema de nebulizador [1].

Diseño del Sistema

La programación grafica de este proyecto se desarrollo basados en una estructura de la máquina de estados, en la Figura 3 se muestra la arquitectura de la programación, en donde la actividad principal es la toma de decisiones para cambiar o mantenerse activos en uno de los estados, hasta cumplir la condición de cada estado o bien en la selección del paro forzoso a partir del “stop”.

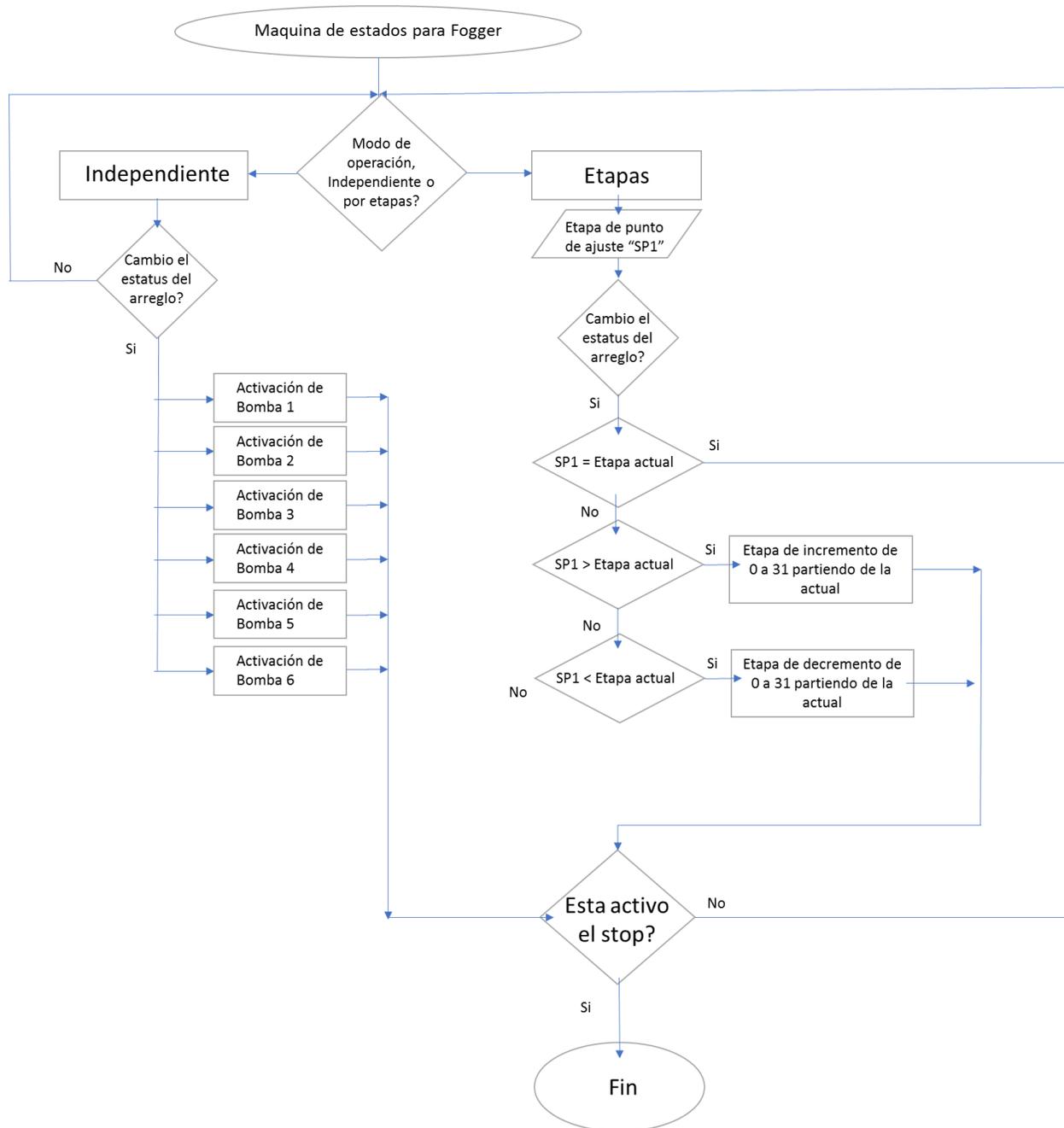


Figura 3. Diagrama de flujo de la arquitectura de la máquina de estados del sistema.

Se cuentan con 3 estados principales en la máquina de estados mayor, el primero es el estado de inicio (-1) que corresponde al modo de operación independiente o manual, este lleva a cabo la adquisición de la lectura de los sensores a través de la red del PLC en sus diferentes indicadores, así mismo, a partir de un “*cluster*” compuesto por un arreglo de booleanos, manda la indicación de la combinación de los booleanos que fueron activos y dependiendo de esta misma cambia a los estados del 0 al 11 dependiendo del estatus que se indicara anteriormente.

El segundo estado principal corresponde al modo de operación de etapas (-2) este modo de operación se puede decir que es el modo automático, ya que lleva a cabo de manera programable una serie de combinaciones de activación y desactivación de las 6 bombas de agua, en la Tabla 1 se muestran estas combinaciones, las cuales están establecidas por la capacidad de flujo en galones por minuto que puede suministrar cada bomba al *Fogger*, por lo que en la máquina de estados se establece como dato de entrada el punto de ajuste o “SP1”, este punto de ajuste contiene 31 “*stage's*” diferentes que van del 1 al 31 dependiendo de la combinación de bombas a activar; este estado guarda el valor de la etapa SP1 indicado.

Tabla 1 Flujo de etapa de diseño.

Stage SP1	60 gpm Combinaciones	Flujo (Gpm)
1	1	1.96
2	2	3.92
3	1 + 2	5.88
4	3	7.98
5	1+3	9.94
6	2+3	11.90
7	4	13.30
8	1+4	15.26
9	2+4	17.22
10	1+2+4	19.18
11	3+4	21.28
12	1+3+4	23.24
13	2+3+4	25.20
14	1+2+3+4	27.16
15	3+6	28.14
16	1+3+6	30.10
17	2+3+6	32.06
18	1+2+3+6	34.02
19	1+5+6	35.42
20	2+5+6	37.38
21	1+2+5+6	39.34
22	3+5+6	41.44
23	1+3+5+6	43.40
24	2+3+5+6	45.36
25	1+2+3+5+6	47.32
26	2+4+5+6	50.68
27	1+2+4+5+6	52.64
28	3+4+5+6	54.74
29	1+3+4+5+6	56.70
30	2+3+4+5+6	58.66
31	1+2+3+4+5+6	60.62

Comunicación entre LabVIEW y el controlador PLC

La interfaz entre LabVIEW y la red del PLC se lleva a cabo a partir del controlador del PLC SLC504 el cual, está conectado a la red DATAHIGHWAY, la cual permite establecer una liga de comunicación bidireccional. En la Figura 4, se muestra el diagrama de comunicación del PLC, el cual permite establecer la liga de comunicación para la activación de las bombas de agua del *Fogger*.

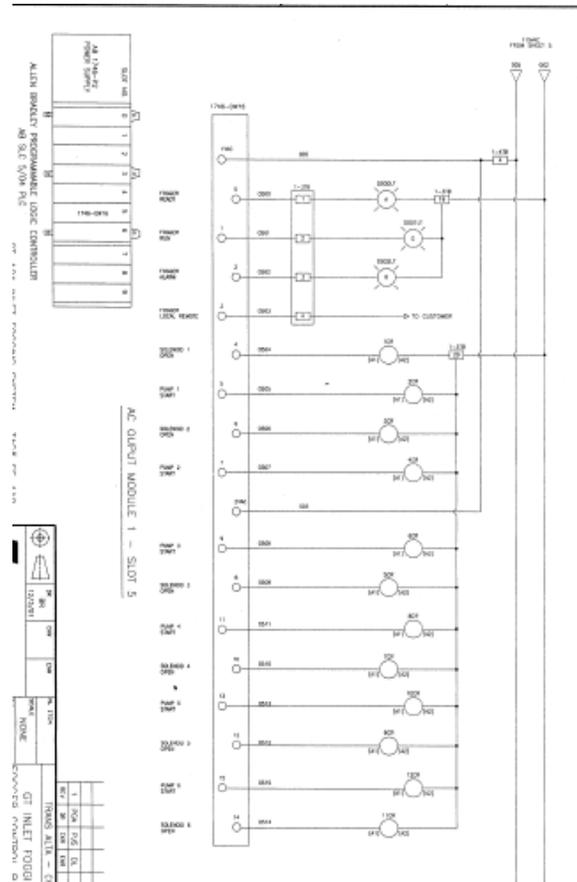


Figura 4. Diseño del módulo del PLC para el Fogger.

Una vez establecidas las direcciones del PLC que permiten la activación de cada una de sus bombas junto con el solenoide, se pasa al proyecto del LabVIEW para la configuración de cada booleano al cual se le asigna una dirección de la red del PLC determinada a partir de la Figura 4, por lo que en la Figura 5, se muestra la configuración empleada en cada booleano o en los casos de los indicadores para la obtención de los datos de temperatura de los tres sensores del *Fogger*.

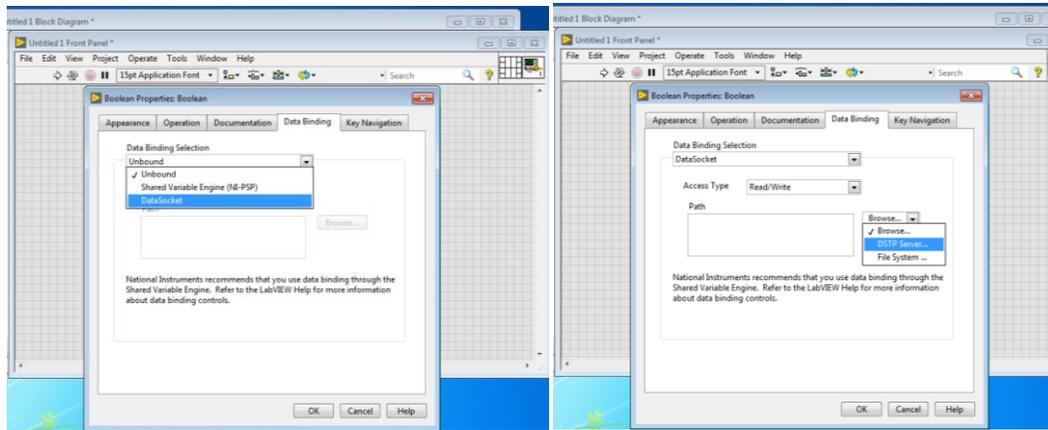


Figura 5. Configuración para la lectura o escritura de la red del PLC.

Configuración del controlador PLC

El software de apoyo para establecer la comunicación entre LabVIEW y el PLC fue el OPC Server el cual establece la comunicación a través de una arquitectura Cliente-servidor donde se puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que ofrezca el servidor. En la Figura 6 y 7 se muestra la configuración de la arquitectura del servidor para la comunicación entre la interfaz de usuario y el módulo del PLC del *Fogger*.

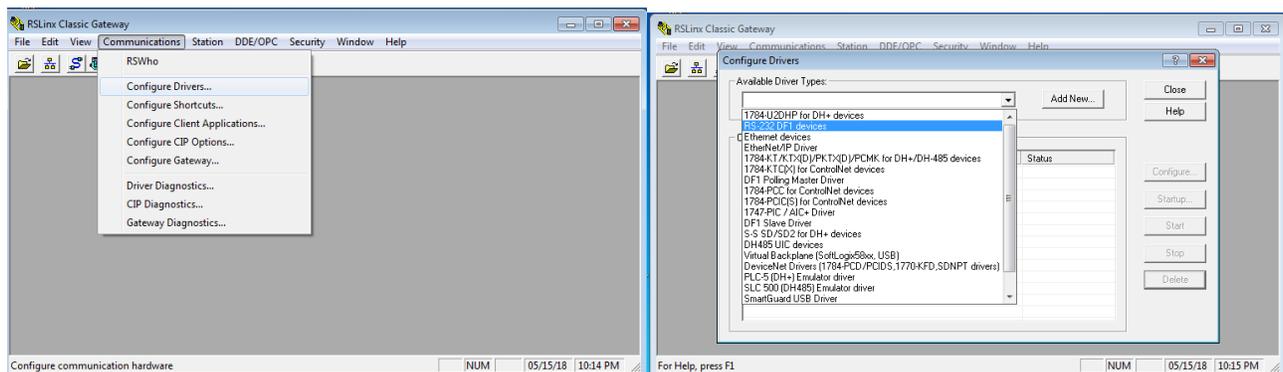


Figura 6. Configuración del driver para la lectura del PLC.

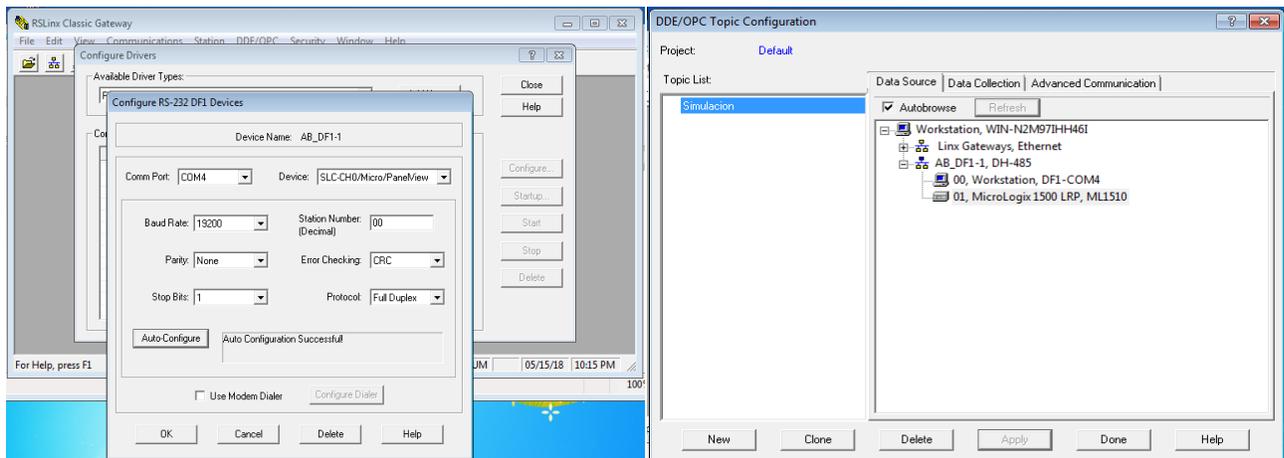


Figura 7. Configuración del tópico de RSLinx para la lectura del PLC.

Resultados

La parte más importante del proyecto radica en la interfaz de usuario que es maniobrada por los técnicos del área, esta interfaz fue diseñada bajo los estándares ya establecidos por la empresa, esto con el propósito de hacerlo más familiarizado con la preparación y conocimientos de los usuarios que operan el sistema y la interfaz.

El programa cuenta con ventanas emergentes que facilitan y a su vez hacen más eficiente el control de la activación de las diferentes bombas y opciones para el modo de operación de etapas.

En la Figura 8, se muestra la pantalla principal de la interfaz, en donde en la parte A) se muestra el selector para el modo de operación, los cuales son de manera independiente (manual) y por etapas que interactúa como un modo automático auto programado, el cual, cuenta con dos indicadores que muestran, la etapa a la que se desea llegar y la actual. En la parte B) se aprecian las ayudas visuales, que son animadas con la misma programación de LabVIEW, y sus respectivos indicadores de temperatura en grados Fahrenheit, que adquieren la lectura de la dirección del PLC a través de la red de este mismo, los cuales ayudan a monitorear la temperatura del agua de cada una de las bombas y es el mismo caso, para el indicador de presión en unidades de *psi. En la parte C) se muestran los tres indicadores que están comunicados directamente con cada uno de los valores de las variables que lee el PLC, es decir, la temperatura del bulbo húmedo, el valor del T_{CID} y el valor del *Target* que ya es calculado por el PLC.

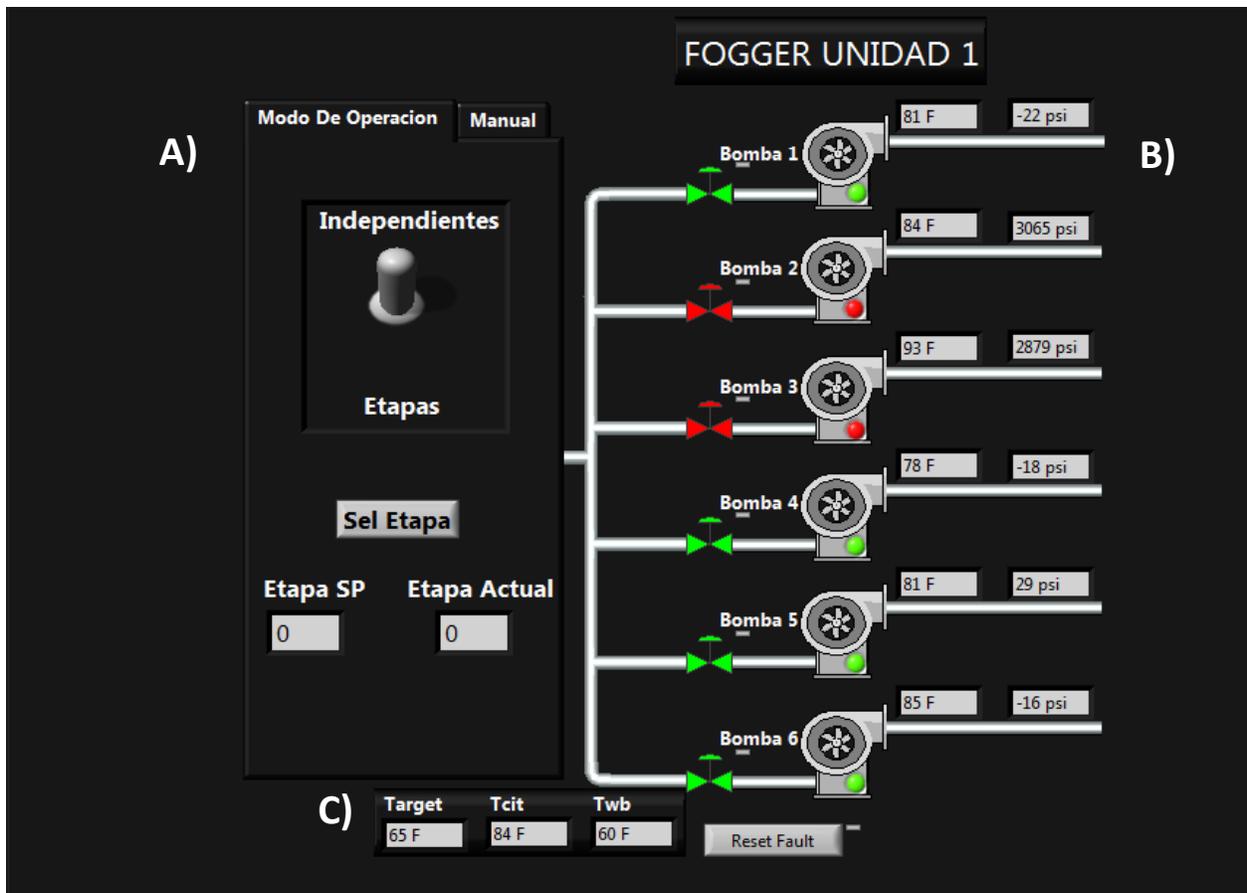


Figura 8. Diseño de la pantalla principal.

El modo de operación independiente permite al usuario activar las bombas de manera remota desde el cuarto de control, sin tener que depender de un técnico en campo; por lo que en la Figura 9 se muestra la ventana emergente que se activa al momento de seleccionar una de las bombas, en la parte A) el indicador señalado, de manera gráfica indica al usuario que el control de la activación aún no está en sus manos y en la parte B) cuando el usuario tiene el control de la bomba para su activación.

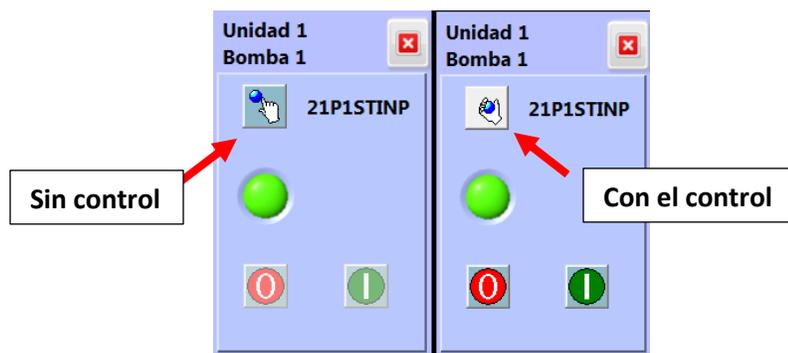


Figura 9. Ventana emergente para el control de la activación de las bombas.

Una vez activas las bombas seleccionadas estas cambian de un estado verde a rojo; el indicador que muestra el estatus de la comunicación con el PLC es el que se señala en la Figura 10, así mismo los indicadores para las lecturas continuas de las temperaturas y de la presión de cada una de las bombas respectivamente; para las bombas activas se ve una diferencia en los indicadores de presión, lo cual significa que hay un flujo de agua presente.

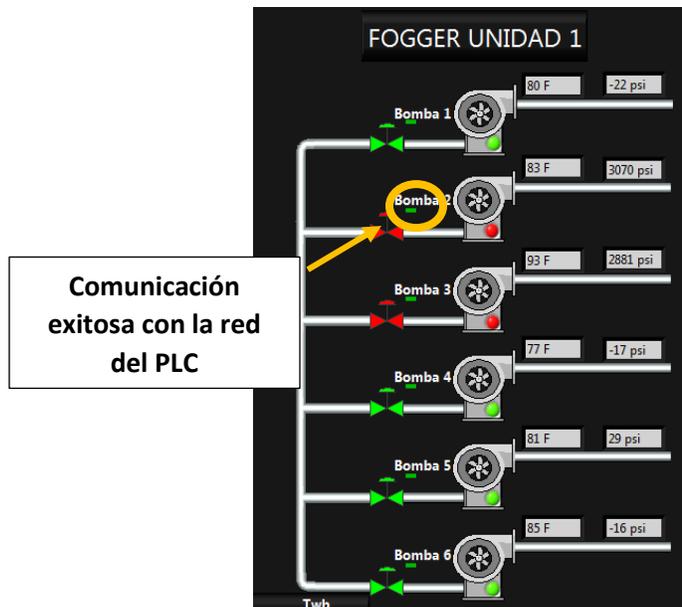


Figura 10. Estatus después de la activación de diferentes bombas.

El modo de operación por etapas es el modo de trabajo automático o auto programado, el cual contiene la serie de combinaciones basadas en los requerimientos de galones por minuto a suministrar a la entrada del compresor; este modo de operación se activa al cambiar de posición el selector a “Etapas” el cual, a su vez activa el botón de “Sel Etapa” y permite al usuario seleccionar la etapa a la que se desea llegar. En la Figura 11 se muestra la ventana emergente resultante de la activación de este modo de operación, en donde igual que en el modo independiente, de manera visual muestra al usuario cuando se tiene o no el control para la activación del mando; la ventana emergente muestra las 31 combinaciones posibles de las bombas de agua y una vez seleccionada la etapa a la que se desea llegar se cierra únicamente la ventana y la secuencia inicia de manera automática.

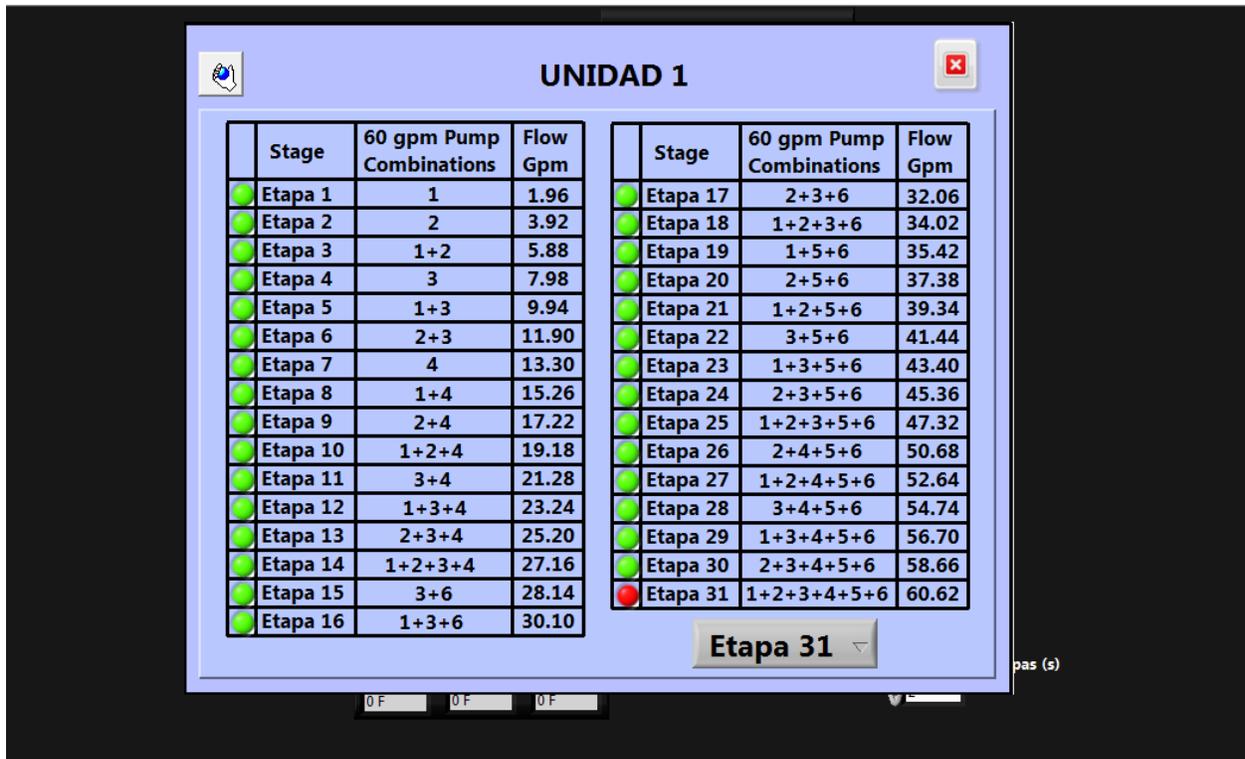


Figura 11. Ventana emergente para el modo de operación de Etapas.

Una vez seleccionada la etapa el programa compara la etapa meta o “Etapa SP” con la actual, esto con la finalidad de ascender o retroceder en las etapas, en la Figura 12 se muestra un ejemplo, en donde la etapa meta es la 31 pero la actual es la etapa 11 con la combinación de la activación de las bombas 3 y 4.

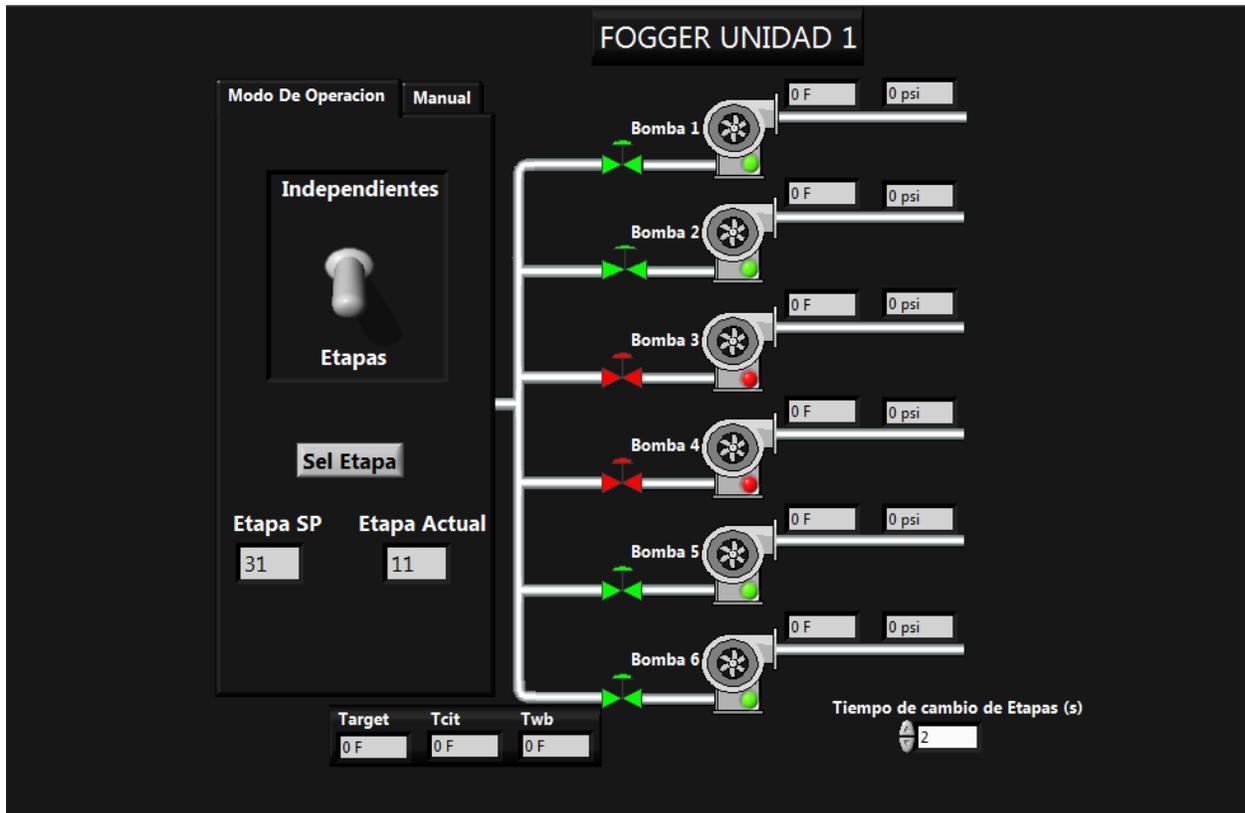


Figura 12. Modo de operación por etapas, mostrando la etapa meta y la actual.

Conclusiones

Una vez implementado el sistema de control se demostró que gracias al sistema de activación de las bombas del nebulizador desde el área de control, no solo se reduce el tiempo de respuesta inmediata de los técnicos del área (ante un despacho de carga nacional) al recibir un requerimiento de aumento de potencia, si no también, permite que se opere desde dos modalidades como modo independiente y por etapas. Donde el sistema muestra las condiciones térmicas del sistema del *Fogger*, lo cual, facilita la selección de la combinación apropiada para el requerimiento de demanda y así mismo, significativamente se aporta al mantenimiento y conservación del compresor de la turbina, el cual se veía afectado por el tiempo de respuesta al activar de manera manual cada una de las bombas.

Referencias

[1] Fern, "Operation and Maintenance Manual, Inlet Fogging System", Trans Alta, Chihuahua Mexico, ABB GT11N2 Combustion Turbine, Mayo 2002.

Ciudad Juárez, Chih. A 23 de Mayo de 2018

**A quien corresponda
Presente**

Por este conducto hacemos de su conocimiento que el proyecto desarrollado durante los meses Febrero a mayo de 2018 que lleva como título **“Control de sistema de Fogger con interfaz entre LabVIEW y PLC”**, desarrollado por la Srita. Lilia Herrera, estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica, proyecto en el que colaboro con el Ing. Angel Martinez, por parte de la empresa y la M.C. Lidia H. Rascón Madrigal (responsable), Mtro. David García Chaparro docentes del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez., ha presentado una importante mejora en la operación de los Foggers a través de una interfaz diseñada para el uso de los técnicos de control para la activación y monitoreo este mismo.

Agradezco de antemano sus atenciones quedando de usted

Atentamente



Ing. Ángel Martínez Márquez
| Saavi Energía |
C.C.C CHIHUAHUA III

Carretera Panamericana Km. 166 Tramo Sueco-Cd. Juárez
Samalayuca, Ciudad Juárez, Chih. C.P. 32730
Celular: +52 (656) 1665142 | E-mail: amartine@intergen.com
Nuestros Valores Fundamentales: Integridad | Trabajo en equipo | El Espíritu Empresarial | Responsabilidad Social Corporativa | Seguridad