



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**Universidad Nacional Autónoma de México**

---

---

**POSGRADO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE LA COMPUTACIÓN**

**"SISTEMA INTELIGENTE PARA LA  
GESTIÓN DE UNA PLANTA  
GEOTERMOELÉCTRICA VIRTUAL"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
(COMPUTACIÓN)**

**P R E S E N T A:**

**FLORES HUERTA HUGO**

Director de Tesis: Dr. Nicolás Kemper Valverde.

México, D.F.

2008



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Hilda Huerta Esparza y Trinidad Flores L., por brindarme su apoyo, sin los cuales no habría logrado esta meta. A la Universidad Nacional Autónoma de México y al Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, por darme la oportunidad, por medio de las herramientas y conocimientos que imparte en sus aulas, laboratorios, bibliotecas y centros culturales, de superarme como persona y desempeñarme en un área laboral. Al Dr. Nicolás Kemper V., por invertir parte de su tiempo en la dirección y revisión de esta tesis. Y al personal de la Planta Geotermoeléctrica por el apoyo y confianza brindado para la realización de este proyecto; en especial al los Ingenieros Armando García y Oscar Martínez.

Flores Huerta Hugo

# ÍNDICE.

Contenido	Página
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	6
1.3 Objetivos .....	7
1.4 Alcances y Limitaciones .....	8
1.4.1 Alcances .....	8
1.4.2 Limitaciones .....	9
1.5 Estado del Arte .....	10
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>13</b>
2.1 Procesos Inteligentes .....	13
2.1.1 Descripción .....	13
2.1.2 Componentes de un Proceso Inteligente (PI).....	15
2.2 Plantas Geotermoeléctricas .....	21
2.3 Planta Geotermoelectrica “Los Azufres” de CFE .....	28
2.3.1 Descripción .....	28
2.3.2 Evaluación de la Planta Energética .....	32
2.3.3 Monitoreo .....	39
<b>3. Diseño y Desarrollo del Sistema .....</b>	<b>43</b>
3.1 Definición de Requerimientos .....	43
3.1.1 Descripción del Problema .....	43
3.1.2 Identificación de Módulos .....	45
3.1.3 Arquitectura del Análisis .....	48
3.1.4 Diagrama General de Casos de uso.....	52
3.1.5 Actores, Detalle de Casos de uso y Diagramas de Secuencia .....	53
3.2 Modelo de Diseño .....	64
3.2.1 Diseño Detallado .....	64
3.2.2 Diseño de Sistema .....	66
3.2.3 Diseño de la Base de Datos .....	70
3.2.4 Diseño del Módulo Experto .....	82
3.4 Diseño del Sistema WEB .....	96

<b>4. Implementación y Pruebas del Sistema .....</b>	<b>105</b>
4.1 Implementación del Sistema .....	105
4.1.1 <i>Implementación del Sistema Local</i> .....	105
4.1.2 <i>Implementación del Sistema WEB (Intranet CFE)</i> .....	138
4.2 Pruebas del Sistema .....	144
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>149</b>
<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>153</b>
A.1. Detalles de Casos de Uso y Diagramas de Secuencia .....	153
A.2. Diseño Detallado .....	173
<b>APÉNDICE B.....</b>	<b>187</b>
B.1. Tablas de Conocimiento .....	187
B.2. Tablas de Recomendaciones o Soluciones .....	196
B.3. Rangos de Parámetros de Operación de la Planta .....	201
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>203</b>

# CAPÍTULO 1.

## Introducción

### 1.1 Antecedentes

Los procesos productivos en la industria han evolucionado constantemente desde sus orígenes; el desarrollo de maquinaria, nuevas tecnologías y formas de producción han logrado que en la actualidad existan plantas productivas que generan millones de productos a un bajo costo y en poco tiempo. Hasta hace algunos años la preocupación de la industria era lograr producción de grandes volúmenes, en el menor tiempo y costos posibles, para ofrecer al consumidor el producto al mejor precio y triunfar sobre la competencia; en la actualidad esto se ha logrado, pero al existir una competencia permanente, las compañías productivas requieren de nuevos avances tecnológicos y nuevas metodologías para superar a su competencia.

Anteriormente si una compañía deseaba aumentar su producción y disminuir sus costos, lo podía lograr adquiriendo maquinaria, equipo nuevo y contratando más personal, esto es, debía invertir en su cadena productiva. Esto significaba un incremento en la producción notable y por consiguiente en las utilidades; sin embargo en la actualidad, con la gran competencia comercial que existe en la industria, hacer esta misma inversión no incrementa tan significativamente las utilidades; debido a la gran saturación del mercado, en productos iguales o similares de distintas marcas, lo que se requiere es crear los productos en igual cantidad y calidad pero a menor costo, para así tener productos de calidad a precios competitivos para el demandante mercado actual.

En la actualidad, lo que la industria necesita es “optimización” de procesos. La optimización de procesos consiste en determinar las condiciones de operación que permiten lograr objetivos tales como: <sup>[2]</sup>

- Maximizar la producción.
- Minimizar el costo de operación.
- Minimizar la cantidad de energía necesaria para la producción.
- Maximizar la utilidad.
- Minimizar el las perdidas.

En concreto, al optimizar un proceso, se obtiene como resultado el incremento en eficiencia y la consecuente reducción en costos y/o aumento de las utilidades; además se obtiene un mejor entendimiento del proceso productivo derivado del modelo de optimización.

Para poder crear un modelo de optimización de este tipo, las industrias requieren de información y datos, tanto en tiempo real como históricos relacionados con su proceso productivo, de manera tal que las gerencias puedan resolver los desafíos que se le presenten y tener la capacidad para responder con las estrategias adecuadas. Para esto se requiere de procesamiento de datos confiable, así como de la capacidad para tomar decisiones adecuadas, dado que las organizaciones requieren de herramientas eficaces para procesar la variedad de información e identificar y poner acciones en ejecución oportunamente <sup>[3]</sup>.

Las plantas productoras de hoy cuentan con sistemas de información eficaces en coleccionar, resumir, interpretar y mostrar procesamiento de datos; sin embargo, ahora el problema se ha trasladado a que se tiene demasiada información; la cantidad de datos que se colecta es simplemente abrumadora, y para el ser humano, en este caso, ingenieros de proceso, jefes de planta, administradores, gerentes, etc., se vuelve casi imposible procesar, interpretar y manejar tal cantidad de información en reducidos intervalos de tiempo, para dar una solución o estrategia correcta y rápida para la optimización del proceso, por lo cual se requiere que los sistemas informáticos ayuden en la tarea de interpretación y manejo de la información, lo cual lleva a que

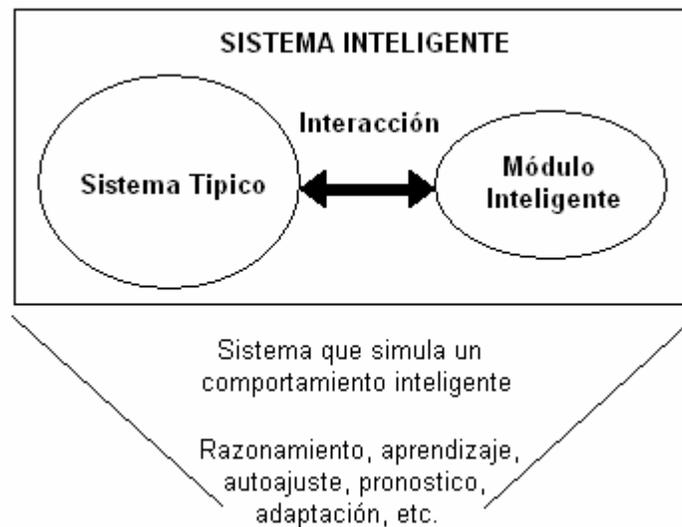
se debe dotar a los sistemas informáticos de cierta “inteligencia”, para que su interpretación y manejo de la información simule a la de un experto en la materia, en este caso un ingeniero de procesos, jefe de planta, administrador etc. <sup>[2]</sup>.

Desde hace un par de décadas se ha venido desarrollando un área importante de la computación denominada “Inteligencia Artificial” hasta el punto de que actualmente se cuenta con sistemas de Inteligencia Artificial operando en áreas de economía, medicina, investigación, etc. auxiliando a los especialistas. Se denomina Inteligencia Artificial a la ciencia que desarrolla procesos que imitan la inteligencia y comportamiento de los seres humanos o animales y su principal aplicación se encuentra en la creación de máquinas para la automatización de tareas que requieren un comportamiento inteligente. Para la rama de computación se han desarrollado muchas herramientas que pueden realizar o imitar esta inteligencia como son: redes neuronales, algoritmos genéticos, sistemas expertos, lógica difusa, máquinas de soporte vectorial, etc. que son algoritmos de cómputo capaces de emular a la inteligencia y muchas de las tareas que forman parte de ella como son el razonamiento, aprendizaje, etc. <sup>[25]</sup>

En la actualidad, el desarrollo de la inteligencia artificial permite que se pueda incorporar dentro de un sistema (software), una o más herramientas que simulan algún tipo de comportamiento inteligente; esto nos da como resultado lo que actualmente se denomina como “sistemas inteligentes”; en términos de computación, un sistema inteligente es un programa de cómputo que reúne características y comportamientos asimilables al de la inteligencia humana o animal. La expresión “sistema inteligente” en cómputo se usa para referirse a sistemas inteligentes incompletos, por ejemplo una casa inteligente o un sistema experto <sup>[39]</sup>. Un sistema inteligente completo incluye “sentidos” que le permiten recibir información de su entorno, puede actuar, y tiene una memoria para archivar el resultado de sus acciones, tiene un objetivo, e inspeccionado su memoria, puede aprender de su experiencia. Aprende como mejorar su rendimiento y eficiencia.

Los sistemas inteligentes son herramientas de apoyo que las plantas productivas de hoy necesitan para auxiliar a su personal a interpretar grandes volúmenes de datos que les proporcionan sistemas de adquisición de datos, con el propósito de tomar decisiones acertadas y rápidas basándose en los datos con los que se cuenta, datos que a un sistema inteligente puede tomarle algunos segundos interpretar.

Los sistemas inteligentes aplicados a la industria, se conforman de un sistema básico que realiza tareas comunes (por ejemplo, administración, monitoreos, cálculos, consultas, algún tipo de gestión etc., es decir como cualquier sistema común que se encuentra operando actualmente en las industrias) y de un sub-sistema o módulo inteligente, el cual dota al sistema de algún tipo de comportamiento asimilable a la inteligencia y que da la impresión al usuario, de estar frente a un sistema que actúa de forma inteligente.



*Figura 1.1 Concepto de Sistema Inteligente desde el punto de vista aplicación (Ingeniería).*

En la actualidad el modulo inteligente con mayor presencia en varias disciplinas e industria, es el que lleva por nombre “Sistema Experto”.

Un Sistema Experto (SE) es un conjunto de programas de computo ligado a una base de conocimientos adquirida generalmente a través de varios expertos humanos dentro de un dominio específico (la nube) que incluye un conjunto de algoritmos, reglas o técnicas de razonamiento a través de los cuales se pueden hacer inferencias para la solución de problemas o que permiten dar recomendaciones para el análisis, el diagnóstico, apoyar a técnicas de enseñanza y/o en general recomendar, actuar y explicar sus acciones en actividades en las cuales se requiere generalmente del saber de expertos humanos dentro de una nube específica<sup>[39]</sup>.

También el desarrollo tecnológico avanza muy rápidamente y la intervención de sistemas de computo en todos los ámbitos ha llegado para ayudar, mejorar y optimizar las tareas que se desarrollan en las distintas disciplinas; es por ello que la aplicación de más tecnología a las plantas productivas de las industrias continua avanzado; recientemente surgió un nuevo modelo tecnológico para apoyar de forma más integral a las gerencias, directivas y altos mandos de las organizaciones para la toma de decisiones y optimización de procesos; este nuevo modelo ha sido nombrado “Procesos Inteligentes” (PI). Procesos Inteligentes implica toda una gama de tecnologías que de manera conjunta ofrecen un total control de la información del proceso productivo, ya que contiene componentes de monitoreo y control de la planta, sistemas de adquisición de datos en tiempo real, sistemas de almacenamiento y consulta de datos, herramientas de inteligencia artificial para apoyo en la toma de decisiones y supervisión, herramientas para descubrir conocimiento y hacer pronóstico a partir de los datos y sistema Web para acceso remoto; todas estas herramientas perfectamente integradas, trabajando para optimizar el proceso productivo y dar a la gerencia información actualizada acerca de los aspectos vitales de la operación de su negocio. En el capítulo 2 se explica, de manera detallada los componentes y aplicaciones de este método.

## 1.2 Planteamiento del Problema

Un proceso productivo consiste en transformar insumos (entradas) en bienes y/o servicios (salidas) mediante el uso de recursos físicos, tecnológicos, humanos, etc. El diseño de un proceso se debe enfocar para proporcionar los mejores resultados en cuanto a eficiencia del mismo; es decir, debe ser diseñado de tal forma que los resultados que se obtengan consuman la menor cantidad de recursos posibles. Es aquí donde intervienen los sistemas de cómputo y los procesos inteligentes para apoyar en el diseño de un proceso óptimo, mediante el cual se maximiza la eficiencia y se minimiza el consumo de recursos.

Uno de los procesos productivos más importantes en la actualidad es la generación de energía; un país no puede “caminar” si no cuenta con los recursos energéticos necesarios y suficientes para su abastecimiento. La energía es el motor de los países y su economía. Y debido a la gran importancia que ésta tiene, su demanda ha aumentado considerablemente durante las últimas décadas; por ello resulta de vital interés optimizar y mejorar las técnicas y procesos utilizados para su generación, producción u obtención. Las plantas generadoras de energía o recursos energéticos requieren de tener la mayor eficiencia y el menor consumo de recursos en la generación de energía; en un caso particular, las plantas generadoras de electricidad utilizan usualmente recursos naturales ( vapor geotérmico, agua, viento, marea, petróleo, gas, etc.) que suelen ser caros, escasos y algunos no renovables, además de que su utilización puede generar muchos contaminantes; de ahí la importancia de tener procesos eficientes para utilizar el mínimo de estos recursos, pero sin perder la producción de energía eléctrica; en resumen las plantas generadoras de energía eléctrica requieren de una optimización de su proceso productivo.

En México la compañía encargada de la generación y administración de la energía eléctrica del país es Comisión Federal de Electricidad (CFE); tiene plantas generadoras por todo el país con distintas tecnologías de generación como son: termoeléctricas, geotermoeléctricas, hidroeléctricas y eólicas. Al igual que toda planta productiva, CFE tiene la necesidad de optimizar su proceso productivo, esta tesis está dirigida y enfocada a abordar un proceso productivo en particular, el de las plantas geotermoeléctricas. Actualmente el proceso de

generación geotermoeléctrico de CFE no cuenta con un sistema de monitoreo en línea para vigilar, registrar y analizar los cambios sucedidos durante el proceso de generación y explotación de los pozos, siendo necesario contar con un sistema para optimizar el uso eficiente del recurso geotérmico, planear oportunamente los mantenimientos de las unidades, y en caso de ser necesario plantear propuestas de modernización y/o rehabilitación de sus componentes principales.

Por lo cual se le ofreció como solución a CFE la implementación del modelo de “Procesos Inteligentes“, en una de sus plantas Geotermoeléctricas que funcione como un sistema piloto para evaluar el desempeño de esta técnica y la factibilidad de extender su instalación en todas las plantas geotermoeléctricas, las herramientas de esta solución serán un sistema inteligente para la gestión local que además de ayudar en la toma de decisiones, controlará la adquisición de datos, permitirá el monitoreo en tiempo real, la generación de reportes y consulta de datos históricos y controlara el almacenamiento en la base de datos y como herramienta inteligente tendrá a un sistema experto embebido, además se implementará un sistema web para supervisión y consulta vía remota. Con este sistema se busca proporcionar a CFE todos los elementos necesarios en cuanto a datos e información, para que pueda hacer una evaluación del desempeño de la planta y acorde con estos resultados diseñar un nuevo proceso productivo optimizado.

### **1.3 Objetivos**

El objetivo principal es diseñar, desarrollar e implementar un sistema de gestión virtual que permita a la planta geotermoeléctrica de CFE contar con información oportuna del estado actual de su proceso de generación eléctrica. También debe almacenar la información histórica de este proceso y permitir tener acceso a esta mediante reportes y gráficos.

Implementar en la medida de lo posible las herramientas de optimización de procesos para dar una solución integral a las necesidades actuales de las plantas geotermoeléctricas de CFE y sus gerencias, con tecnología adecuada y compatible con las exigencias de las mismas.

Además se debe obtener el conocimiento de los expertos de la planta sobre el manejo de las posibles situaciones que pueden presentarse en la operación de la planta, y plasmar este conocimiento y experiencia en un conjunto de reglas que permitan la construcción del sistema experto necesario para el módulo inteligente.

### **1.4 Alcances y limitaciones**

#### *1.4.1 Alcances*

El sistema debe ser totalmente interactivo basado en modelos de instrumentación virtual para permitir que en cada unidad se realicen configuraciones, monitoreos, consultas y reportes respecto a la operación; el sistema debe tener los siguientes componentes principales:

- Módulo de monitoreo en tiempo real: Adquisición de los datos a través de los módulos de entradas analógicas y presentación de los mismos en pantalla.
- Módulo de análisis y procesamiento de información: Permitirá los procesos de análisis y procesamiento de datos.
- Módulo de Reportes: Permitirá y facilitará al usuario la generación de diversos reportes según las necesidades operativas de la planta.
- Módulo Inteligente: este módulo estará encargado del manejo de alarmas y auxiliara en la detección de la falla que propicio esta alarma, además propondrá al usuario una solución al problema.
- Módulo de seguridad y acceso: Tendrá la capacidad de manejar cuentas de usuario de acceso al sistema de distintos niveles.
- Sistema de Bases de Datos: Se diseñará un sistema de base de datos relacional.
- Módulo de monitoreo remoto (sistema web): Permitirá acceder vía remota desde cualquier nodo de la intranet de CFE, a las mediciones de los parámetros de operación de la planta en tiempo real y estado de la planta, consultar los datos históricos de estas mediciones y graficar los distintos parámetros de operación.

El sistema será instalado en una planta geotermoelectrica de CFE y sincronizado con los instrumentos de medición y adquisición de datos, mediciones que desplegara en tiempo real en el sistema local y remoto (web) y al mismo tiempo almacenará en la Base de Datos, permitirá el acceso a esta base de datos mediante consultas y generará reportes de los parámetros que sean solicitados para periodos específicos, además alertará al operador cuando el valor de un parámetro se encuentre fuera de lo común y guiara al usuario, mediante una serie de preguntas sencillas, a determinar la causa de dicha medición anormal y recomendará una posible solución.

#### *1.4.2 Limitaciones*

La principal limitación de este proyecto radica en que al no existir actualmente en la planta geotermoelectrica de CFE donde se implementara este sistema ningún tipo de tecnología, herramienta o software que permita el almacenamiento de las distintas mediciones y variables de operación de la planta, no se cuenta con datos históricos del comportamiento de la planta.

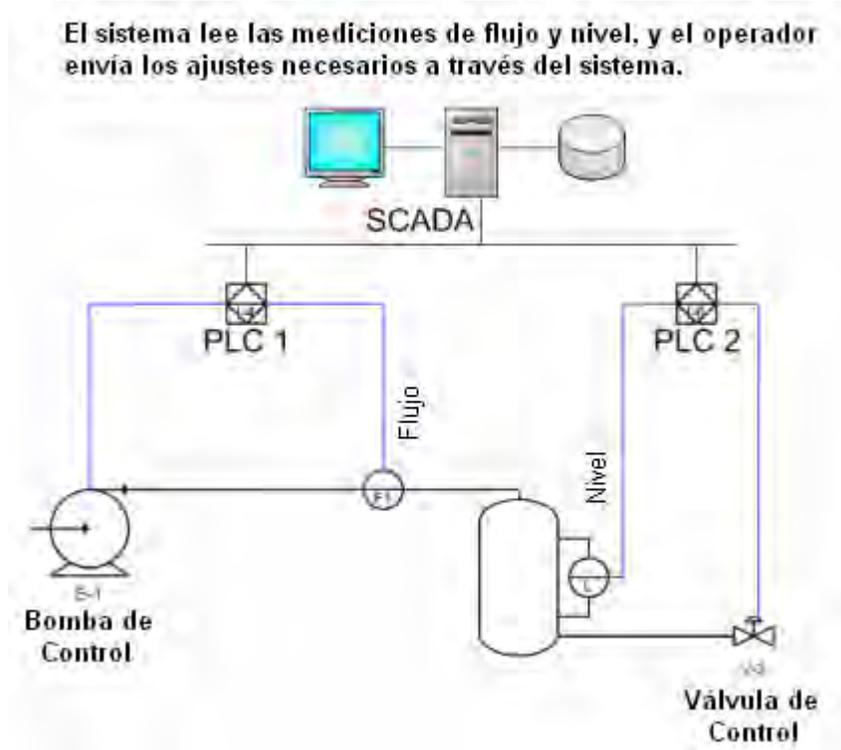
Datos históricos que permitirían la búsqueda de patrones de comportamiento de la planta, mediante herramientas de minería de datos, con lo cual se podría generar nuevo conocimiento acerca de los aciertos y fallas del proceso de generación seguido actualmente por la planta y se podrían descubrir patrones de parámetros con los cuales la planta trabaja de manera más eficiente y óptima. Tampoco se contempla como parte del proyecto agregar elementos de control que permitan al usuario el control de instrumentos y válvulas desde el sistema.

Esto origina que no se puede implementar de manera total y al 100% el modelo de “Procesos inteligentes” y todas sus herramientas en el sistema diseñado para la planta geotermoelectrica, aunque se implementará en su gran mayoría, quedando para trabajos futuros, una vez que se cuente con la información histórica suficiente, la agregación de estas herramientas pendientes como son las de minería de datos y control.

## 1.5 Estado del Arte

Existen diversas tecnologías en la actualidad que apoyan a la industria y plantas productivas en el desarrollo y optimización de su proceso; los más utilizados y de mayor auge son los denominados sistemas SCADA y sistemas de control distribuido (DCS); ambos están enfocados a las tareas de control y automatización de procesos aunque actualmente también se les ha dotado de módulos que permitan almacenar mediciones de la instrumentación de la planta e información concerniente con el proceso productivo en bases de datos y módulos que permiten consultar de forma sencilla y organizada estos datos almacenados <sup>[7]</sup>.

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Automatización). Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. Un sistema de control distribuido (DCS) realiza exactamente las mismas tareas, la diferencia radica en la forma en que cada sistema realiza estas tareas. Son dos las características principales en las que se diferencian estos sistemas, 1) en los sistemas SCADA el lazo de control es generalmente cerrado por el operador y en DCS el lazo de control es cerrado automáticamente; esto es, en los sistemas SCADA un operador (humano) controla desde su módulo todas las operaciones de control mientras que en el sistema DCS, el control se efectúa automáticamente por el sistema, es decir, cuenta con un operador (no-humano) que compensa y controla los dispositivos de la planta de acuerdo a una serie de reglas previamente programadas y las necesidades de la planta, 2) los DCS, como su nombre lo dice, son sistemas distribuidos, es decir su control se encuentra distribuido en distintos puntos de la planta y cada uno con su respectivo módulo de control, lo que secciona el control de la planta, y los sistemas SCADA tienen un control centralizado, es decir, el operador es el único punto de control que existe dentro de la planta y todo el control de la planta se lleva a cabo desde el módulo del operador <sup>[5]</sup>.



*Figura 1.2 Ejemplo de un sistema de automatización y control SCADA*

Un nuevo modelo denominado “Procesos Inteligentes” (PI) surgió como complemento para estos sistemas de control y automatización, dado que en la industria actual requiere de un control automatizado de la planta y de herramientas que auxilien a las gerencias en la toma de decisiones rápidas y oportunas, así como a detectar las posibles fallas y mejoras de su proceso productivo. PI integra las tecnologías de sistemas de automatización y herramientas que dotan al sistema de “inteligencia”, además herramientas de ayuda a toma de decisiones e información oportuna en tiempo real. PI es la evolución de los sistemas de automatización y control, que ahora no sólo controlan y monitorean la operación de la planta, si no que también proporcionan a las gerencias, la información necesaria, de manera rápida, confiable y oportuna, y el apoyo en la toma de decisiones y proyecciones de negocio con herramientas de pronóstico, información y apoyo necesarios para resolver los desafíos de los cambiantes ambientes de negocios de hoy <sup>[1][2]</sup>.

Existen varias plataformas para desarrollo de estos sistemas; una de ellas es el software llamado “LabView” que es una herramienta para instrumentación virtual de *National Instruments*, y que fue la plataforma de desarrollo elegida para desarrollar el sistema de este proyecto. Existen muchas razones para hacer esta elección, las principales son: presencia de un sin número de sistemas y desarrollos para la industria alrededor del mundo que están realizados bajo esta plataforma de desarrollo, dado que la compañía distribuye sistemas de adquisición de datos e instrumentos de medición de todo tipo, su plataforma de desarrollo esta totalmente integrada y facilita la implementación e interconexión entre el software y la electrónica, lo que permite disminuir el tiempo de desarrollo e implementación; las herramientas con las que cuenta el software son adecuadas y enfocadas para simular la instrumentación virtual en una interfaz de usuario, además de que existían experiencias en el Instituto (CCADET) de desarrollo con este software, por todo esto se opto por utilizar esta plataforma de desarrollo.

# CAPÍTULO 2.

## Marco Teórico

### 2.1 Procesos Inteligentes

#### 2.1.1 Descripción

Procesos Inteligentes (PI) es un nombre código para una gama de tecnologías las cuales descubren el conocimiento oculto en los datos que describen un proceso, a la vez que permiten utilizarlos con mayor eficacia. Los objetivos generales de los PI son mejorar la productividad, la calidad de productos y servicios, y los beneficios de los negocios, haciendo comprensibles la información y los datos, y asimismo utilizando el procesamiento de datos más efectivamente. Los objetivos específicos son influir en la inversión de instrumentación, como: PLC's, SCADA, sistemas DCS, y redes de información de la planta por medio de mejores procesos inteligentes. En resumen, Procesos Inteligentes ayudan a usar el procesamiento de datos para ventajas competitivas.

Los Procesos Inteligentes logran integrar de manera más compacta la instrumentación de la planta con los sistemas de información, monitoreo y control, dado que una medición tomada por los instrumentos de la planta deja de ser un indicador aislado y se convierte en un dato; el cual unido a los datos proporcionados por el resto de los equipos de medición que monitorean la planta, se convierte en información, la cual proporciona un apoyo mejor para el entendimiento del proceso y del negocio. Al tener un mejor entendimiento del negocio, se facilita la creación y el diseño de nuevas estrategias productivas y la toma de decisiones oportunas y adecuadas. Por lo cual se dice que los Procesos Inteligentes son un “puente” entre el manejo de maquinaria y el manejo de negocios <sup>[1]</sup>.

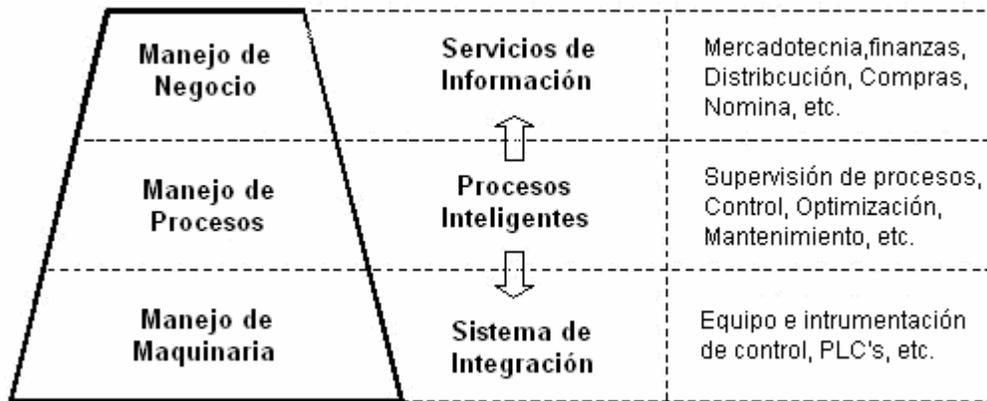


Figura 2.1 PI puente entre manejo de maquinaria y manejo de negocio.

Los procesos inteligentes pueden:

- Acceder a datos de procesos de DCS, SCADA, PLC's o bases de datos de negocios utilizando OLE (*Object Linking and Embedding for Databases*) para procesos de control y tecnologías ODBC (*Open Database Connectivity*).
- Descubrir el conocimiento valioso que reside en datos históricos del proceso utilizando minería de datos y herramientas estadísticas.
- Construir planes de procesos adaptativos usando métodos algorítmicos avanzados y herramientas inteligentes en tiempo real.
- Implementar, la simulación de procesos usando analizadores virtuales en línea y modelación adaptativa en tiempo real.
- Implementar supervisión controlada, optimización compleja de producción y procesos de negocio; éstos utilizando tecnologías inteligentes de ayuda en toma de decisiones.
- Acceder a datos e información de las operaciones y del negocio usando tecnologías Web para Internet.
- Hacer pronósticos de los objetivos del negocio y las decisiones de mercado, utilizando tecnologías sofisticadas de negocios inteligentes.

### 2.1.2 Componentes de un Proceso Inteligente (PI)

Para realizar las tareas mencionadas en la sección anterior un PI se apoya en diversas herramientas y tecnologías de cómputo. Entre sus componentes principales están:

- OLE para Control de Procesos (OPC).
- Minería de Datos.
- Algoritmos Avanzados.
- Analizadores Virtuales en Línea <sup>[43][45]</sup>.
- Sistemas Expertos.
- Intranet Web
- Negocios Inteligentes.

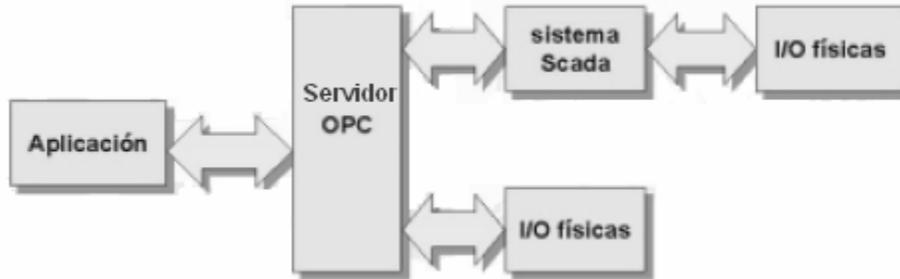
Por las limitación ya mencionadas (carencia de datos), se implementaran para el proyecto de esta tesis, solo 3 de las 7 herramientas sugeridas por el modelo de PI (OPC, Sistemas Expertos, Intranet Web).

#### **OLE para Control de Procesos (OPC)**

OPC es un estándar abierto para compartir datos entre dispositivos y aplicaciones de ordenador basado en OLE de Microsoft, el cual permite a las aplicaciones leer y almacenar datos de proceso, así como compartir datos en una red de ordenadores. OLE por sus siglas en ingles *Object Linking and Embedding for Databases* (Incrustación y enlace de objetos para bases de datos) es una tecnología desarrollada por Microsoft usada para tener acceso a diferentes fuentes de información, o bases de datos, de manera uniforme. Los proveedores OLE pueden ser creados para tener acceso a almacenes de datos que van desde simples archivos de texto y hojas de calculo, hasta bases de datos complejas <sup>[9]</sup>.

OPC es ampliamente utilizado en comunicaciones industriales que permite el intercambio de datos entre dispositivos de múltiples proveedores y aplicaciones de control sin ninguna restricción propietaria o de licencias. Un servidor OPC puede comunicar datos continuamente entre PLC's, instrumentos de medición, estaciones de trabajo y aplicaciones de software, aun

cuando el hardware y el software sean de distintos proveedores, OPC hace posible la comunicación continua y en tiempo real <sup>[8]</sup>.



*Figura 2.2 OPC relación cliente/servidor.*

### Sistemas Expertos

Un sistema experto es un sistema que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que ordinariamente requieren de la experiencia humana. La función de un sistema experto es la de aportar soluciones a problemas, como si se tratara de una solución humana, es decir, capaz de mostrar soluciones inteligentes. Los conceptos básicos de un sistema experto son los siguientes <sup>[6][18]</sup>.

- **Experiencia:** tarea específica del conocimiento, adquirida del entrenamiento, lectura y experiencias. Este tipo de conocimiento permite a los expertos tomar decisiones mejores y más rápidas que los no expertos, al resolver un problema complejo. Toma mucho tiempo (usualmente muchos años) para llegar a ser un experto.
- **Experto:** un experto puede tomar un problema que se encuentra en alguna forma arbitraria y convertirlo a una forma que le permita brindar una solución rápida y efectiva. La habilidad para solucionar problemas es necesaria, pero no suficiente; los expertos deben ser capaces de explicar los resultados, aprender nuevas cosas del dominio, reestructurar conocimiento y romper reglas cuando sea necesario y determinar con su experiencia lo que es relevante.
- **Transferencia de experiencia:** El objetivo de un sistema experto es transferir experiencia de un experto a una computadora y a otras personas (no-expertos). Este proceso involucra

---

---

cuatro actividades: adquisición de conocimiento (de expertos y otras fuentes), representación del conocimiento (en la computadora), inferencia de conocimiento y transferencia de conocimiento al usuario. El conocimiento es almacenado en la computadora en un componente llamado base de conocimiento.

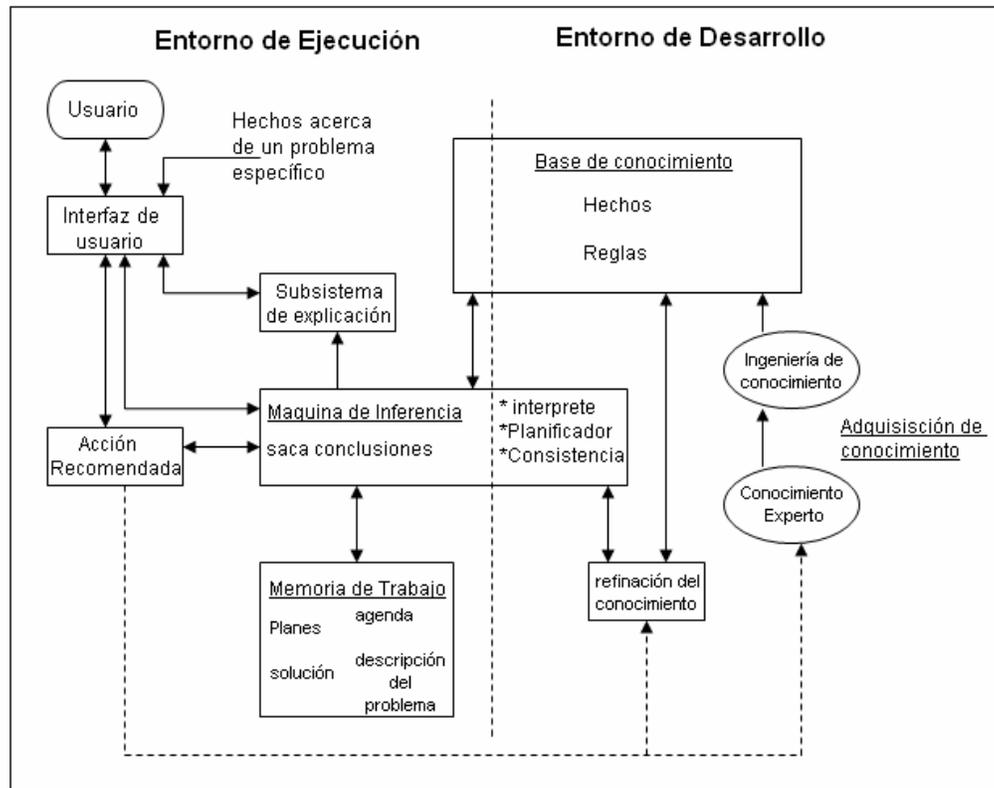
- **Inferencia:** Es una evaluación que realiza la mente entre conceptos que, al interactuar, muestran sus propiedades de forma discreta, necesitando utilizar la abstracción para lograr entender las unidades que componen el problema, creando un punto axiomático o circunstancial, que nos permitirá trazar una línea lógica de causa-efecto, entre los diferentes puntos inferidos en la resolución del problema. Una vez resuelto el problema, nace lo que conocemos como postulado<sup>[5]</sup>. Una característica de un sistema experto es su habilidad de razonar. Dado que toda la experiencia es almacenada en la base de conocimiento y que el programa tiene acceso a esta base, la computadora es programada de manera tal que pueda hacer inferencias. La inferencia es desarrollada en un componente llamado la “máquina de inferencia”, la cual incluye procedimientos con respecto a la solución de problemas.
- **Reglas:** Los sistemas expertos más comerciales son sistemas basados en reglas, esto es, el conocimiento es almacenado principalmente en forma de reglas, las cuales en su estructura contienen el procedimiento para resolver un problema de un dominio específico.
- **Capacidad de explicación:** Otra característica de un sistema experto es su habilidad para explicar su consejo o recomendación y justificar por qué determinada acción fue recomendada <sup>[27][28]</sup>.

Un sistema experto está compuesto por dos partes principalmente “entorno de desarrollo” y “entorno de ejecución”. El entorno de desarrollo es usado para construir el sistema experto y sus componentes y para introducir el conocimiento en la base de conocimiento. El entorno de ejecución es usado por no-expertos para obtener conocimiento y consejos. Los componentes principales de un sistema experto son los siguientes:

- **Adquisición del conocimiento:** es la acumulación, transferencia, y transformación de la experiencia para dar solución a problemas de alguna fuente de conocimiento a un

programa de computadora para la construcción o expansión de la base de conocimiento. Fuentes potenciales de conocimiento incluyen humanos (expertos), libros, bases de datos, reportes de investigación e imágenes.

- **Base de conocimiento:** Esta contiene el conocimiento necesario para el entendimiento, formulación y solución de problemas. Esta incluye dos elementos básicos: (1) hechos, como la teoría de un dominio. (2) heurística especial, o reglas que directamente resuelven un problema específico en un dominio en particular mediante el uso del conocimiento. La heurística expresa el conocimiento basado en el juicio de la experiencia en un área de conocimiento.
- **Maquina de Inferencia:** El “cerebro” de un sistema experto es la máquina de inferencia, también conocida como estructura de control o intérprete de reglas. Este componente es esencial para un programa de computadora; ya que provee las instrucciones acerca de cómo usar el conocimiento del sistema para desarrollar la agenda que organiza y controla los pasos a tomar para resolver problemas cuando una ejecución es hecha.
- **Memoria de Trabajo:** Es la memoria RAM del SE, también llamado pizarrón, reservado para la descripción del problema actual, como especificación de los datos de entrada; es también usada para guardar resultados intermedios. La memoria de trabajo guarda hipótesis y resultados intermedios. Tres tipos de decisiones pueden ser guardadas en la memoria: (1) planes- como atacar el problema, (2) agenda- acciones potenciales esperando su ejecución, y (3) solución- hipótesis candidatas y rumbos alternativos de acción que el sistema ha generado hasta ahora.
- **Interfase de Usuario:** El sistema experto debe contener un lenguaje de procesamiento amigable y orientado a la comunicación entre el usuario y la computadora. Esta comunicación debe ser llevada en el mejor lenguaje natural, y en algunos casos apoyada por menús y gráficos.
- **Subsistema de Explicación:** En algunos sistemas es implementado para dar al usuario una explicación responsable, basada en hechos, y conocimiento (almacenados en su base de conocimiento) de porque esta llegando a una conclusión, porque hace tal o cual recomendación y como llegó a esta solución o recomendación <sup>[27][28][32]</sup>.



*Figura 2.3 Estructura de un Sistema Experto.*

En los Procesos Inteligentes los sistemas expertos desarrollan múltiples tareas en control de supervisión, optimización y automatización. Ayudan a evaluar e implementar estrategias de optimización basados en descubrimiento de conocimiento en procesamiento de datos. El operador puede variar la dirección de los objetivos y restricciones simultáneamente mientras compensan los cambios de las condiciones en el proceso.

### **Intranet Web.**

La Web en la actualidad es utilizada por millones de usuarios en el mundo, esta herramienta permite a los usuarios acceder a un sin fin de información en cualquier parte del mundo; se pueden realizar compras, procesos, consultas y descargar archivos, imágenes o datos. Intranet Web es un sistema más seguro que permite restringir el acceso de usuarios a un determinado sitio o información. Intranet web es muy utilizado por grandes empresas, corporativos, instituciones, organización, bancos, etc., para permitir a su personal acceder a información,

herramientas, datos, programas, etc. que sólo conciernen a las personas que ahí laboran y conviene que solo estas accedan, intranet permite restringir el acceso y además permite acceder desde cualquier parte del planeta que tenga una conexión a Internet.

Procesos inteligentes implementa esta herramienta para permitir a los empleados y sobre todo a las gerencias, acceder a los sistemas de monitoreo, bases de datos, información y todo lo relacionado con el proceso de producción de la planta, en tiempo real y desde cualquier parte del mundo, lo que permite un mejor control y auxilio en la toma de decisiones, ya que no se necesita estar en la planta para conocer el estado operativo de ésta, ya que con esta herramienta se puede hacer el monitoreo de la planta desde cualquier sitio en forma remota y en tiempo real.

### **Negocios Inteligentes:**

Se denomina negocios inteligentes al conjunto de estrategias y herramientas enfocadas a la administración y creación de conocimiento mediante el análisis de datos existentes en una organización o empresa. Este conjunto de herramientas y metodologías tienen en común las siguientes características <sup>[2][3][13][14][15]</sup>:

- **Accesibilidad a la información:** Los datos son la fuente principal de este concepto. Lo primero que deben garantizar este tipo de herramientas y técnicas será el acceso de los usuarios a los datos con independencia de la procedencia de estos datos.
- **Apoyo en la toma de decisiones:** Se busca ir más allá en la presentación de la información, de manera que los usuarios tengan acceso a herramientas de análisis que les permitan manipular y seleccionar sólo aquellos datos de interés.
- **Orientación al usuario final:** Se busca independencia entre los conocimientos técnicos de los usuarios y su capacidad para utilizar estas herramientas.

De acuerdo al nivel de complejidad que se requiera para el análisis y procesamiento de la información, el sistema puede contener las siguientes herramientas:

- Consultas e informes simples (Queries y Reportes)

- 
- 
- Cubos OLAP (On Line Analytic Processing) <sup>[12]</sup>
  - Minería de Datos.
  - Sistemas de previsión empresarial (estimación de serie de datos, pronóstico, etc.)

Con este concepto y herramienta los Procesos Inteligentes completan y cierran el ciclo de su propósito que es integrar de manera total los negocios y la operación de la planta. Con esta herramienta se permite a la gerencia aumentar la plantación de sus negocios por explotación de los datos, por estimación de tendencias o usando análisis “what-if” para pronóstico de escenario; estas tecnologías proveen a la gerencia de información actualizada acerca de aspectos vitales de la operación de su negocio.

En resumen los Procesos Inteligentes ofrecen tecnologías para asistir o auxiliar a ingenieros de procesos, superintendentes de la planta, administradores y gerencia, para hacer frente a la sobrecarga de información y a usar los datos de manera eficaz para obtener una ventaja competitiva.

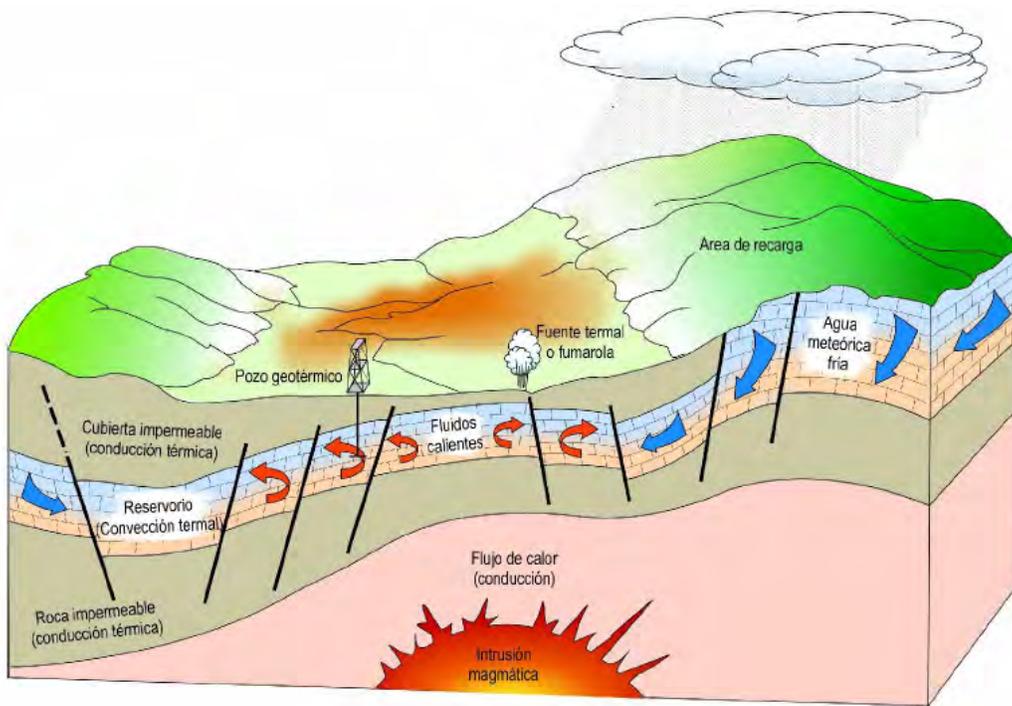
## **2.2 Plantas Geotermoeléctricas <sup>[37]</sup>**

El calor es una forma de energía y la energía geotérmica es el calor contenido en el interior de la tierra; el término energía geotérmica es a menudo utilizado para indicar aquella porción de calor de la tierra que puede o podría ser recuperado y explotado por el hombre. El aumento de la temperatura con la profundidad, como también los volcanes, los geysers, las fuentes termales etc., constituye la expresión visible del calor en el interior de la tierra.

Un “Sistema Geotérmico” puede ser descrito esquemáticamente como agua convectiva en la corteza superior de la tierra la cual, en un espacio confinado, transfiere calor desde una fuente hasta una abertura, usualmente la superficie libre. Un sistema geotérmico esta constituido por 3 elementos principales: una fuente calor, un reservorio y un fluido, el cual es el medio que transfiere el calor. La fuente de calor es el magma que emerge del centro de la tierra y calienta las rocas, el reservorio es un volumen de rocas calientes permeables del cual los fluidos circulantes extraen el calor, generalmente el reservorio esta cubierto por rocas impermeables y esta

conectado a un área de recarga superficial a través de la cual el agua meteórica puede reemplazar los fluidos que se escapan del reservorio a través de las fuentes termales o que son extraídos mediante pozos. El fluido geotermal es agua en la mayoría de los casos de origen meteórico, ya sea en la fase líquida o en la fase de vapor dependiendo de su temperatura y presión. Esta agua a menudo contiene sustancias químicas disueltas y gases tales como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc.

El mecanismo que sustenta los sistemas geotérmicos está controlado fundamentalmente por convección de fluidos. La siguiente figura describe esquemáticamente el mecanismo en el caso de un sistema hidrotermal. La convección tiene lugar debido al calentamiento y a la consecuente expansión termal de los fluidos; el calor, que es suministrado en la base del sistema de circulación, es la energía que acciona el sistema. El fluido calentado de menor densidad tiende a ascender y a ser reemplazado por fluido frío de mayor densidad, proveniente de los márgenes del sistema.

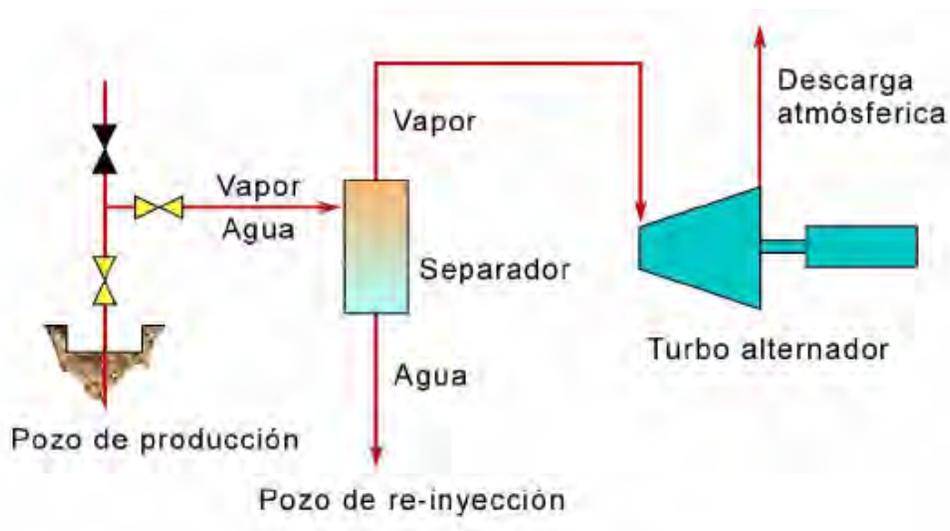


*Figura 2.4 Representación esquemática de un sistema geotérmico ideal.*

La generación de electricidad es la forma de utilización más importante de los recursos geotérmicos de alta temperatura ( $> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Dependiendo del recurso geotérmico, la generación de electricidad se realiza principalmente mediante turbinas de vapor convencionales y plantas de ciclo binario.

### Planta geotermoelectrica de descarga atmosférica

Utilizan turbinas de vapor convencionales; requieren fluidos a temperaturas de a lo menos  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  y están disponibles con descarga atmosférica (back-pressure) o bien con descarga de condensación. Las turbinas con escape atmosférico son más simples y de menor costo. El vapor, directamente de pozos de vapor seco o, después de la separación, desde pozos de vapor húmedo, es pasado a través de la turbina y descargado a la atmósfera.



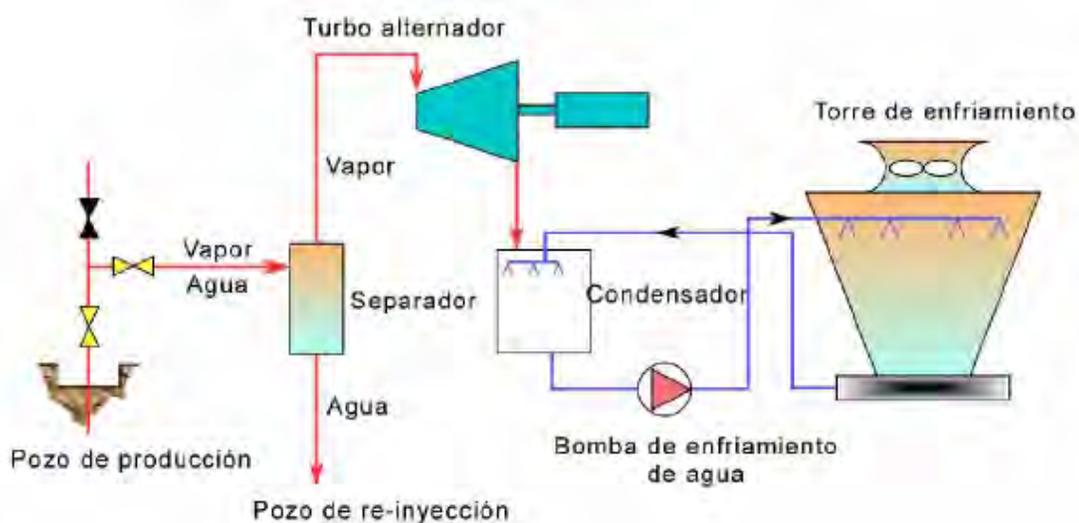
*Figura 2.5 Esquema de una Planta Geotermoelectrica de descarga atmosférica.*

Con este tipo de unidad, el consumo de vapor producido (de la misma presión de ingreso) por kilowatt-hora es casi el doble que el utilizado por las unidades de condensación. Por lo cual, las turbinas de descarga atmosférica son utilizadas y muy útiles como plantas piloto, como plantas portátiles en el caso de pequeños abastecimientos desde pozos aislados, y para generar electricidad con pozos exploratorios durante el desarrollo del campo. También son útiles cuando

el vapor tiene un alto contenido de gases no condensables (>12 % en pesos), este tipo de maquinaria esta usualmente disponible en tamaños pequeños (2.5 a 5 MW).

### Planta Geotermoelectrica de Condensación

Las unidades de condensación, son más complejas que las unidades de descarga atmosférica y como son de tamaños mayores requieren el doble de tiempo para su construcción e instalación. El consumo específico de vapor de las unidades de condensación es, sin embargo, cerca de la mitad de las unidades de descarga atmosférica. Las plantas de condensación de 55-60 MW de capacidad son muy comunes y recientemente se han alcanzado capacidades de hasta 110 MW. El vapor, es enviado directamente de los pozos de vapor seco o, después de la separación, desde pozos de vapor húmedo, se pasa posteriormente a través de la turbina la cual descarga sus excedentes en un condensador que se encuentra directamente conectado a ésta; el condensador enfría la mayoría de este vapor y lo envía a las torres de enfriamiento donde puede reutilizar el vapor convertido ya en liquido frío, y hace circular el agua fría por el condensador o re-inyectarla al pozo.



*Figura 2.6 Esquema de una Planta Geotermoelectrica de Condensación.*

## **Planta Geotermoeléctrica Binaria**

La generación de electricidad a partir de fluidos de temperatura baja a media, o bien, a partir de aguas calientes provenientes de los separadores en campos geotérmicos de tipo agua dominante, ha tenido significativos progresos debido al mejoramiento de la tecnología de fluidos binarios (fluidos que contienen una mezcla de vapor y agua dominante). Las plantas binarias utilizan un fluido secundario, usualmente de carácter orgánico (principalmente n-pentano), que tiene un bajo punto de ebullición y una alta presión de vapor a bajas temperaturas, en comparación con el vapor de agua. El fluido geotermal entrega calor al fluido secundario a través de intercambiadores de calor, en los cuales se calienta y vaporiza; el vapor producido acciona una turbina de flujo axial, posteriormente es enfriado y condensado, y el ciclo comienza nuevamente.

El sistema binario puede diseñarse para utilizar fluidos geotermales con un rango de temperatura entre 85 y 170 °C; el límite superior depende de la estabilidad térmica del fluido binario orgánico, y el límite inferior depende de factores técnico económicos. A menor temperatura el tamaño de los intercambiadores de calor requeridos haría el proyecto incosteable. Las plantas binarias se construyen normalmente en pequeñas unidades modulares, de pocos cientos de KW a pocos MW de capacidad; estas unidades pueden así ser interconectadas para constituir plantas eléctricas de decenas de MW. Sus costos dependen de numerosos factores pero principalmente de la temperatura del fluido geotermal utilizado, que define el tamaño de la turbina, los intercambiadores de calor y el sistema de enfriamiento. La tecnología de plantas binarias es un medio seguro y de costos apropiados para convertir en electricidad la energía disponible de campos geotérmicos del tipo agua dominante (bajo 170 °C).

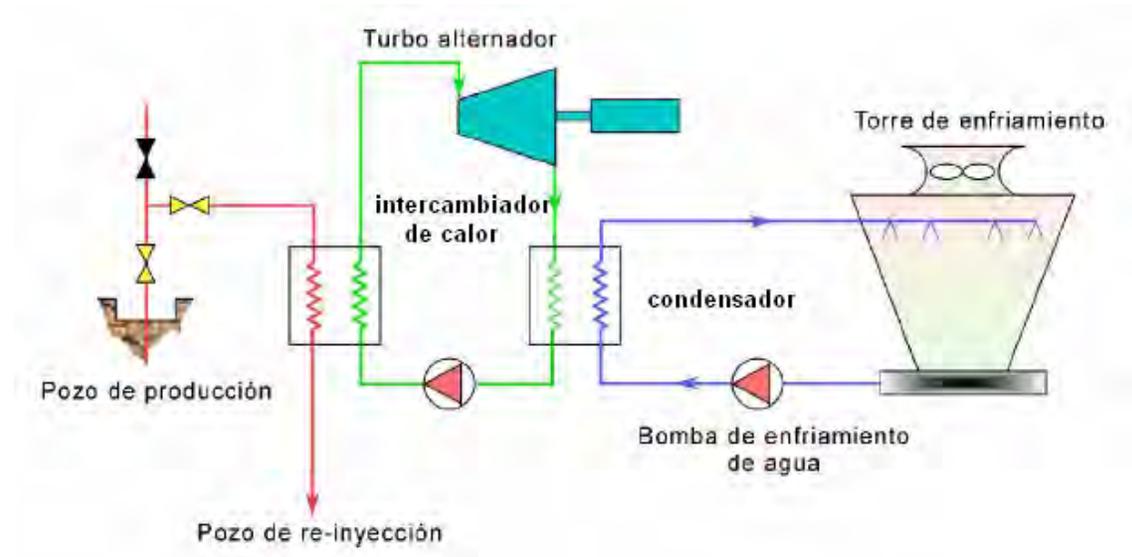


Figura 2.7 Esquema de una Planta Geotermoelectrica Binaria.

Los parámetros más importantes para poder monitorear y medir el desempeño de una planta geotermoelectrica en general son los siguientes:

- **Régimen Térmico:** El régimen térmico es una medida de rendimiento térmico de la operación del grupo fuente de vapor-turbina-generator, el cual es afectado por las condiciones de operación y de diseño como las pérdidas de la fuente de vapor. El régimen térmico se expresa de la siguiente forma:

$$RT = \frac{\text{Consumo\_Termico\_Unitario}}{\text{Eficiencia\_Generador\_Vapor}}$$

- **Consumo Térmico Unitario (CTU):** es el consumo térmico de un conjunto turbina-generator-auxiliares de una planta necesario para la producción de energía eléctrica. La forma general de la expresión que define al CTU es:

$$CTU = \frac{\text{Calor\_Su ministrado\_al\_ciclo\_de\_turbina}}{\text{Salida\_Electrica}}$$

- **Eficiencia de la turbina:** en general la eficiencia de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida; para plantas Geotermoeléctricas es qué tanto de la energía calorífica que se está utilizando es convertida en energía eléctrica; en el caso ideal debería ser el 100 % pero esto no es posible en la realidad.

$$Eficiencia = \frac{E_{UTIL}}{E_{TOTAL}}$$

- **Entalpía del Vapor:** es la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno; en otras palabras y refiriéndonos a las plantas geotermoeléctricas, nos dice que tanta energía podemos obtener o nos puede proporcionar el vapor para convertirla en electricidad <sup>[21]</sup>.

$$Entalpia = Energia \_ Interna + presion * volumen \_ del \_ sistema$$

- **Calidad del Vapor:** es una medida de la pureza del vapor; esto se refiere a la cantidad de humedad en el vapor. La calidad del vapor es medida en términos de presencia de agua como mezcla versus el vapor seco <sup>[20]</sup>.
- **Gases Incondensables:** son una clase especial de gases que se encuentran mezclados con el vapor geotérmico y que por su naturaleza no pueden ser condensados a la misma temperatura que el vapor de agua, por lo cual se les da un tratamiento especial para su liberación y desecho; es importante saber el porcentaje de estos gases que contiene el vapor geotérmico ya que estos gases son dañinos para los componentes operativos de la planta como son: tuberías, turbina, válvulas, etc., por lo cual se desea que estos gases siempre se encuentren en porcentajes bajos dentro del vapor.
- **Potencia:** es la cantidad de trabajo realizado por un sistema; esto es equivalente a la velocidad de cambio de energía en un sistema. La potencia eléctrica se mide en Watts y es el resultado de la multiplicación de la diferencia de potencial en los extremos en una carga y la corriente que circula por ésta; esto es la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica. En la planta geotermoeléctrica es la cantidad de energía eléctrica que podemos obtener de la energía calorífica del vapor geotérmico mediante la intervención

de la turbina y el generador eléctrico. Este es el objetivo de cualquier planta geotermoeléctrica obtener la mayor cantidad de potencia con el menor flujo de energía calorífica.

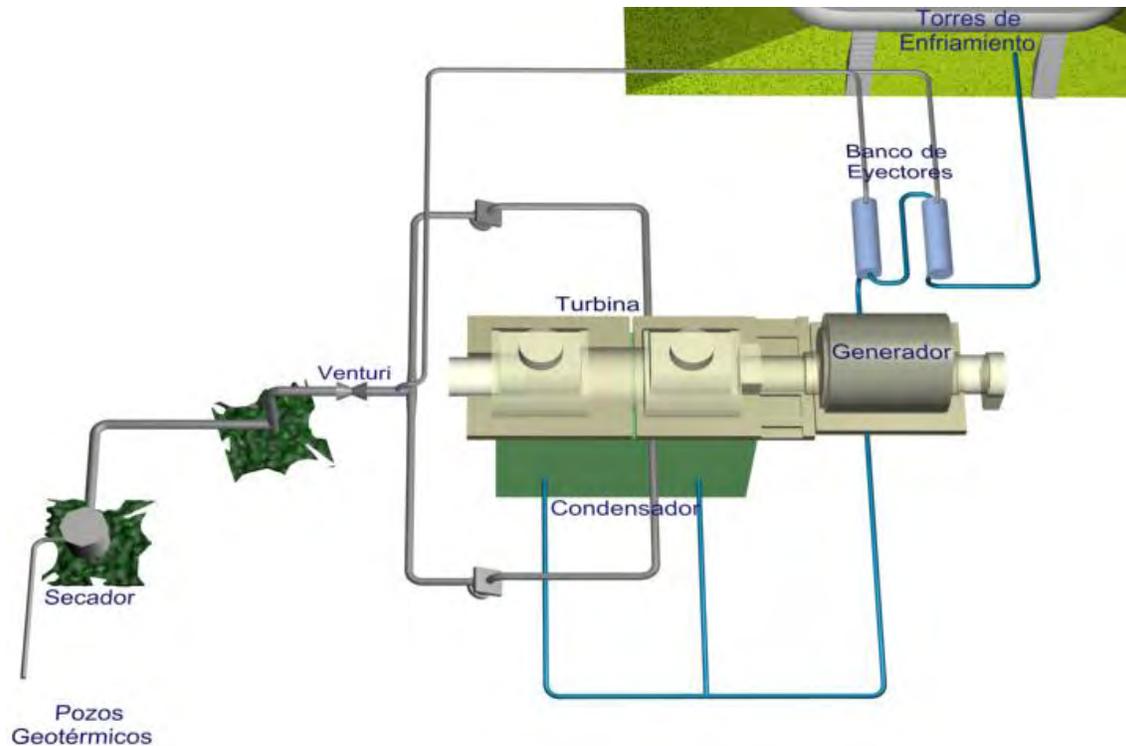
### **2.3 Planta Geotermoelectrica “Los Azufres” de CFE**

#### *2.3.1 Descripción*

La central geotermoelectrica de “Los Azufres” de Comisión Federal de Electricidad ubicada en Michoacán, y en especial la Unidad No 7, para la cual se diseño el sistema, es una planta geotermoeléctrica del tipo de Condensación la cual se alimenta de distintos pozos geotérmicos que se encuentran en la región; las características principales del fluido geotermoeléctrico (Vapor) son las siguientes:

- Presión de 7.9 kg/cm<sup>2</sup>.
- Temperatura de entre 170 y 175 °C.
- Gases Incondensables de entre 2.4 y 2.7 %
- Calidad de 0.992 aproximadamente
- Entalpía de 657 kcal/kg aprox.

El diagrama esquemático de la composición de la planta se presenta a continuación:



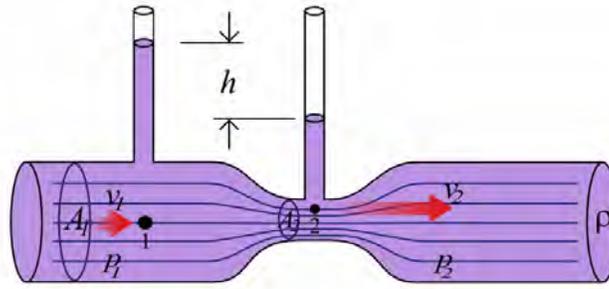
*Figura 2.8 Esquema de la Planta Geotermoelectrica "Los Azufres" Unidad 7 de CFE.*

La planta toma el fluido térmico de los pozos geotérmicos, esto es vapor, con las características que describimos anteriormente y lo dirige rumbo a su turbina; de acuerdo con el esquema, el vapor pasa primeramente por el dispositivo llamado "secador".

**Secador:** El secador tiene la función de eliminar en la mayor cantidad posible la humedad del vapor, se encarga de contener el agua líquida que se encuentre mezclada con el vapor para entregar a la turbina un vapor más seco.

Posteriormente continuando su camino, el vapor pasa a través de otro dispositivo denominado "venturi".

**Venturi:** Es un dispositivo que aplica un efecto denominado venturi; este dispositivo consiste en una disminución del tamaño del orificio por el cual se encuentra circulando el vapor lo que provoca el efecto venturi; esto es, que al disminuir el tamaño del orificio por donde circula el fluido también se disminuye su presión pero a cambio se obtiene un aumento en la velocidad con la que se desplaza el fluido.



*Figura 2.9 Efecto Venturi.*

Después del ventura, el fluido (Vapor) se divide en tres partes, la división principal de tubería con mayor diámetro se redirige a ambos lados de la turbina y una tercera división se envía rumbo a un dispositivo denominado “banco de eyectores” el cual se encarga de eliminar o sacar del sistema el exceso de aire y gases que exista.

**Banco de Eyectores:** El banco de eyectores esta compuesto por eyectores de chorro de vapor en dos etapas primara y secundaria; el vapor que se envía a estos es el necesario para su operación y se le llama vapor de accionamiento; la tarea principal de estos eyectores es eliminar o remover el aire y otros incondensables que entran al condensador con el vapor; este banco tiene una interacción total con el condensador; el banco de eyectores deposita el vapor de accionamiento que utiliza en éste y sustrae del mismo gases y aire que no son condensables; los eyectores provocan un vacío en el condensador, que no es un vacío absoluto pero si el suficiente y necesario.

**Turbina:** Una turbina de vapor es una turbomáquina que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica; en la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que es aprovechada por un generador para producir electricidad. Al pasar por las toberas de la turbina, se reduce la presión del vapor aumentando así su velocidad. Este vapor a alta velocidad es el que hace que los álabes móviles de la turbina giren alrededor de su eje al incidir sobre los mismos.



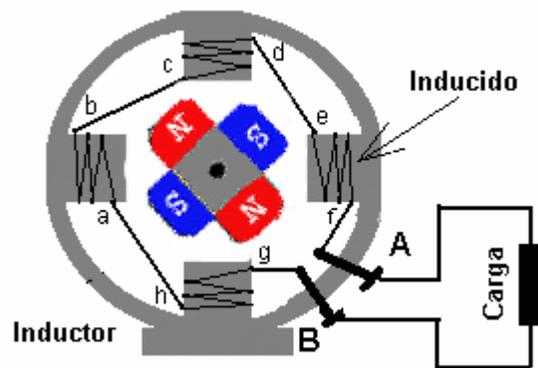
*Figura 2.10 Turbina de Vapor.*

Todo el vapor utilizado en el proceso de generación eléctrica es descargado al condensador, este se encarga de enfriar el vapor hasta su calidad de líquido.

**Condensador:** Es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría pasando de estado gaseoso a líquido, el otro aumenta su temperatura; el fluido utilizado por la planta es agua fría que circula a través del condensador y envía junto con el vapor condensado a las torres de enfriamiento.

**Torres de Enfriamiento:** Son equipos que se usan para enfriar grandes volúmenes de agua y son el medio más económico para hacerlo. El agua se introduce por el domo de la torre por medio de vertedores o por boquillas para distribuir el agua en la mayor superficie posible; el enfriamiento ocurre cuando el agua, al caer a través de la torre, se pone en contacto directo con una corriente de aire que fluye en contracorriente con una temperatura menor que la de agua caliente; en estas condiciones el agua se enfría por transferencia de masa y de calor; lo anterior origina que la temperatura del aire y su humedad aumenten y que la temperatura del agua descienda.

**Generador:** Es un dispositivo que convierte la energía mecánica en energía eléctrica; esto se logra gracias al comportamiento y teoría electromagnética, la cual nos dice que al pasar corriente (campo eléctrico) a través de un conductor se genera un campo magnético e igualmente ocurre el efecto contrario si pasamos un campo magnético a través de un conductor con la suficiente velocidad; esto genera una corriente en el conductor; la velocidad es proporcionada por la energía mecánica producida por la turbina, la cual hace girar un campo magnético compuesto por imanes de grandes magnitudes alrededor de un conductor eléctrico, lo cual provoca que se genere corriente eléctrica sobre el conductor (campo eléctrico) que es la potencia eléctrica que se obtiene finalmente de todo el proceso.



*Figura 2.11 Esquema básico de un generador magnético.*

### 2.3.2 Evaluación de la Planta Energética

La planta geotermoelectrica de “Los Azufres” puede monitorear y evaluar su desempeño mediante el cálculo y control de ciertos parámetros que describen el comportamiento energético de la misma; estos parámetros y su forma de obtenerlos por la planta serán descritos a continuación:

---



---

### Régimen Térmico

**Régimen Térmico de Turbina (RTT):** sus unidades son (kcal/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$RTT = \frac{(\text{Flujo\_Vapor\_entrada\_turbina}) * (\text{Entalpia\_vapor\_humedo})}{\text{Potencia\_unidad}}$$

**Régimen Térmico Global de la Unidad Bruto (RTB):** sus unidades son (kcal/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$RTB = \frac{(\text{Flujo\_Vapor\_entrada\_Venturi}) * (\text{Entalpia\_vapor\_humedo})}{\text{Potencia\_Unidad}}$$

**Régimen Térmico Global de la Unidad Neto (RTN):** sus unidades son (kcal/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$RTN = \frac{(\text{Flujo\_Vapor\_entrada\_Venturi}) * (\text{Entalpia\_vapor\_humedo})}{(\text{Potencia\_Unidad}) - (\text{Potencia\_Auxiliares})}$$

A continuación describiremos la forma en que se obtienen los valores de las variables necesarias para la obtención de los parámetros de Régimen Térmico descritos anteriormente.

**Flujo de Vapor de Entrada a Turbina (F\_Turbina):** sus unidades son (kg/h) y se calcula de la siguiente forma:

$$F\_Turbina = (\text{Flujo\_Vapor\_Entrada\_Venturi}) - (\text{Flujo\_Vapor\_Entrada\_Eyectores})$$

**Flujo de Vapor de Entrada a Venturi ( $F_{Venturi}$ ):** sus unidades son (kcal/kWh) y se calcula con los parámetros inherentes al dispositivo (placa de orificio) de la siguiente forma:

$$F_{Venturi} = (0.0399917) * K * Fa * Fh * Fm * YI * d^2 * \sqrt{(\rho * hw)}$$

Donde:

- 0.0399917 es una constante que surge de la conversión de unidades.
- K es coeficiente de flujo
- Fa es el factor de expansión térmica
- Fh es el factor de dren o venteo
- Fm es el factor de corrección por dilatación de mercurio
- YI es el factor de expansión e
- d es diámetro del orificio
- $\rho$  es la densidad de operación del fluido
- hw es la presión diferencial

Las variables K, Fa, Fh, Fm, YI y d son directamente proporcionadas por el fabricante de la placa de orificio o pueden ser calculadas a partir de esos datos.

**Densidad de Operación del Fluido ( $\rho$ ):** sus unidades son ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) y se calcula de la siguiente forma:

$$\rho = \frac{1}{\text{Volumen\_especifico\_vapor}}$$

$$\text{Volumen\_especifico\_vapor} = X * V_{espVapSat} + Y * V_{espLiqSat}$$

Donde:

- X es Calidad del Vapor
- Y es Humedad del Vapor
- $V_{espVapSat}$  es el Volumen Especifico del Vapor Saturado
- $V_{espLiqSat}$  es el Volumen Especifico del Liquido Saturado

$V_{espVapSat}$  y  $V_{espLiqSat}$  se obtienen directamente de las tablas termodinámicas de vapor de Agua.

**Calidad del Vapor (X):** no tiene unidades y es una medida de la cantidad de vapor seco con la que se cuenta en el fluido geotérmico, se calcula de la siguiente forma:

$$X = \frac{(Entalpia\_vapor\_humedo) - (Entalpia\_liquido\_saturado)}{(Entalpia\_vapor\_saturado) - (Entalpia\_liquido\_saturado)}$$

Entalpía del líquido saturado y Entalpía del vapor saturado se obtienen de las tablas termodinámicas de Mollier, con la temperatura y presión del fluido (vapor) de entrada, los cuales serán medidos por instrumentos en tiempo real.

**Entalpía del Vapor Húmedo:** sus unidades son (kcal/kg) y se refiere a la entalpía que tiene el fluido geotermoeléctrico (vapor) a la entrada del procesos, después del secador; este valor se obtiene por el instrumento de medición desarrollado para este proyecto por parte de la UNAM, por lo cual el valor es directamente leído del instrumento.

**Humedad del Vapor (Y):** no tiene unidades y es complemento de la calidad del vapor; indica la cantidad de agua en estado líquido que contiene el fluido geotermoeléctrico (Vapor). Se calcula de la siguiente forma:

$$Y = 1 - X$$

**Presión Diferencial en Venturi:** Esta valor se obtiene directamente del venturi con un instrumento de medición sus unidades son (mBar).

**Flujo de Vapor de Entrada a Eyectores:** sus unidades son (kcal/kWh) y se calcula de igual forma que el flujo de vapor de entrada en ventura; lo que cambia son los parámetros de la placa y la presión diferencial que se mide también con otro instrumento.

**Potencia de la Unidad:** sus unidades son (kW) y es la potencia obtenida del generador eléctrico. Se mide directamente con un instrumento.

**Potencia de Auxiliares:** sus unidades son (kW) y es la potencia que consume la Planta geotermoelectrica necesaria para su operación y la cual toma de la potencia que produce el generador eléctrico, esta se puede medir directamente con instrumentos instalados.

Consumo Especifico de Vapor

**Consumo Específico de Vapor de Turbina (CET):** sus unidades son (kg/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$CET = \frac{Flujo\_Vapor\_Entrada\_Turbina}{Potencia\_Unidad}$$

**Consumo Especifico de Vapor Global de la Unidad Bruto (CEB):** sus unidades son (kg/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$CEB = \frac{Flujo\_Vapor\_Entrada\_Venturi}{Potencia\_Unidad}$$

**Consumo Específico de Vapor Global de la Unidad Neto (CEN):** sus unidades son (kg/kWh) y se calcula de la siguiente forma:

$$CEN = \frac{Flujo\_Vapor\_Entrada\_Venturi}{(Potencia\_Unidad) - (Potencia\_Auxiliares)}$$

Eficiencia

**Eficiencia Aparente Unidad Bruto (Efic\_Bruto):** sus unidades son (%) y se calcula de la siguiente forma:

$$Efic\_Bruto = \frac{859.845}{RTB * 100}$$

Donde:

- 859.845 es parámetro de diseño de la planta
- RTB es el Régimen Térmico Global de la Unidad Bruto

**Eficiencia Aparente Unidad Neto (Efic\_Neto):** sus unidades son (%) y se calcula de la siguiente forma:

$$Efic\_Neto = \frac{859.845}{RTN * 100}$$

Donde:

- 859.845 es parámetro de diseño de la planta
- RTB es el Régimen Térmico Global de la Unidad Neto

**Eficiencia Isentrópica de la Turbina (Eric\_Turbina):** sus unidades son (%) y se calcula de la siguiente forma:

$$Efic\_turbina = \frac{(Entalpia\_Vapor\_Humedo) - (Entalpia\_2)}{(Entalpia\_Vapor\_Humedo) - (Entalpia\_2\_ideal)}$$

**Entalpía\_2:** se calcula de la siguiente forma:

$$Entalpia\_2 = (Entalpia\_Vapor\_Humedo) - \left( \frac{Potencia\_Unidad}{(Flujo\_Vapor\_Entrada\_Turbina) * (\eta_{GE})} \right)$$

Donde:

- $\eta_{GE}$  es la Eficiencia del Generador Eléctrico.

**Eficiencia del Generador Eléctrico ( $\eta_{GE}$ ):** sus unidades son (%) y se calcula de la siguiente forma:

$$\eta_{GE} = \left( \frac{Potencia\_Unidad}{Potencia\_Mecanica} \right) * 100$$

Donde:

- Potencia \_ mecánica es la potencia mecánica de la flecha del generador eléctrico y es un dato que proporciona el fabricante es el caso de esta central es de 50909.67 kW.

**Entalpía\_2\_ideal:** se calcula utilizando las tablas termodinámicas y diagrama de Mollier.

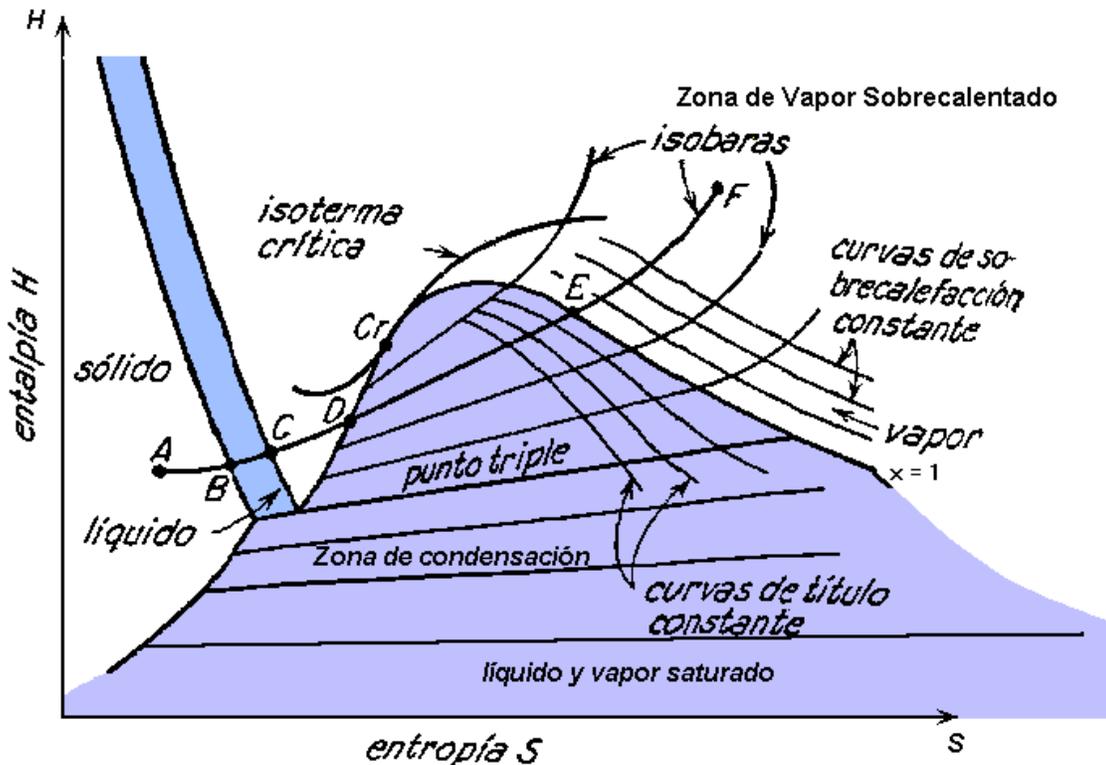


Figura 2.12 Diagrama de Mollier (Entalpía vs Entropía).

Esto es, con el valor de entalpía del vapor húmedo se encuentra su correspondiente valor de entropía en las tablas S1; con el valor de entalpía\_2 y con el valor de la “presión de vacío del condensador” se encuentra la curva correspondiente dentro del diagrama de Mollier y se busca el valor de entalpía en el cual  $S_1 = S_2$  sobre esa curva, y esto nos da la entalpía\_2\_ideal, todo esto se puede hacer utilizando las tablas termodinámicas de vapor.

**Presión de Vacío del Condensador:** sus unidades son (mmHg) y este parámetro o valor se mide directamente con un instrumento.

**% de Gases Incondensables:** sus unidades son (%) y esto también se mide con un instrumento que desarrollo la UNAM para medir el porcentaje de gases incondensables que se encuentran en el fluido geotermoeléctrico (Vapor).

### *2.3.3 Monitoreo*

Dada la necesidad de que el operador de la planta y mandos superiores cuenten con los parámetros y valores que listamos anteriormente, y conozcan estos valores ya sea en línea o anteriores almacenados en BD. El sistema estará monitoreando dos tipos de parámetros: 1) los que son medidos; esto es se coloca un instrumento de medición en el punto para medir la variable deseada, y 2) los calculados, esto es se calculan mediante formulas termodinámicas y métodos de CFE a partir de las variables medidas; todos estos valores deben estar presentes en tiempo real e histórico en el sistema a disposición del operario y las gerencias, además de vía web.

#### Parámetros Medidos

A continuación se presenta el esquema señalando los puntos donde se instalaron instrumentos de medición para la lectura de los valores que denominamos parámetros medidos.

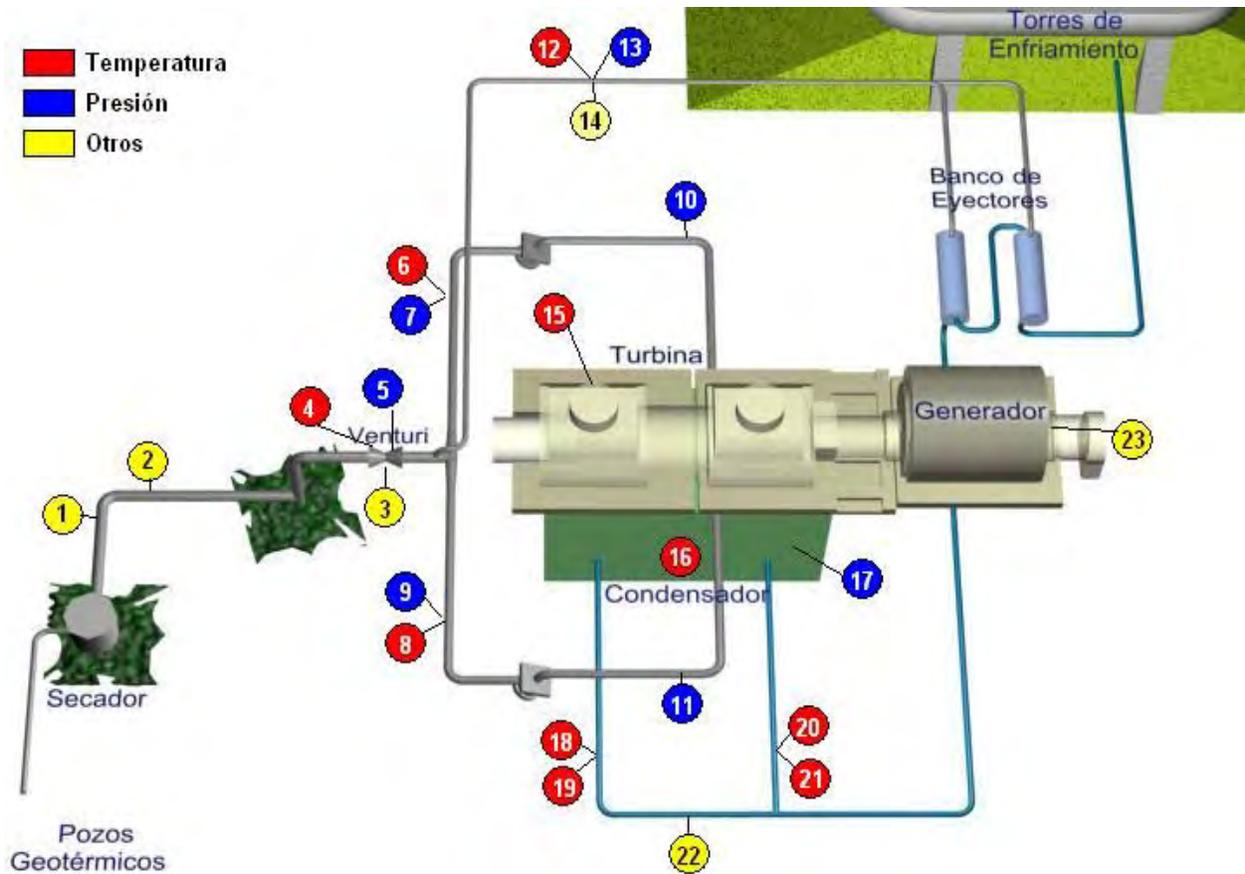


Figura 2.13 Diagrama Esquemático de instrumentos de medición para monitoreo de Planta.

De acuerdo con su código numérico los instrumentos de medición instalados corresponden a lo siguiente:

- ( 1 ) Medidor de Gases Incondensables (instrumento desarrollado por la UNAM)
- ( 2 ) Medidor de Entalpía (o Calorímetro desarrollado por la UNAM)
- ( 3 ) Medidor de Presión Diferencial (RTD, Diferencial en Venturi )
- ( 4 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura entrada de venturi)
- ( 5 ) Medidor de Presión (RTD, Presión entrada venturi)
- ( 6 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura entrada turbina lado izq.)
- ( 7 ) Medidor de Presión (RTD, Presión lado izq.)
- ( 8 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura entrada turbina lado der.)
- ( 9 ) Medidor de Presión (RTD, Presión lado der. )

- ( 10 ) Medidor de Presión (RTD, Presión entrada a turbina lado izq.)
- ( 11 ) Medidor de Presión (RTD, Presión entrada a turbina lado der.)
- ( 12 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura entrada a eyectores)
- ( 13 ) Medidor de Presión (RTD, Presión entrada a eyectores)
- ( 14 ) Medidor de Presión Diferencial (RTD, Diferencial en placa de eyectores)
- ( 15 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura de escape de turbina)
- ( 16 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura en Pozo Caliente)
- ( 17 ) Medidor de Presión vacío (RTD, Presión de vacío condensador)
- ( 18 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura Salida A condensador)
- ( 19 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura Salida B condensador)
- ( 20 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura Entrada A condensador)
- ( 21 ) Medidor de Temperatura (Termopar, Temperatura Entrada B condensador)
- ( 22 ) Medidor de Flujo (RTD, Flujo de condensado)
- ( 23 ) Medidor de Potencia ( Potencia de Salida en Generador Eléctrico)

#### Parámetros Calculados

Estos como ya se comento serán calculados por el sistema utilizando parámetros de diseño de la planta y los valores medidos con la instrumentación instalada; estos parámetros son necesarios para entender el desempeño y operación de la planta; anteriormente describimos la forma de obtenerlos, pero vale la pena que los enlistemos para tener presente todos los parámetros que el sistema mostrara en tiempo real y en históricos a los usuarios del mismo.

- ( 24 ) Régimen Térmico de Turbina
- ( 25 ) Régimen Térmico Global de la Unidad Bruto
- ( 26 ) Régimen Térmico Global de la Unidad Neto
- ( 27 ) Consumo Específico de Vapor de Turbina
- ( 28 ) Consumo Específico de Vapor Global de la Unidad Bruto
- ( 29 ) Consumo Específico de Vapor Global de la Unidad Neto
- ( 30 ) Eficiencia Aparente Unidad Bruto
- ( 31 ) Eficiencia Aparente Unidad Neto

- ( 32 ) Eficiencia Isentrópica de la Turbina
- ( 33 ) Flujo de Vapor de Entrada a Venturi
- ( 34 ) Flujo de Vapor de Entrada a Eyectores
- ( 35 ) Flujo de Vapor de Entrada Turbina
- ( 36 ) Densidad del Fluido Geotérmico ( Vapor )
- ( 37 ) Calidad del Vapor ( Fluido Geotérmico )
- ( 38 ) Humedad del Vapor ( Fluido Geotérmico)

# CAPÍTULO 3.

## Diseño y Desarrollo del Sistema

### 3.1 Definición de Requerimientos y Modelo de Análisis

#### 3.1.1 Descripción del Problema

Para cubrir las necesidades del cliente e implementar el sistema inteligente de forma integral y funcional, a continuación se describen las características del sistema y cada uno de sus componentes,

#### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema inteligente permite al usuario monitorear en tiempo real los parámetros de operación de la Central Geotermoeléctrica, los cuales son de dos tipos: 1) los que son medidos por la instrumentación instalada en la planta como: presiones, temperaturas, entalpia, etc., y 2) los que son calculados a partir de los parámetros medidos por el sistema como: régimen térmico, eficiencia, flujos, etc. El sistema permitirá hacer consultas del histórico de estas mediciones y generar reportes a partir de consultadas filtradas; también cuenta con un subsistema de alarmas que indicará al usuario cuando alguno de los parámetros se encuentre fuera de rango, orientará al usuario para encontrar la posible falla y recomendará una solución (este subsistema será un sistema experto), y por último, permitirá al usuario administrar su sistema para cambiar parámetros, agregar usuarios o cerrar sesión y salir de sistema. Además el sistema contará con una interfaz web en el cual se podrá monitorear en tiempo real los parámetros de operación de la planta y hacer consultas históricas de estos parámetros desde internet.

Para poder acceder al sistema local, éste presenta una pantalla de inicio donde el usuario debe ingresar nombre de usuario y contraseña previamente registrados. Una vez que el usuario acceso al sistema se le presentan en pantalla todos los parámetros de operación de la planta además de las opciones siguientes:

- La consulta de históricos se puede hacer para un determinado periodo de tiempo en días, en el cual el usuario coloca la fecha de inicio y fin del periodo que desea consultar; los parámetros de consulta están agrupados por componentes de la planta y el resultado puede ser exportado a un archivo Excel.
- La Generación de Reportes se puede hacer también para un periodo de tiempo en días, pero a diferencia de la consulta, en ésta se pueden filtrar y elegir sólo los parámetros de interés que se desea desplegar. El resultado se exporta a un archivo Excel con formato en el que se tienen los parámetros, la hora y fecha de creación del reporte, y el nombre de la persona que lo realizó.
- La administración del sistema consta de opciones para cambios de parámetros útiles como son: tiempo de almacenamiento de datos en la BD, configuración de características de la instrumentación, agregar y eliminar usuarios, cerrar sesión y salir del sistema.
- El subsistema de alarmas se dispara cuando alguno de los parámetros de medición se encuentra fuera de rango, y con ayuda del modelo de Sistemas Expertos permite inferir las posibles causas que generaron dicha alarma y puede sugerir una solución al problema; permite también consultar el histórico de las alarmas y generar un reporte de éstas.

El sistema web permite al usuario monitorear en tiempo real los parámetros de operación de la planta, tanto los medidos como los calculados; permite también acceder a la base de datos del sistema para proporcionar al usuario consultas históricas de los datos, así como graficar estos datos históricos ya sea por día o por promedio del día.

### 3.1.2 Identificación de Módulos

De acuerdo con el enunciado del problema se puede identificar los módulos básicos y después anexar módulos auxiliares a éstos para tener el total de módulos que compondrán el sistema. De los siguientes enunciados subrayados podemos obtener la definición de los módulos que compondrán el sistema.

Monitorear en tiempo real los parámetros de operación de la Central Geotermoelectrica. De este enunciado podemos deducir dos módulos: uno que despliegue en pantalla los parámetros de operación de la planta que se denominará “Módulo de Monitoreo” y otro que adquiera estos parámetros directamente de la electrónica al que se denominará “Módulo de Adquisición de Datos”.

Calculados a partir de los parámetros medidos. De este enunciado se puede ver que se requiere de un módulo que tome los parámetros de operación y que calcule los parámetros complementarios de la operación de la planta, a este módulo se le llamará “Módulo de Cálculo de Parámetros”.

Subsistema de alarmas que indicará al usuario, sí alguno de los parámetros se encuentra fuera de rango. Orientará al usuario para encontrar la posible falla y recomendará una solución (este subsistema será un sistema experto), y por último permitirá al usuario administrar su sistema para cambiar parámetros, agregar usuarios, cerrar sesión y salir de sistema. De este párrafo se pueden deducir 4 módulos más, un subsistema de alarmas al que se denominará “módulo de Alarmas”, otro para administración del sistema al que se denominará “módulo de Administración”, uno más para agregar usuarios al que podemos completar con el atributo de también eliminar usuarios y que se llamará “módulo de Agregar/Eliminar Usuarios” y por último un módulo para Salir de Sistema o Cerrar Sesión que llamaremos “módulo Salir de Sistema”.

Pantalla de inicio donde el usuario debe ingresar nombre de usuario y contraseña previamente registrados. El siguiente enunciado indica que debe existir otro módulo en el cual se valide a los usuarios del sistema, para lo cual es necesario un “módulo de Validar Usuarios”.

- La consulta de históricos se puede hacer para un determinado periodo de tiempo en días, en el cual el usuario coloca la fecha de inicio y fin del periodo que desea consultar, los parámetros de consulta están agrupados por componentes de la planta y el resultado puede ser exportado a un archivo Excel.
- La Generación de Reportes se puede hacer también para un periodo de tiempo en días, pero a diferencia de la consulta, en ésta se pueden filtrar y elegir sólo los parámetros de interés que se desea desplegar en la consulta, el resultado se exporta a un archivo Excel con formato en el que se tienen los parámetros, la hora y fecha de creación del reporte y el nombre de la persona que lo realizó.

Estos últimos párrafos ayudan a definir 3 nuevos módulos, el primero es “módulo de consulta de históricos” el segundo “módulo de Generar Reporte” y un tercero que es utilizado por los otros dos, módulo para exportar sus resultados y tablas a un archivo de Excel al que se denominará “Módulo Exportar a Excel”.

La administración del sistema consta de opciones para cambios de parámetros útiles como son: tiempo de almacenamiento de datos en la BD, configuración de características de la instrumentación, agregar y eliminar usuarios, cerrar sesión y salir del sistema. Este último párrafo origina el último módulo que es el de Configuración del sistema al que se denominará “módulo de Variables de configuración”.

Los módulos inferidos de la definición del problema son los siguientes:

- Monitoreo
- Adquisición de Datos
- Calculo de Parámetros
- Alarmas
- Administración
- Agregar/Eliminar Usuarios

- Salir del Sistema
- Validar Usuarios
- Consultar Históricos
- Generar Reportes
- Exportar a Excel
- Variables de Configuración

Se requiere de módulos auxiliares para apoyar a los módulos ya definidos, que permitan completar la correcta operación del sistema y que si bien es cierto no se tiene pistas de ellos en la definición de problema, si pueden verse de manera implícita en éste. Es así, que se requiere de una base de datos para almacenar y hacer consultas, para lo cual se requiere de un módulo que haga la conexión con la base de datos y otro que permita hacer operaciones con ella (Queries), así surgen los dos siguientes módulos:

- Queries a Base de Datos
- Conexión a Base de Datos

Se requiere también de un módulo que controle el inicio del sistema, para lo cual se define el siguiente módulo:

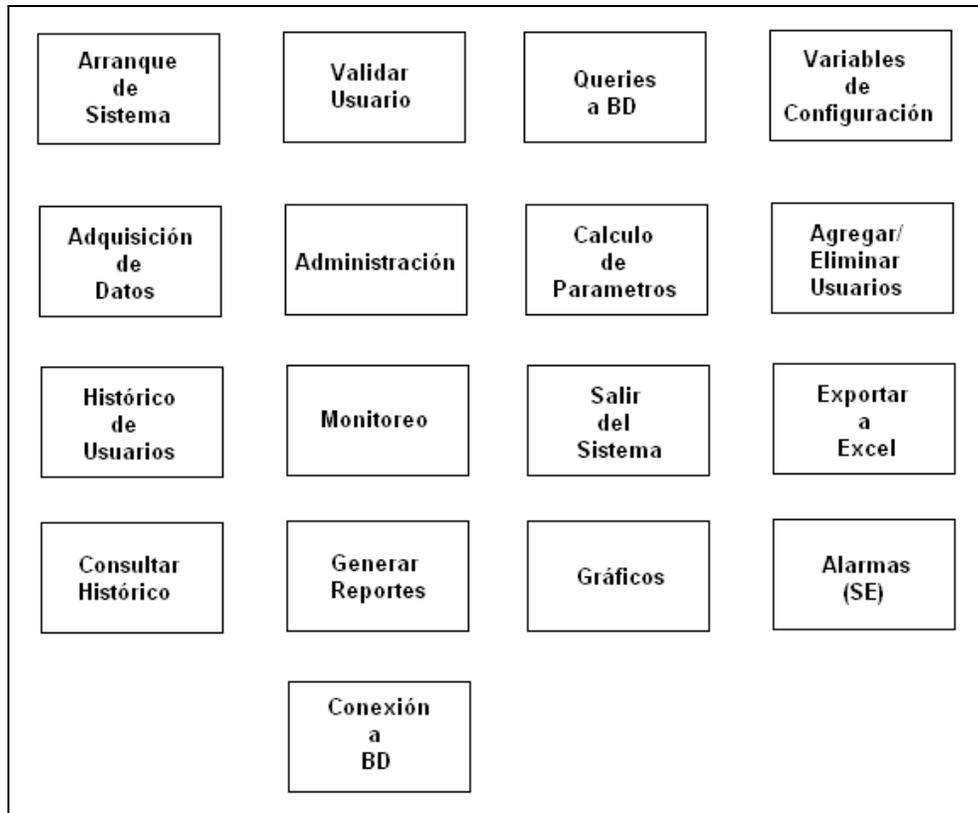
- Arranque de Sistema

El sistema de monitoreo como un agregado más puede presentar las variables o parámetros de operación de la planta no sólo en forma de un número o valor si no en forma de un gráfico para lo cual se agregará un módulo que cree estas graficas y las plasme en la interfaz de monitoreo:

- Gráficos

Y por ultimo como parte del sistema de administración, seria útil conocer que usuarios han accedido al sistema, cerrado una sesión o finalizado la ejecución del programa, además de la fecha y la hora en que estuvieron como usuarios en el sistema:

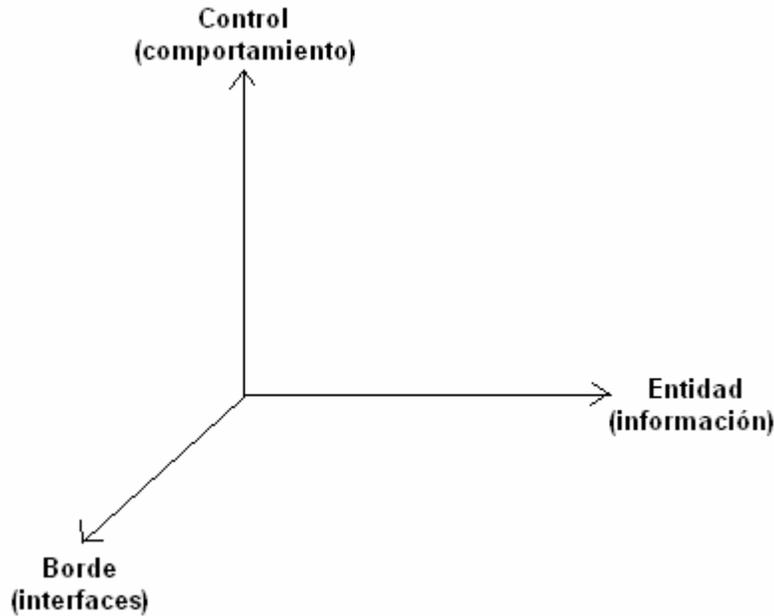
- Histórico de Usuarios.



*Figura 3.1 Módulos que contendrá el Sistema Inteligente.*

### 3.1.3 Arquitectura del Análisis

La arquitectura de análisis tiene como objetivo generar una arquitectura de objetos que sirva como base para el diseño del sistema. Se empleará una de las arquitecturas más utilizadas para sistemas de información que es la de Modelo, Vista, Control (MVC) y la cual se muestra en la siguiente figura <sup>[29]</sup>.



*Figura 3.2 Diagrama de tres dimensiones de la arquitectura de análisis, basado en el modelo de casos de uso.*

Por lo cual la arquitectura del análisis se basará en tres tipos de objetos correspondientes a las tres dimensiones anteriores:

- El tipo Entidad es para los objetos que guardan información sobre el estado interno del sistema a corto y largo plazo. Estos objetos corresponden al dominio del problema.
- El tipo Borde para objetos que implementan las interfaces del sistema con el mundo externo, correspondientes a todos los actores incluyendo aquellos que no son humanos.
- El tipo control para objetos que implementan el comportamiento o control de la lógica de los casos de uso, especificando cuándo y cómo el sistema cambia de estado.

#### CAPA DE INTERFAZ (BORDE)

A continuación se presentan los módulos que interactuarán con los actores externos del sistema. Estos pueden interactuar como un puente de interconexión y/o comunicación entre estos y el sistema.

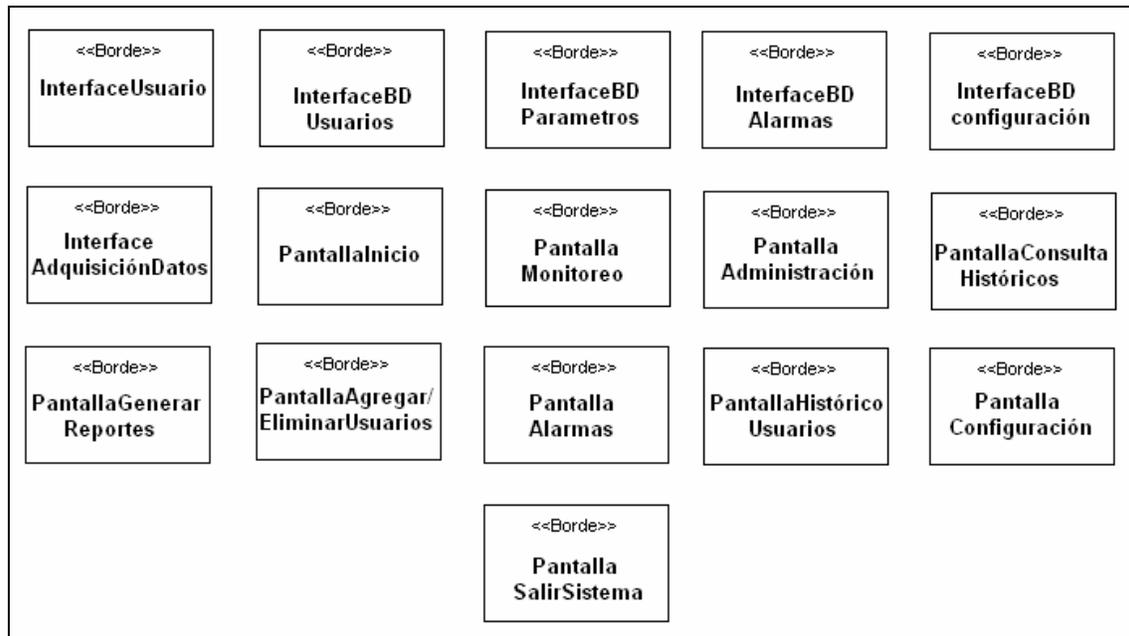


Figura 3.3 Módulos de la capa de interfaz (borde) del sistema.

### CAPA CONTROL

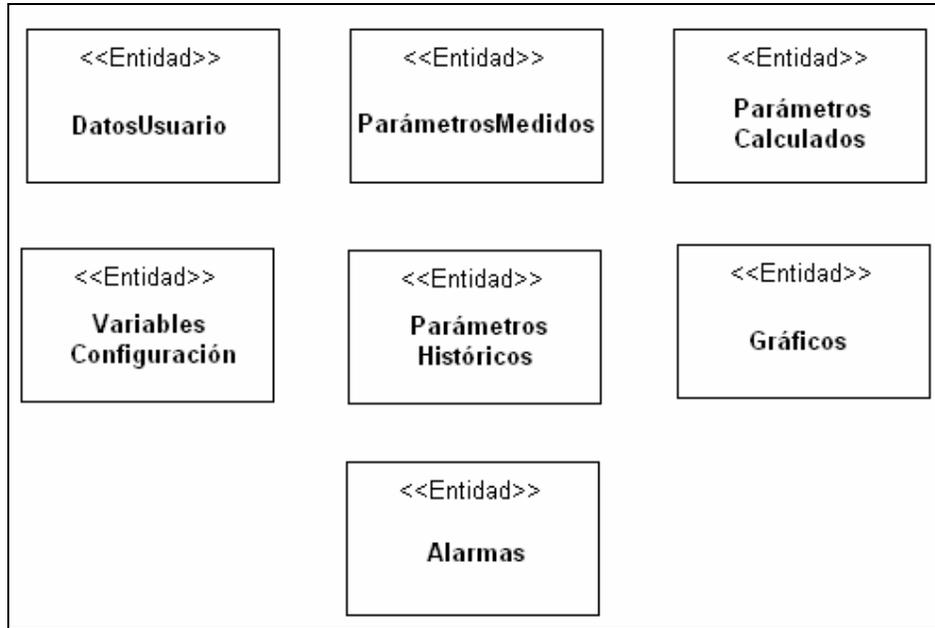
Los módulos de control que fueron identificados para la interacción que se da entre los objetos o módulos de la capa de interfaz y los de la capa de entidad son los siguientes:



Figura 3.4 Módulos de la capa de control del sistema.

## CAPA DE ENTIDAD

Los objetos de entidad del sistema para modelar la información recurrente del sistema se presentan en la siguiente figura.



*Figura 3.5 Módulos de la capa de entidad del sistema.*

3.1.4 Diagrama General de Casos de Uso

A continuación se muestra el diagrama general de casos de uso del sistema que expone de manera general las actividades que llevará a cabo el sistema.

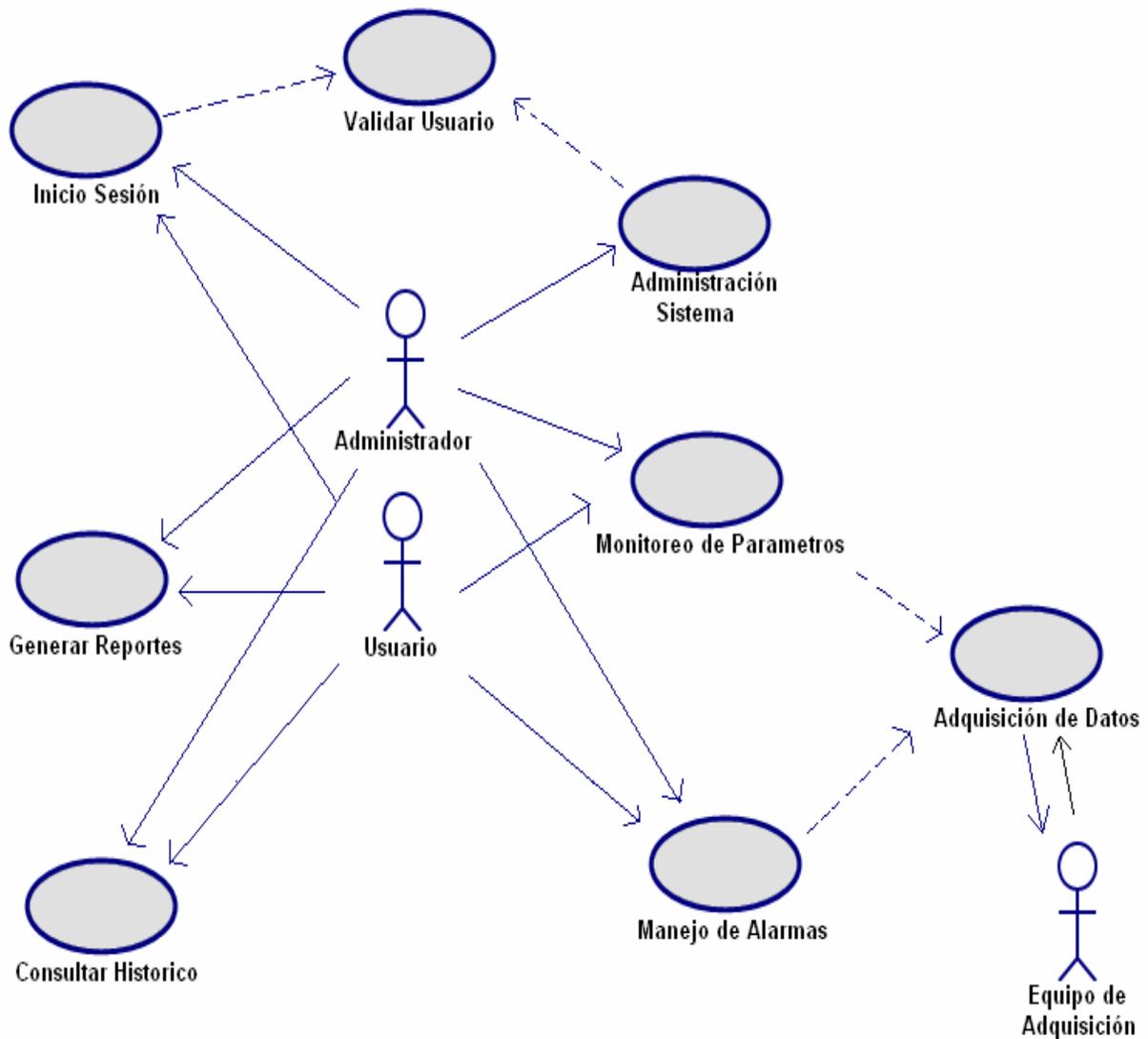


Figura 3.6 Diagrama General de Casos de Uso del Sistema Inteligente.

3.1.5 Actores, Detalle de Casos de Uso y Diagramas de Secuencia<sup>[29]</sup>

**Actores**

En la terminología orientada a objetos, se considera al actor una clase de usuario, mientras que los usuarios se consideran como objetos o instancias de esta clase. Para el sistema Inteligente se describen un total de 3 actores.

El Usuario y Administrador interactúan con la mayoría de los casos de uso, la diferencia única y principal entre estos dos actores es que el usuario no tiene acceso al caso de uso de administración del sistema.

<b>Actor</b>	Usuario
<b>Casos de Uso</b>	Inicio Sesión, Generar Reportes, Consultar Histórico, Monitoreo de Parámetros, Alarmas
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	Es un actor principal y representa a cualquier persona que utiliza el sistema para monitoreo de los parámetros de operación de la planta, consulta de históricos, generación de reportes o revisa las alarmas del sistema.

<b>Actor</b>	Administrador
<b>Casos de Uso</b>	Inicio Sesión, Generar Reportes, Consultar Histórico, Monitoreo de Parámetros, Alarmas, Administración Sistema
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	Es un actor principal y representa a cualquier persona que utiliza el sistema para monitoreo de los parámetros de operación de la planta, consulta de históricos, generación de reportes o revisa las alarmas del sistema. Además tiene los permisos para cambiar parámetros y configurar el sistema, dar de alta a usuarios y eliminarlos, así como salir o terminar la ejecución del sistema.

El Equipo de Adquisición (Field Point) interactúa con los casos de uso relacionados con la adquisición de datos (parámetros de operación de la planta).

<b>Actor</b>	Equipo de Adquisición (Field Point)
<b>Casos de Uso</b>	Adquisición de Datos
<b>Tipo</b>	Secundario
<b>Descripción</b>	Es un actor secundario y representa al equipo que controla y sirve de puente entre la electrónica y el software para tener en tiempo real valores que censan los instrumentos de medición instalados en la planta y que nos dan los parámetros operativos de la planta constantemente.

### Casos de Uso

Cada caso de uso define una clase o forma particular de usar el sistema, constituye un flujo completo de eventos, que especifican la interacción que toma lugar entre el actor y el sistema. Para apoyarnos en la descripción de los casos de uso se mostraran también las diversas pantallas diseñadas para el sistema y que estén relacionadas con el caso de uso.

### Diagramas de Secuencia

Los diagramas de secuencia, también conocidos como de interacción o eventos, describen la interacción o eventos que se suscitan en cada uno de los casos de uso con la finalidad de dar una descripción dinámica del funcionamiento del sistema, a través de sus casos de uso; los diagramas de secuencia acompañan a cada uno de los casos de uso.

A continuación se describen cada uno de los casos de uso que componen el sistema, acompañados de la interfaz grafica y diagrama de secuencia correspondiente.

CASO DE USO: INICIO SESIÓN.

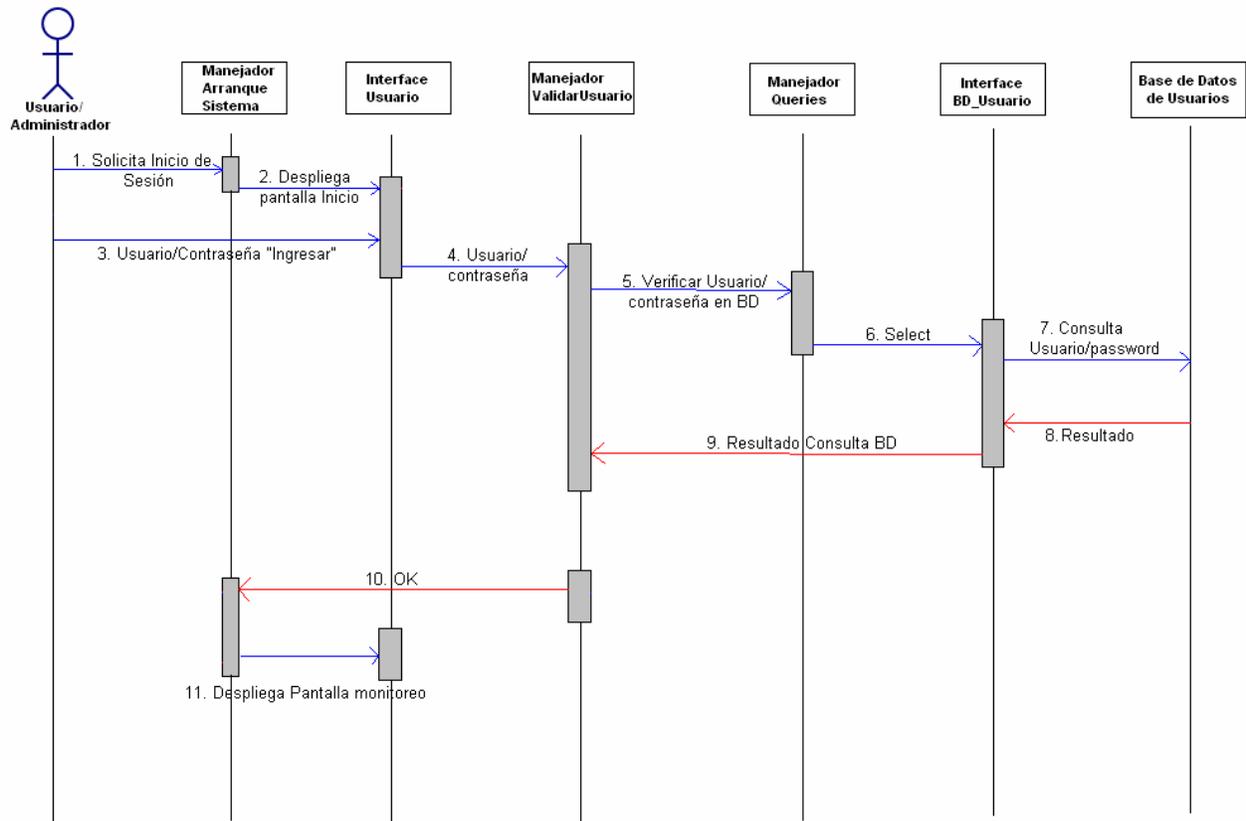


Figura 3.7 Pantalla de Inicio del Sistema Inteligente (P-1).

<b>Caso de Uso</b>	Inicio Sesión
<b>Actores</b>	Usuario, Administrador
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Punto de arranque del sistema y gestionar el arranque del mismo. Restringiendo su arranque a un usuario previamente registrado.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia como punto de arranque del sistema y es iniciado por el mismo sistema a petición del usuario de iniciar el sistema y solicita al usuario un nombre de usuario y contraseña para poder arrancar el sistema.
<b>Precondiciones</b>	El usuario que intenta arrancar el sistema debe haber sido previamente dado de alta por un administrador utilizando el caso de uso administración sistema subflujo Agregar o Eliminar Usuarios.
<b>Flujo Principal</b>	Se presenta al usuario la pantalla de inicio del sistema (P-1). El usuario puede seleccionar entre las dos siguientes opciones: “Ingresar” y “Cerrar”.

	<p>Si la actividad seleccionada es “Ingresar” se continúa con el caso de uso Validar Usuario.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cerrar” se cierra la pantalla y no se inicia el sistema.</p>
<b>Subflujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguna

A continuación se presenta el diagrama de secuencia para este caso de uso, el cual solo tiene un flujo, el flujo principal.



*Figura 3.8 Diagrama de secuencia del caso de uso Inicio Sesión.*

**CASO DE USO: VALIDAR USUARIO**

El caso de uso validar usuario está vinculado a la pantalla de inicio (P-1) y se llama a partir de los casos de uso Inicio Sesión y Administración Sistema.

<b>Caso de Uso</b>	Validar Usuario
<b>Actores</b>	Usuario, Administrador
<b>Tipo</b>	Inclusión
<b>Propósito</b>	Validar a un usuario ya registrado para el arranque y uso del sistema inteligente.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el usuario al oprimir el botón “ingresar” de la pantalla de inicio (P-1). Valida al usuario mediante un nombre de usuario y contraseña el cual se verifica con la base de datos de usuario para ver si éste existe o no y así iniciar el sistema para dar acceso al uso del mismo.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe estar registrado previamente en la base de datos del sistema.
<b>Flujo Principal</b>	Se presenta al usuario la pantalla de inicio del sistema (P-1). El usuario selecciona “Ingresar”. Se verifica que el nombre de usuario y contraseña proporcionados por el usuario se encuentren ya registrados en la base de datos de usuarios. Una vez que se valida el usuario (E-1), se continua con el caso de uso Monitoreo de Parámetros.
<b>Subflujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	E-1 no hubo validación: el nombre de usuario/contraseña no se pudo validar por no existir en la base de datos de usuarios, aparece un mensaje en la misma pantalla de inicio (P-1) para pedir al usuario que verifique sus datos y vuelva a intentar.

El diagrama correspondiente a este caso de uso se encuentra inmerso en el diagrama de secuencia del caso Inicio Sesión, dado que este no tiene interacción directa con ninguno de los actores.

CASO DE USO: MONITOREO DE PARÁMETROS

El caso de uso monitoreo de parámetros está vinculado a la pantalla principal del sistema (P-2) y se llama a partir del caso de uso Inicio Sesión y Validar Usuario.

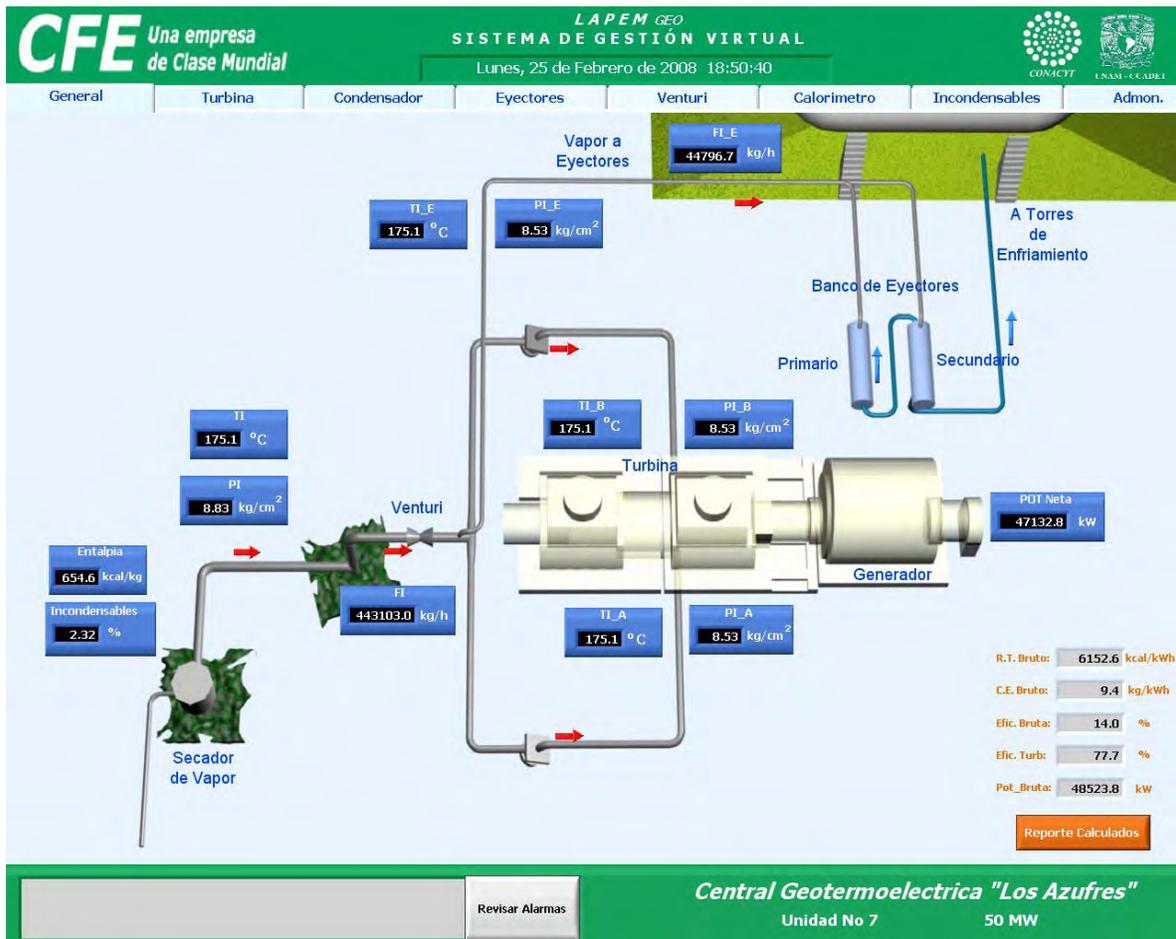


Figura 3.9 Pantalla Principal de Sistema Inteligente (P-2).

<b>Caso de Uso</b>	Monitoreo de Parámetros
<b>Actores</b>	Usuario, Administrador
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Proporcionar en tiempo real todos los valores de los parámetros de operación de la planta, siendo la pantalla principal del sistema desde la cual se puede acceder a todas las funcionalidades del sistema inteligente. A su vez almacena cada determinado tiempo los parámetros de operación

	de la planta en la base de datos de parámetros de operación.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el usuario cuando se valida en la pantalla de inicio (P-1), es la pantalla principal del sistema, ofrece pantallas de monitoreo de los parámetros medidos y calculados de la operación de la planta y permite acceder desde ésta a toda las funciones del sistema.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe haberse validado mediante el caso de uso validar usuario e inicio sesión.
<b>Flujo Principal</b>	<p>Se presenta al usuario la pantalla principal del sistema (P-2) pestaña “General” la cual es un panorama general de la planta y los valores de los parámetros, además de un gran número de opciones como son: “pestañas de selección para turbina, condensador, eyectores, venturi, calorímetro, incondensables y admon”, los botones “Reporte Calculados” y “Revisar Alarmas”.</p> <p>Si la actividad seleccionada es cualquiera de las pestañas “turbina”, “condensador”, “eyectores”, “venturi”, “calorímetro”, “incondensables” y “admon” se ejecuta el mismo caso de uso Monitoreo de Parámetros, subflujo S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6 y S-7 respectivamente.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Reporte Calculados” se continúa con el caso de uso Generar Reportes.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Revisar Alarmas” se continúa con el caso de uso Alarmas.</p>
<b>Subflujos</b>	<p>S-1 Monitoreo Turbina</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado turbina. El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p> <p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>

	<p>S-2 Monitoreo Condensador</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal (P-3), en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado condensador.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p> <p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>
	<p>S-3 Monitoreo Eyectores</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado eyectores.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p> <p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>
	<p>S-4 Monitoreo Venturi</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado venturi.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p>

	<p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>
	<p>S-5 Monitoreo Calorímetro</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado calorímetro.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p> <p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>
	<p>S-6 Monitoreo Incondensables</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de los parámetros correspondientes al componente de la planta llamado incondensables. El usuario puede elegir entre dos actividades: “Generar Reporte” y “Ver Histórico”</p> <p>Si la actividad es “Generar Reporte” se continúa con el caso de uso Generar Reporte.</p> <p>Si la actividad es “Ver Histórico” se continúa con el caso de uso Consultar Histórico.</p>
	<p>S-7 Monitoreo Admon.</p> <p>Se presenta al usuario una pantalla que se encuentra embebida en la pantalla principal, en la cual se tiene el monitoreo en tiempo real de algunos parámetros principales de la configuración del sistema y desde la cual se da acceso a la administración del sistema.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades: “Administración del sistema y “Cerrar Sesión”</p> <p>Si la actividad es “Administración del Sistema” se continúa con el caso</p>

	de uso Administración Sistema. Si la actividad es “Cerrar Sesión” se continúa con el caso de uso Inicio Sesión.
<b>Excepciones</b>	Ninguna.

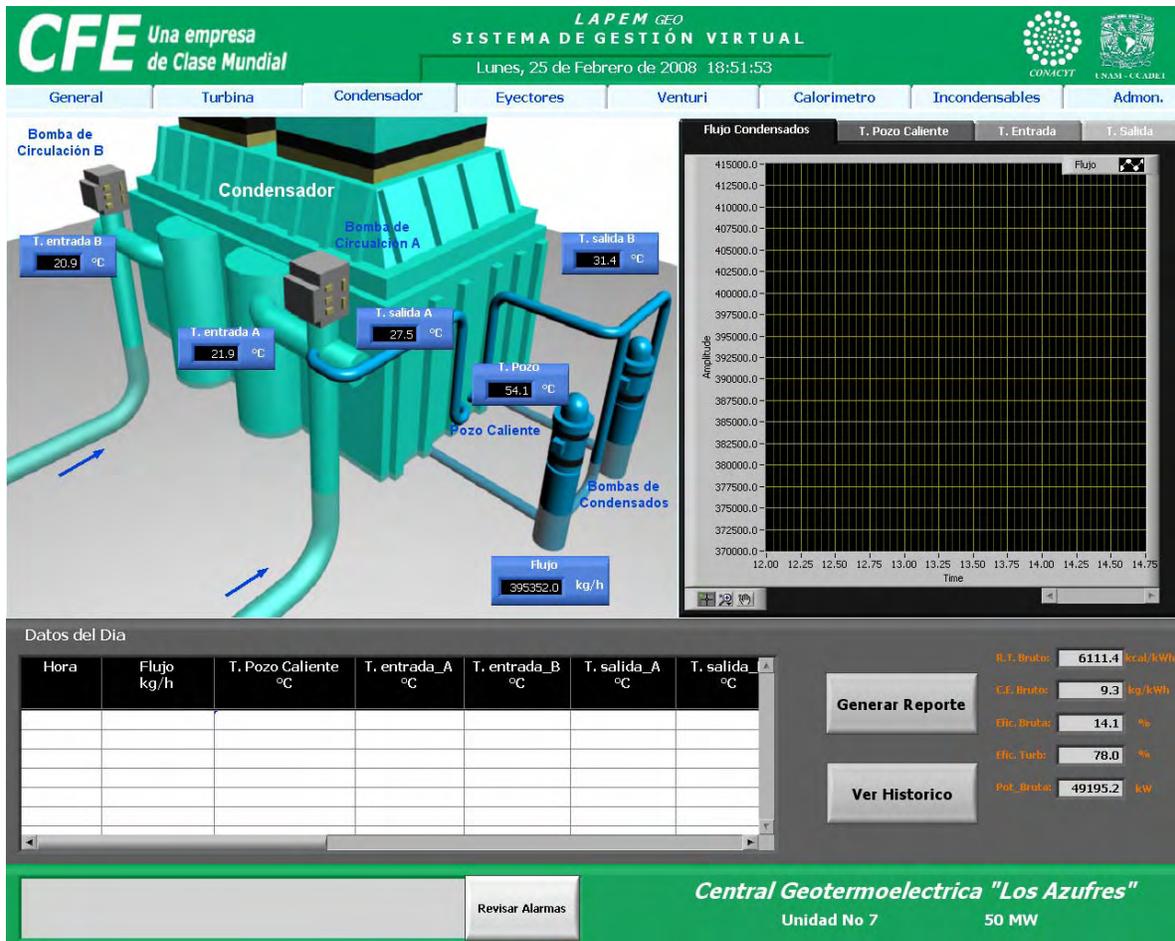


Figura 3.10 Ejemplo de Pantalla de subflujo S-2 de pestaña “condensador” (P-3).

A continuación se presenta el diagrama de secuencia correspondiente, para el cual existe un flujo principal y 7 subflujos. El diagrama de secuencia que se presenta a continuación aplica también para cada uno de los subflujos en este caso, dado que se trata del mismo proceso, monitoreo de parámetros en cada subflujo.

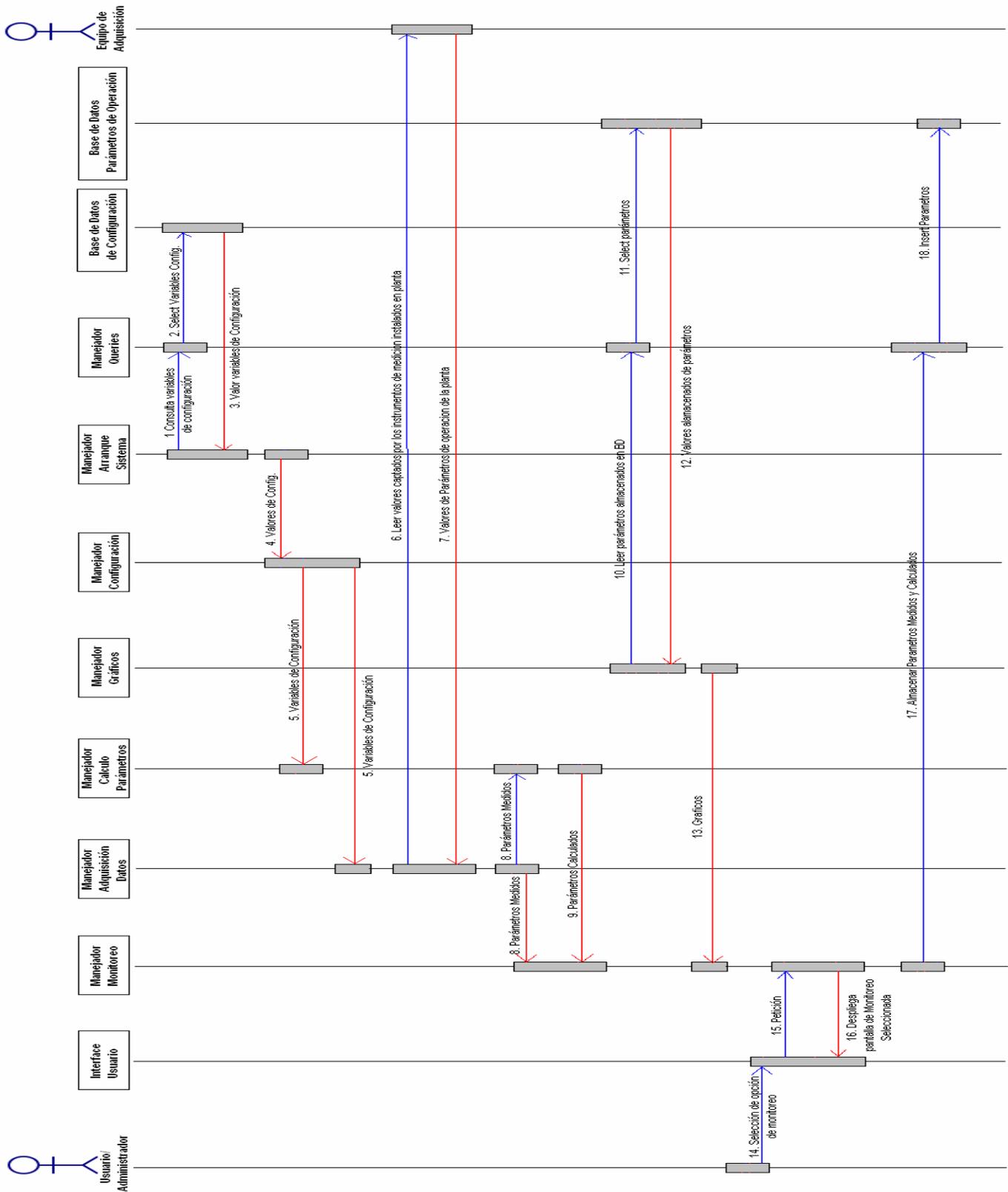


Figura 3.11 Diagrama de secuencia del caso de uso Monitoreo de Parámetros.

La descripción del resto de los casos de uso y sus diagramas pueden ser consultados en el Apéndice A (Sección A.1).

### 3.2 Modelo de Diseño

El modelo de diseño se desarrollará basado en la arquitectura que describimos anteriormente (borde, control, entidad), el modelo de diseño es una continuación del modelo de análisis y tiene como objetivo describir de forma más detallada la funcionalidad y estructura de los componentes del sistema. En este documento se describe concreta las tareas que desempeñara cada uno de los módulos que componen el sistema.

#### 3.2.1 Diseño Detallado

A continuación se describen estas tareas para los módulos de la capa de Borde:

<b>Módulo:</b> InterfaceUsuario	
<b>Descripción:</b> Las pantallas que conforman el sistema se presentan al usuario mediante este módulo.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
desplegarPantalla	PantallaInicio, PantallaMonitoreo, PantallaAdministración, PantallaConsultarHistóricos, PantallaGenerarReportes, PantallaAgregar/EliminarUsuarios, Pantallalarmas, PantallaHistoricoUsuarios, PantallaConfiguración, PantallaSalirSistema
enviarEvento	ManejadorArranqueSistema, ManejadorValidarUsuario, ManejadorAdministración, ManejadorMonitoreo, ManejadorGenerarReporte, ManejadorConsultasHistóricas, ManejadorAdquisiciónDatos, Manejador Alarmas, ManejadorQueries, ManejadorConfiguración, ManejadorCalculoParametros, ManejadorAgregar/EliminarUsuarios,

	ManejadorHistoricoUsuarios, ManejadorSalirSistema, ManejadorExportarExcel, ManejadorGraficos
--	---

<b>Módulo:</b> PantallaInicio	
<b>Descripción:</b> módulo con interfaz grafica que sirve para arranque de sistema y validar al usuario.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
enviarEvento	ManejadorValidarUsuario, ManejadorArranqueSistema

La totalidad de los módulos del diseño detallado para la capa de interfaz pueden ser consultados en el Apéndice A (Sección A.2).

Ahora se describen las tareas para los módulos de la capa de Control:

<b>Módulo:</b> ManejadorArranqueSistema	
<b>Descripción:</b> el manejador de arranque de sistema se encarga de leer los parámetros de configuración e iniciar los módulos y pantallas necesarios para el arranque del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoInicio	
obtenerDatosConfiguración	InterfaceBDConfiguración
insertarDatosUsuario	InterfaceBDUsuarios
enviarEvento	PantallaMonitoreo, ManejadorValidarUsuario

<b>Módulo:</b> ManejadorValidarUsuario	
<b>Descripción:</b> el manejador de validar usuario se encarga de comparar la información que proporciona el usuario para iniciar una sesión con la que se encuentra almacenada en la BD de usuario para conocer si ese usuario ya se encuentra dado de alta en el sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoValidarUsuario	
validarRegistroUsuario	InterfaceBDUsuarios
enviaEvento	

La totalidad de los módulos del diseño detallado para la capa de control e interfaz pueden ser consultados en el Apéndice A (Sección A.2).

### 3.2.2 Diseño de Sistema

#### Lenguaje de Programación:

Para el desarrollo de este sistema se eligió una plataforma llamada LabView versión 8.2 que es un software desarrollado por National Instruments. Esta elección se debe a que ésta es una herramienta de desarrollo totalmente especializada para instrumentación virtual y cuenta tanto con el hardware y software adecuado para el desarrollo de este tipo de sistemas <sup>[31]</sup>.

La forma de programar en esta plataforma es muy particular, puesto que se basa en los diagramas de estados, por lo cual la programación se remite a la interconexión de bloques operativos, los cuales pueden ser vistos como funciones; la interconexión múltiple de estos bloques es lo que genera un módulo totalmente operativo. La programación totalmente gráfica e intuitiva y facilita la programación de sistemas grandes. En cuanto a la interfaz gráfica se cuenta con todo tipo de controles, botones, indicadores, etc. propios de la instrumentación virtual.

Es por esto que cualquier módulo, función o método que se quiera programar en LabView debe verse como una máquina de estados (Fig. 3.27) que facilita la interpretación y programación del mismo bajo esta plataforma.

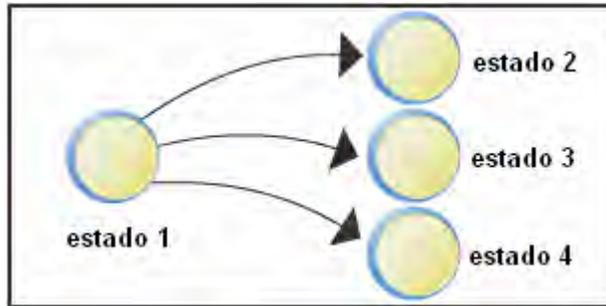


Figura 3.12 Ejemplo de Diagrama de Estados.

En LabView el código correspondiente es el siguiente:

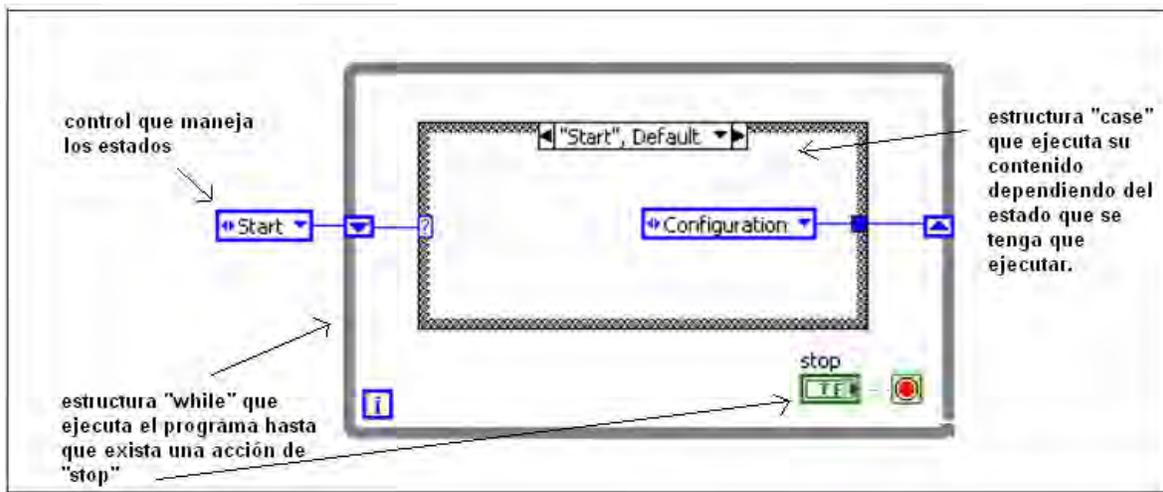


Figura 3.13 Ejemplo de código en LabView.

Un ejemplo del código se muestra en la figura 3.13; podemos crear múltiples sub-códigos que podemos guardar como una sub-vi para posteriormente utilizarlas como bloques (o cajas negras) que realizan tareas específicas; con la interconexión de muchos de estos sub-vi lograr una funcionalidad mayor del sistema. Las sub-vi tienen una funcionalidad parecida al de las “funciones” cuando se realiza programación estructura, por lo cual se menciona que Labview es una plataforma de desarrollo de lenguaje estructurado, aun cuando existen herramientas

adicionales en la actualidad que permiten ver a LabView como un lenguaje orientado a objetos; para este sistema se creó una programación más del tipo estructurada, por lo cual su documentación e implementación se desarrollaron por este camino.

### **Diagrama de Asociaciones Entre Módulos**

El siguiente diagrama (figura 3.28) explica la forma en que los módulos se relacionan entre ellos y el tipo de intercambio que tienen, para hacer funcionar de manera integral todo el sistema.

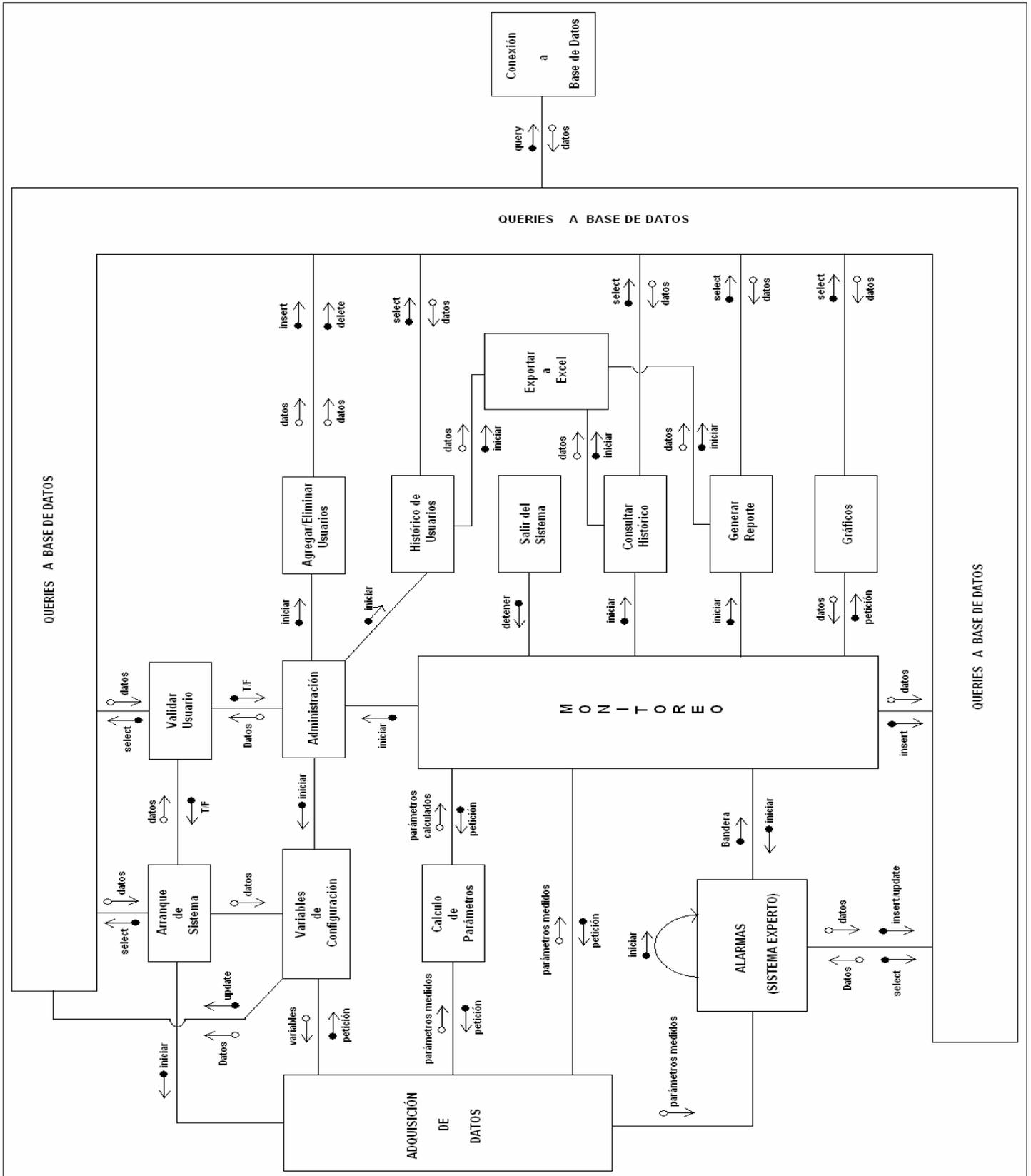
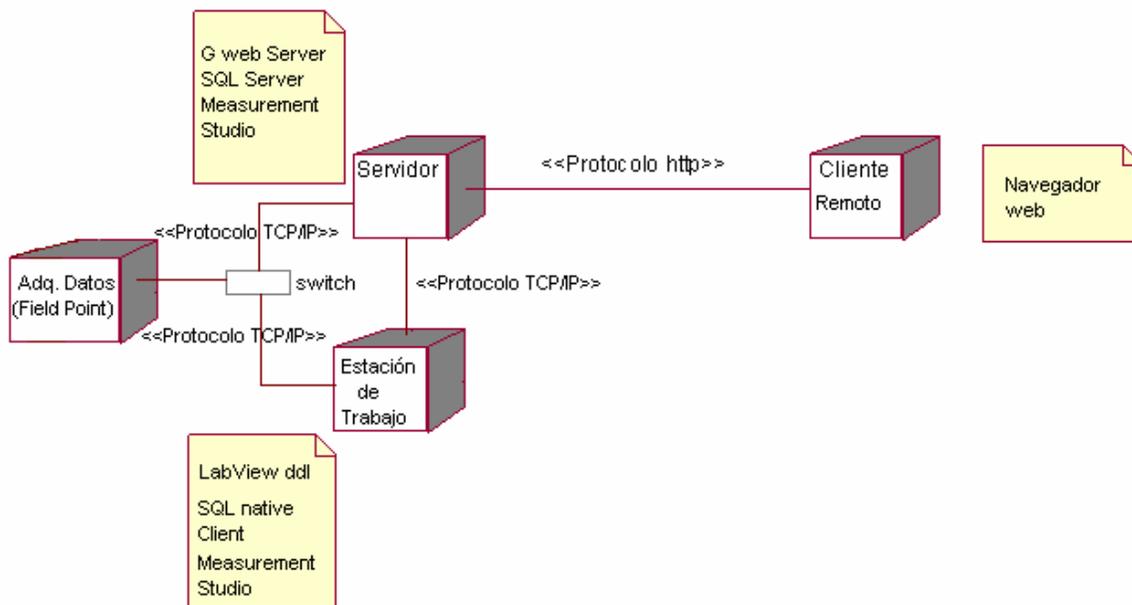


Figura 3.14 Diagrama de asociaciones entre módulos.

### Diagrama de Instalación:

A continuación se presenta el diagrama de instalación que define los nodos en que se trabajará (servidores y clientes) y se definen los componentes que se asignarán a cada nodo, para que el sistema instalado tenga un correcto funcionamiento y comunicación con los dispositivos auxiliares que requiere.



*Figura 3.15 Diagrama de Instalación.*

#### 3.2.3 Diseño de la Base de Datos

La elección de la plataforma o manejador de Base de Datos que debe contener el sistema fue a cargo de CFE los cuales prefirieron por compatibilidad con sus sistemas instalados y cuestiones de licencia el servidor de Base de Datos SQL Server 2005.

El modelo de desarrollo de la base de datos que se eligió fue el “Modelo Relacional” ya que éste es un modelo robusto y probado. Además la BD requerida por el sistema es de una estructura tan compleja que requiera de un modelo mas sofisticado.<sup>[33][34]</sup>.

De acuerdo con la definición del problema y la documentación del sistema, se definieron cuatro tipos de base de datos “Usuarios”, “Configuración”, “Parámetros de Operación” y “Alarmas”; se definieron así para propósitos de diseño y documentación pero realmente éstas son una sola base de datos para el sistema en la cual se pueden tener las tablas necesarias. Manteniendo esta idea se establecieron las tablas que debe tener la BD de Usuarios:

- Tabla para almacenar información relacionada con el usuario del sistema a la cual se llamará Tabla Usuario, la cual debe contener los siguientes campos:
  - Id\_usuario
  - Usuario
  - Password
  - Tipo
  - Nombre
  
- Tabla para almacenar el inicio y termino de una sesión en el sistema por un usuario a la cual se llamará Tabla User\_log, la cual contendrá los siguientes campos:
  - Id\_log
  - Usuario
  - Password
  - Fecha
  - Hora
  - Acción

A continuación se presenta el diagrama que muestra la relación entre las tablas usuario y user\_log.

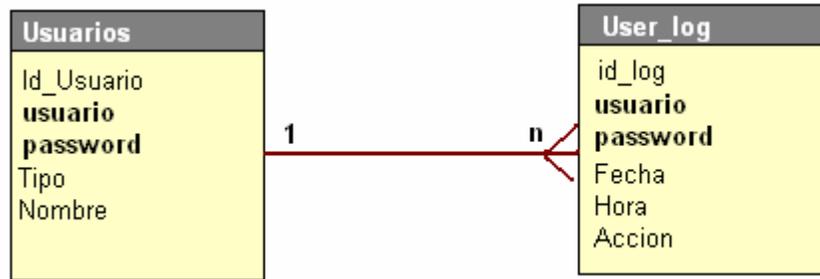


Figura 3.16 Relación esquemática entre las tablas Usuarios y User\_log.

De acuerdo con lo definido anteriormente, la llave primaria de Usuarios es la combinación de las columnas usuario, password (PK), la llave primaria de la tablas User\_log es id\_log( PK) y tiene la llave foránea que la combinación de columnas usuario, password (FK); las tablas quedaran de la siguiente forma.

Tabla Usuarios				
Id_usuario	Usuario	Password	Tipo	Nombre
1	HFH24	*****	Administrador	Hugo Flores Huerta
2	Jperez1	*****	Operador	Juan Perez

Tabla Usur_log					
Id_log	Usuario	Password	Fecha	Hora	Acción
1	HFH24	*****	08/04/2008	4:30 pm	Terminar Sesión
2	Jperez1	*****	08/04/2008	5:00 pm	Iniciar Sesión

A continuación se definen las tablas que conforman la base de datos de configuración; en este caso son tablas especiales que contienen parámetros de los instrumentos y dispositivos con los cuales se realizan las mediciones; pueden verse como constantes, pero el propósito de ponerlos en una base de datos y tablas es permitirle al usuario cambiar estos valores.

- Tabla para almacenar los parámetros de la placa de orificio en venturi a la cual se denominará Tabla Param\_venturi, cuyos campos son:
  - Id\_parámetro
  - parámetro
  - valor
- Tabla para almacenar los parámetros de la placa de orificio en eyectores a la cual se llamará Tabla Param\_eyect, cuyos campos son:
  - Id\_parámetro
  - parámetro
  - valor
- Tabla para almacenar la configuración de los instrumentos de medición en miliAmpers a la cual se llamará instrumentos\_mA, cuyos campos son:
  - id\_instrumento
  - instrumento
  - min
  - max
- Tabla para almacenar la configuración de los instrumentos de medición en su conversión a unidades estándar, a la cual se denominará instrumentos\_Conv, cuyos campos son:
  - Id\_instrumento
  - min
  - max

El diagrama de relación para estas tablas queda de la siguiente forma.

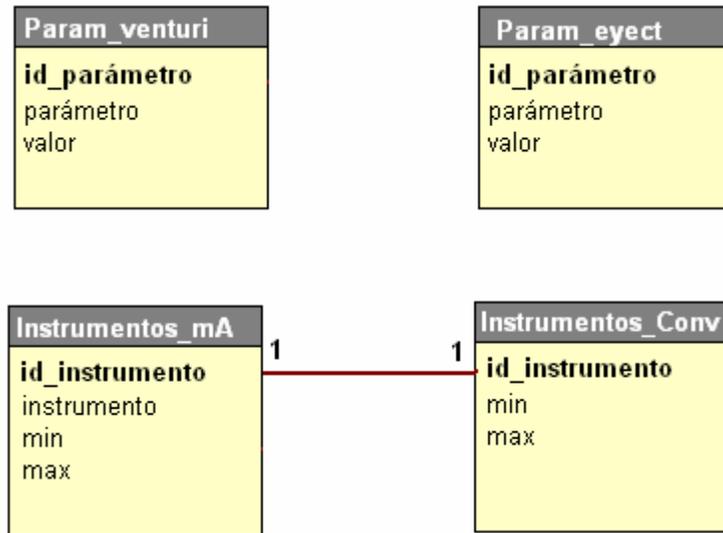


Figura 3.17 Relación esquemática entre las tablas pertenecientes a la configuración.

De acuerdo con lo anterior las tablas de configuración del sistema quedan de la siguiente forma:

Tabla Param_venturi		
Id_parametro	parámetro	valor
1	Coe_flujo	1.1029351
2	Fac_dren	1.0

Tabla Param_eyect		
Id_parametro	parámetro	valor
1	Coe_exp	0.99197
2	Diámetro	228.6

<b>Tabla Instrumentos_mA</b>			
Id_instrumento	Instrumento	min	max
1	P_entradaA	4	20
2	T_pozo	4	20

<b>Tabla Instrumentos_conv</b>			
Id_instrumento	Instrumento	min	max
1	P_entradaA	0	40.8
2	T_pozo	0	100

La siguiente definición de tablas es para la BD denominada “Parámetros de Operación”, la cual debe contener las tablas que almacenan valores tanto de variables medidas como calculadas, de los parámetros de operación de la planta, así como conocer la fecha y hora en que se dio dicho valor. La forma en que se planteó este diseño fue dividir, al igual que en el software, las tablas por secciones y componentes de la planta; en este sentido, la planta se dividió en secciones operativas como: “Condensador”, “Venturi”, “Turbina” y “Eyectores”. También se diseñaron de forma individual los dos instrumentos desarrollados por la UNAM que son “calorímetro” e “incondensables”. Necesitando también controlar la fecha y hora en la que el sistema almacenó o está presentando los valores. Por lo tanto se deben tener las siguientes tablas:

- Tabla para almacenar la información de la fecha y hora en que se tomó la medición a la cual se llamará “Tiempo” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - Fecha
  - Hora

- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados de los parámetros de operación de la planta en la sección de turbina, a la cual se denominará tabla “Turbina” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - Pot\_neta
  - Pot\_bruta
  - Flujo
  - TI\_A
  - TI\_B
  - PI\_A
  - PI\_B
  - T\_A
  - T\_B
  - P\_A
  - P\_B
  - T\_escape
  - P\_vacio
  
- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados de los parámetros de operación de la planta en la sección de condensador, a la cual se denominará tabla “Condensador” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - flujo
  - T\_pozo
  - T\_entradaA
  - T\_entradaB
  - T\_salidaA
  - T\_salidaB
  - Dif\_flujo
  - Vacio\_cond

- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados de los parámetros de operación de la planta en la sección de venturi, a la cual se llamará tabla “venturi” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - P\_estatica
  - Temperatura
  - Dif\_presion
  - flujo
  
- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados de los parámetros de operación de la planta en la sección de eyectores, a la cual se llamará tabla “eyectores” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - P\_estatica
  - Temperatura
  - Dif\_presion
  - Flujo
  
- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados por el instrumento de medición desarrollado por la UNAM llamado calorímetro, a la cual se llamará tabla “Calorímetro” cuyos campos son:
  - id\_medicion
  - entalpia
  - Patmosferica
  - Toperacion
  
- Tabla para almacenar la información de los valores medidos y calculados por el instrumento de medición desarrollado por la UNAM llamado incondensables, a la cual se denominará tabla “Incondensables” cuyos campos son:
  - Id\_medicion
  - Incondensables
  - P\_tanque
  - T\_operacion

- Tabla para almacenar la información de los valores de balance térmico calculados por el sistema a partir de los parámetros medidos, a la cual se llamara tabla “calculados” cuyos campos son:

- Id\_medicion
- RegTerTur
- RegTerBruto
- RegTerNeto
- EficTurbina
- EficBruto
- EficNeto
- ConEspTur
- ConEspBruto
- ConEspNeto
- Densidad
- Calidad
- Humedad

El diagrama relacional entre estas tablas quedaría de la siguiente forma:

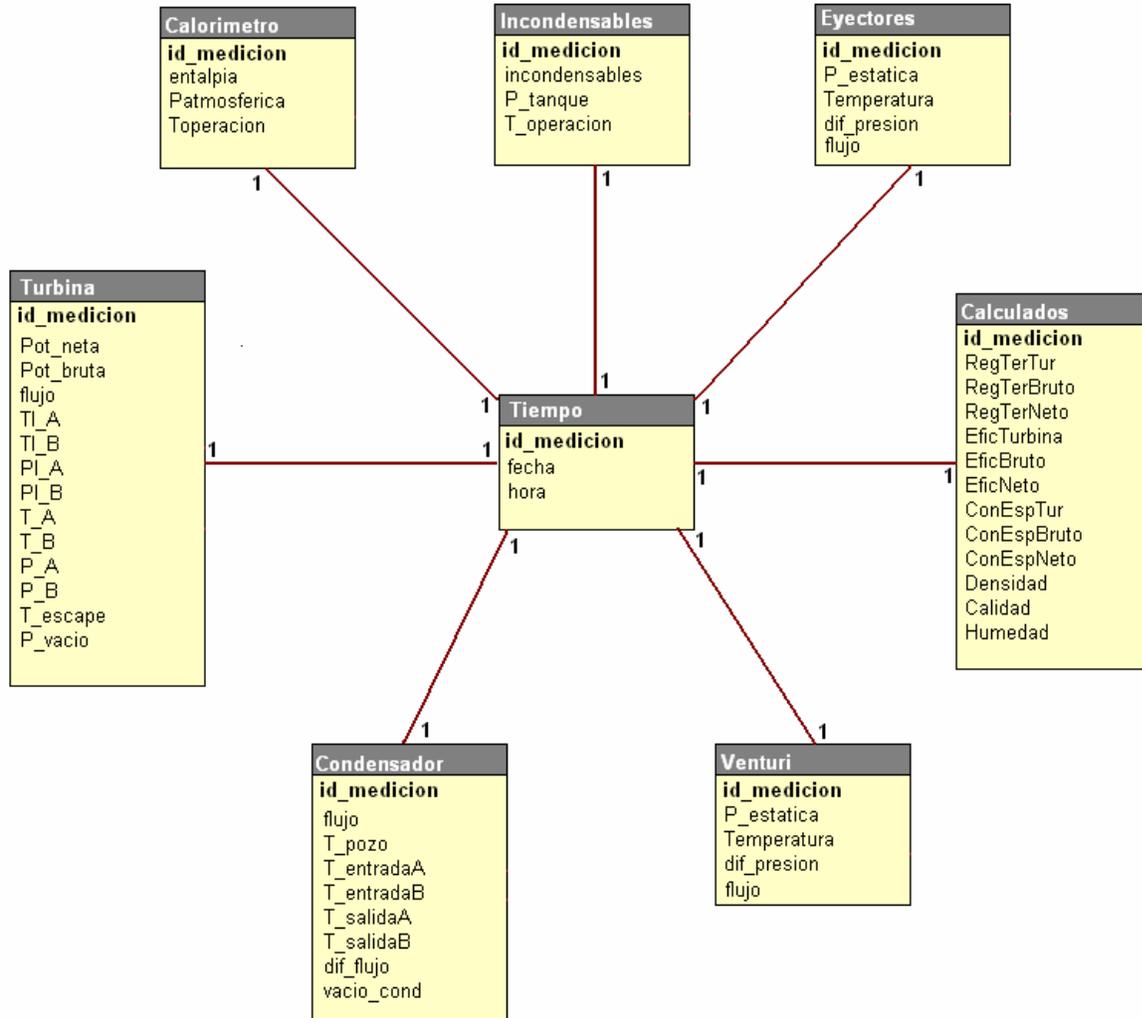


Figura 3.18 Relación esquemática entre las tablas de parámetros de operación.

De acuerdo con las definiciones anteriores, las tablas para almacenamiento de parámetros de operación quedan de la siguiente forma, la PK es id\_medicion en tiempo y llave foránea FK para el resto de las tablas.

Tabla Turbina													
Id_medicion	Pot_Bruta	Pot_Neta	flujo	TI_A	TI_B	PI_A	PI_B	T_A	T_B	P_A	P_B	T_eascape	P_vacio
1	49.5	47.5	380	170	171	7.9	7.6	170	172	8.1	7.9	56	121
2	48.8	46.9	375	172	170	7.8	7.5	169	171	8.3	8.0	57	119

Tabla Condensador								
Id_medicion	flujo	T_pozo	T_entradaA	T_entradaB	T_salidaA	T_salidaB	Dif_flujo	Vacio_cond
1	328	56	21	20	34	31	66.5	420
2	319	55	19	20	33	32	67.0	423

Tabla Venturi				
Id_medicion	P_estatica	Temperatura	Dif_presion	Flujo
1	P_entradaA	4	20	440
2	T_pozo	4	20	437

Tabla Eyectores				
Id_medicion	P_estatica	Temperatura	Dif_presion	Flujo
1	P_entradaA	4	20	440
2	T_pozo	4	20	437

Tabla Calorímetro			
Id_medicion	entalpia	Patmosferica	Toperacion
1	657.3	0.738	136.8
2	656.7	0.739	134.2

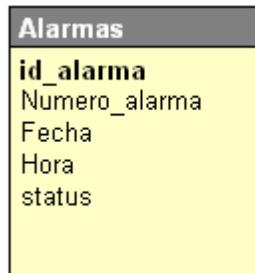
Tabla incondensables			
Id_medicion	incondensables	P_tanque	Toperacion
1	2.7	8.4	52
2	2.3	7.9	50

Tabla Calculados												
Id_medicion	RegTerTur	RegTerBruto	RegTerNeto	EficTurbina	EficBruto	EficNeto	ConEspTur	ConEspBruto	ConEspNeto	densidad	calidad	humedad
1	59	54	53	77.8	15.2	14.8	8.76	8.65	9.1	4.78	0.992	0.08
2	61	58	56	77.9	15.3	14.7	7.9	8.9	9.0	4.56	0.991	0.09

Por último se describe la tabla asociada con el almacenamiento de las alarmas que el sistema pueda generar; ésta es una tabla única como se muestra a continuación.

- Tabla para almacenar las alarmas generadas con su fecha y hora en la que sucedió y su status actual, la cual puede se llamará tabla “alarmas” cuyos campos son:
  - Id\_alarma
  - Numero\_alarma
  - Fecha
  - Hora
  - status

Su diagrama es el siguiente:



*Figura 3.19 Esquemático de tabla Alarmas.*

De acuerdo con lo anterior el control y almacenamiento de las alarmas del sistema queda a cargo de la siguiente tabla:

<b>Tabla Alarmas</b>				
Id_alarma	Numero_alarma	Fecha	Hora	Status
1	5	09/04/2008	5:30 pm	Revisada
2	12	15/04/2008	1:00 am	pendiente

Con esta última tabla se completa el diseño de la base de datos que debe tener el sistema para su correcto funcionamiento y almacenamiento de información, la implementación de esta base de datos se realizó en SQL Server a petición de CFE ya que es la plataforma que manejan y para la cual tienen licencias y soporte técnico.

#### *3.2.4 Diseño del Módulo Experto*

De acuerdo con la descripción de sistema experto que se vio en el capítulo 2, se desarrolló el diseño para el módulo experto de alarmas que contendrá este sistema, El siguiente cuadro muestra la arquitectura de un sistema experto y nos da la pauta de los procesos a seguir para conseguir los componentes necesarios del módulo.

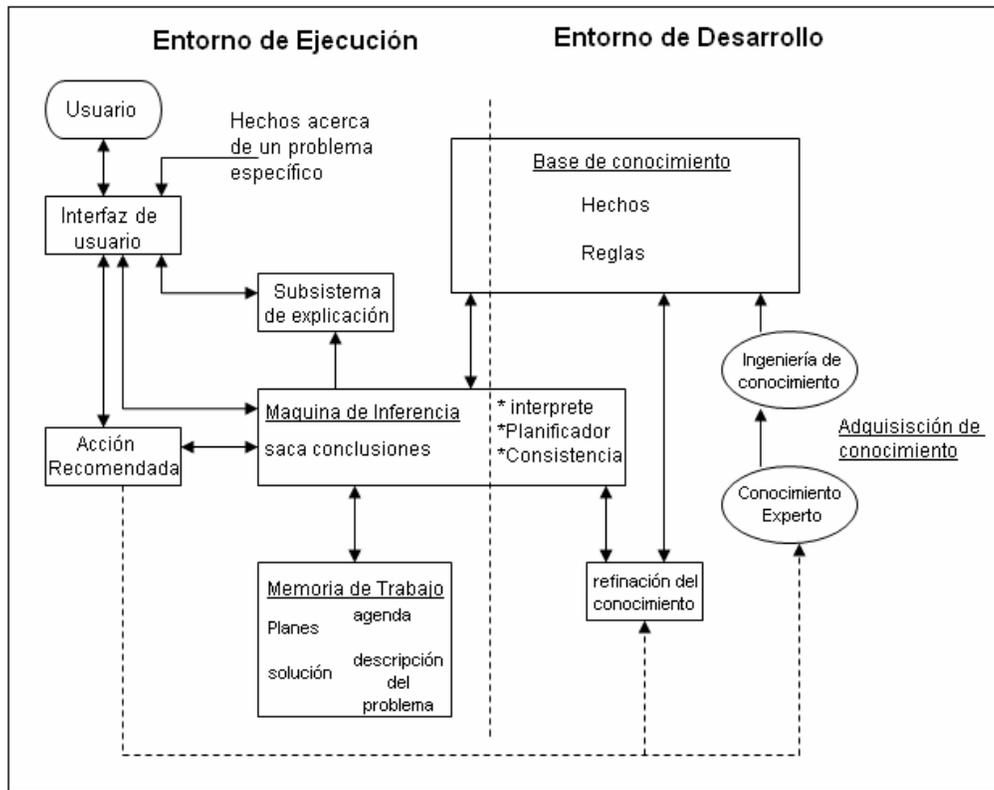


Figura 3.20 Arquitectura de un sistema experto.

## INGENIERÍA DE CONOCIMIENTO

Esta fase se llevó a cabo en reuniones con los jefes de turno de la planta y el jefe de operaciones; en estas reuniones se identificaron, las posibles fallas en la operación de la planta y las causas que generarían estas fallas, también recomendaron soluciones o acciones a tomar cuando se presentara alguna falla. Como resultado de estas pláticas se obtuvo la experiencia y los conocimientos necesarios para el diseño del modulo experto. Este conocimiento se plasmó en tablas como las que se muestran a continuación.

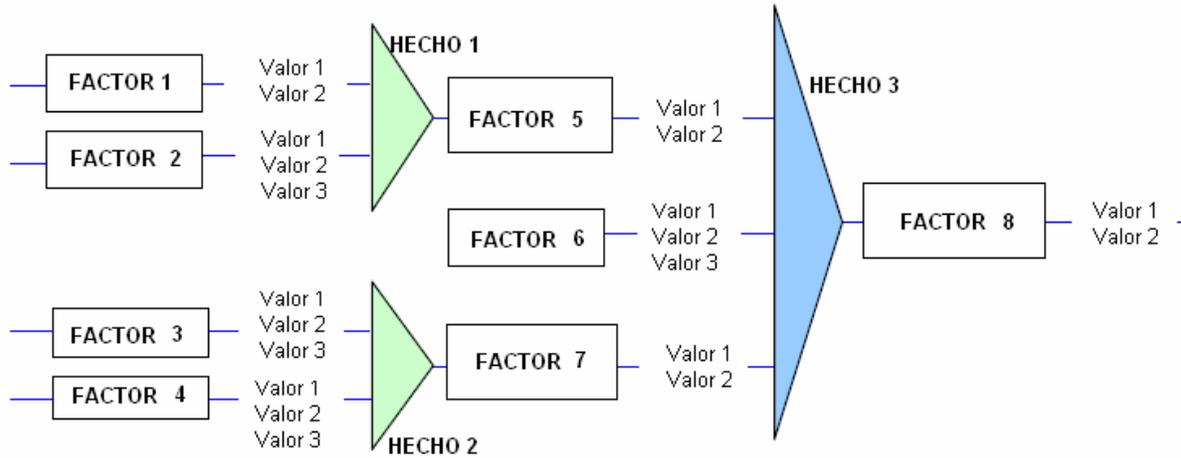
<p><b>ALARMA 1</b></p> <p><b>ALTA TEMPERATURA DE AGUA DE CIRCULACIÓN DE ENTRADA AL CONDENSADOR</b></p>	<p>BAJA EFICIENCIA DE BOMBA DE AGUA DE CIRCULACIÓN</p>	<p>CAVITACIÓN DE BOMBA</p>	<p>BAJO NIVEL PILETA</p>	<p>DREN ABIERTO CERRADO RETORNO ENFRIAMIENTO AUXILIARES</p>
			<p>VÁLVULA DE DESCARGA DE BOMBA ESTRANGULADA</p>	<p>FALLA EN SISTEMA INT. LÓGICA FALLA INTERNA DE VÁLVULA</p>
		<p>BAJO AMPERAJE DE BOMBA</p>	<p>REJILLAS TAPADAS</p>	<p>SUCIEDAD EN REJILLAS</p>
			<p>FALLA MECÁNICA DE BOMBA</p>	<p>RUIDO VIBRACIÓN O CABECEÓ</p>
	<p>BAJA EFICIENCIA TORRE DE ENFRIAMIENTO</p>	<p>BAJO FLUJO EN CORTINA DE CELDAS</p>	<p>ASPERORES TAPADOS</p>	<p>SEDIMENTOS EN ASPERORES</p>
			<p>MALA DISTRIBUCIÓN DE AGUA A CELDAS</p>	<p>VÁLVULA DE CELDA ESTRANGULADA</p>
		<p>FALLA VENTILADORES TORRE DE ENF.</p>	<p>FALLA ELÉCTRICA</p>	<p>DISPARO DE INTERRUPTOR DEL MOTOR DISPARO DE BUS</p>
			<p>FALLA MECÁNICA VENTILADORES DE TORRE DE ENF.</p>	
	<p>FALLA LAZO DE MEDICIÓN</p>	<p>FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</p>	<p>TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE</p>	
			<p>CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)</p>	
			<p>INSTRUMENTO DESCALIBRADO</p>	

<p><b>ALARMA 2</b></p> <p><b>ALTA TEMPERATURA AGUA EN POZO CALIENTE</b></p>	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
			CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO)
			INSTRUMENTO DESCALIBRADO
	ALTA CARGA TÉRMICA EN CONDENSADOR	FLUJO EXCESIVO DE DRENAJES DE VAPOR	FALLA TRAMPAS DE VAPOR
		ALTO FLUJO DE VAPOR PRINCIPAL	BY PASS DE TRAMPAS ABIERTO
	BAJO VACIO EN CONDENSADOR PRINCIPAL	<b>CONEXIÓN CON ALARMA 3</b>	
BAJO FLUJO AGUA ENFRIAMIENTO	BAJA EFICIENCIA DE BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN	<b>CONEXIÓN CON CONDICIÓN DE ALARMA 1</b>	

La adquisición del conocimiento generó un total de 16 tablas de este tipo, las cuales pueden observarse en el Apéndice B (Sección B.1) de este documento.

El siguiente paso de la ingeniería de conocimiento fue interpretar y refinar el conocimiento adquirido del experto, lo cual sirve para tener un mejor manejo y entendimiento de la información, y así poder obtener el conjunto de reglas que conformen la base de conocimiento. Una herramienta gráfica muy efectiva para plasmar el conocimiento son los “mapas de conocimiento”, estos son diagramas que facilitan la interpretación de las relaciones entre los elementos claves del dominio del problema.

La herramienta que se utilizó para este propósito son los “diagramas de dependencia”<sup>[38]</sup> donde los elementos están vinculados por una relación de dependencias; en la siguiente figura se muestra un esquema general de un diagrama de dependencias.



*Figura 3.21 Ejemplo de esquema de un diagrama de dependencias.*

Utilizando esta herramienta para esquematizar la alarma 1 presentada en la tabla anterior, se obtendría el diagrama de dependencias que se presenta en la figura 3.22.

### **BASE DE CONOCIMIENTO**

Como se ve en el diagrama de dependencias de la figura 3.22 conocimiento proporcionado por los expertos; es más entendible y estructurado, por lo mismo es posible obtener las reglas, las cuales conforman la base de conocimiento del modulo experto.

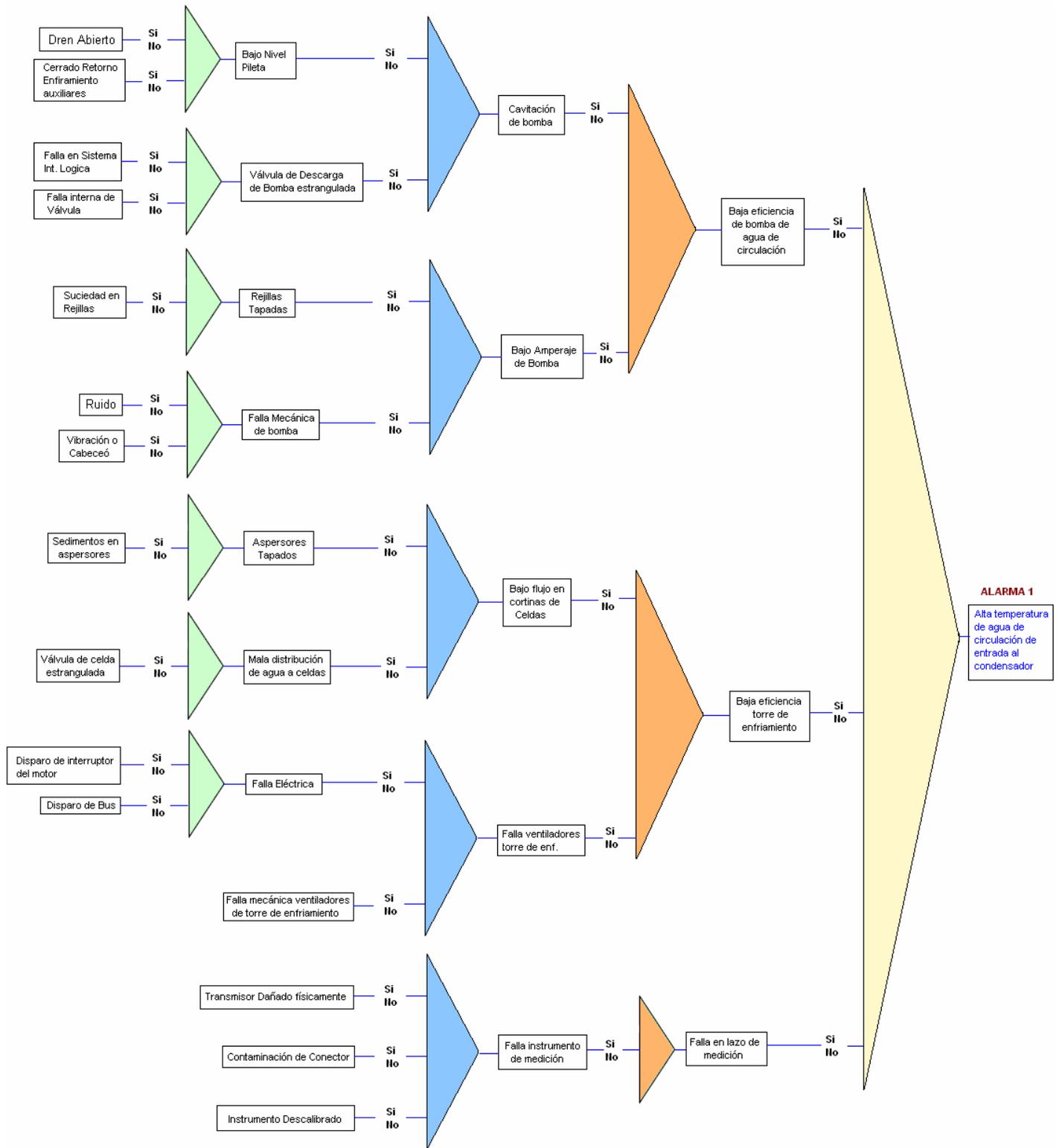


Figura 3.22 Diagrama de dependencias de Alarma 1.

Las reglas se pueden obtener de forma directa en un diagrama de dependencias, ya que cada una de sus dependencias representa una regla, continuando con el ejemplo de la alarma 1, se presentan a continuación las reglas que corresponden a este diagrama.

### **REGLA 1:**

- IF “Baja eficiencia de bomba de agua de circulación” OR “baja eficiencia torre de enfriamiento” OR “Falla en lazo de medición” THEN “alta temperatura de agua de circulación de entrada al condensador”

### **REGLA 2:**

- IF “Cavitación en bomba” OR “Bajo amperaje de bomba” THEN “Baja eficiencia de bomba de agua de circulación”

### **REGLA 3:**

- IF “Bajo Nivel Pileta” OR “Válvula de Descarga de bomba estrangulada” THEN “Cavitación de Bomba”

### **REGLA 4:**

- IF “Dren Abierto” OR “Cerrado Retorno Enfriamiento auxiliares” THEN “Bajo Nivel Pileta”

### **REGLA 5:**

- IF “Falla en Sistema Int. Lógica” OR “Falla interna de válvula” THEN “Válvula de descarga de Bomba estrangulada”

### **REGLA 6:**

- IF “Rejillas Tapadas” OR “Falla Mecánica de Bomba” THEN “Bajo amperaje de Bomba”

### **REGLA 7:**

- IF “Suciedad en Rejillas” THEN “Rejillas Tapadas”

**REGLA 8:**

- IF “Ruido” OR “Vibración o cabeceo” THEN “Falla Mecánica de Bomba”

**REGLA 9:**

- IF “Bajo flujo en cortinas de celdas” OR “falla ventiladores torre de enf.” THEN “Baja eficiencia torre de enfriamiento”

**REGLA 10:**

- IF “Aspersores tapados” OR “Mala distribución de agua a celdas” THEN “Bajo flujo en cortinas de celdas”

**REGLA 11:**

- IF “Sedimentos en aspersores” THEN “Aspersores tapados”

**REGLA 12:**

- IF “Válvula de celda estrangulada” THEN “Mala distribución de agua a celdas”

**REGLA 13:**

- IF “Falla Eléctrica” OR “Falla mecánica ventiladores de torre de enfriamiento” THEN “Falla ventiladores torre de enf.”

**REGLA 14:**

- IF “Disparo de interruptor del motor” OR “Disparo de Bus” THEN “Falla Eléctrica”

**REGLA 15:**

- IF “Falla instrumento de medición” THEN “Falla en lazo de medición”

**REGLA 16:**

- IF “Transmisor dañado físicamente” OR “Contaminación del conector” OR “Instrumento descalibrado” THEN “Falla instrumento de medición”

## MAQUINA DE INFERENCIA

La maquina de inferencia es la parte de un sistema basado en conocimiento que contiene el conocimiento general para la resolución de problemas. La maquina de inferencia aplica el conocimiento para la solución de un problema y actúa como control del sistema<sup>[40]</sup>.

Dependiendo del tipo de esquema de representación del conocimiento adoptado, diferentes tipos de maquina de inferencia son posibles. Dada la forma en que se represento el conocimiento en éste trabajo, se considera que éste es un sistema basado en reglas. En los sistemas basados en reglas, la maquina de inferencia examina hechos y ejecuta las reglas contenidas en la base de conocimiento de acuerdo al procedimiento de inferencia seleccionado. Algunos de los procedimientos de inferencia que comúnmente se encuentran son modus ponens, modus tollens<sup>[40]</sup>; el utilizado en éste trabajo es modus ponens:

- Modus ponens:

$P \Rightarrow Q$  (IF P is TRUE THEN Q is TRUE)

- Modus tollens:

$\text{Not } P \Rightarrow \text{Not } Q$  (IF P is not TRUE THEN Q is not TRUE)

## ESTRATEGIAS DE RAZONAMIENTO

El razonamiento con reglas de producción puede proceder de distintas formas de acuerdo al procedimiento de inferencia<sup>[40]</sup>, las dos estrategias mas utilizadas son:

- Encadenamiento hacia delante.
- Encadenamiento hacia atrás.

## **ENCADENAMIENTO HACIA DELANTE**

En este caso se comienza con un conjunto de hechos (o datos) y se busca, en las reglas contenidas en la base de conocimiento, aquellas que contienen uno o más de estos hechos en su parte IF. Cuando estas reglas son encontradas, una de estas es seleccionada en base a un apropiado criterio de resolución de conflictos y disparada. Esto genera nuevos hechos en la base de conocimiento, los cuales se tornan en causas de otras reglas a disparar. El razonamiento se detiene cuando ninguna reglas puede ser disparada <sup>[40]</sup>.

## **ENCADENAMIENTO HACIA ATRÁS**

En éste tipo de estrategia se comienza con la hipótesis que debe probarse y trata de establecer los hechos necesarios para probar está, examinado las reglas que tienen la hipótesis (objetivo) que se desea probar en su parte THEN. Si los hechos necesarios no se encuentran en la base de conocimiento, estos se convierten en sub-hipótesis (sub-objetivos). El proceso continua hasta que todos los hechos requeridos son encontrados, caso en el cual la hipótesis es probada, o la situación contraria cuando una de las sub-hipótesis no puede ser probada, caso en el cual la hipótesis principal es desaprobada.

Se eligió para la maquina de inferencia de este módulo utilizar la estrategia de razonamiento de encadenamiento hacia atrás, dado que una alarma puede tomarse como un hipótesis, y lo que queremos encontrar es el hecho que genero que esta hipótesis sucediera

Los árboles AND/OR son ampliamente usados en la literatura de computación para explicar el proceso de inferencia, continuando con el ejemplo de alarma 1 se crea el siguiente árbol para explicar el proceso de inferencia que se lleva acabo en el módulo experto.

El árbol comienza a partir de la regla 1, cuando sucede esta alarma el encadenamiento hacia atrás genera tres sub-hipótesis que son los hechos contenidos en la parte IF de la regla, y al verse en la necesidad de probar estas nuevas sub-hipótesis para poder probar la hipótesis original el

mecanismo de inferencia comienza a recorrer los nodos del árbol que se presenta en la figura 3.23.

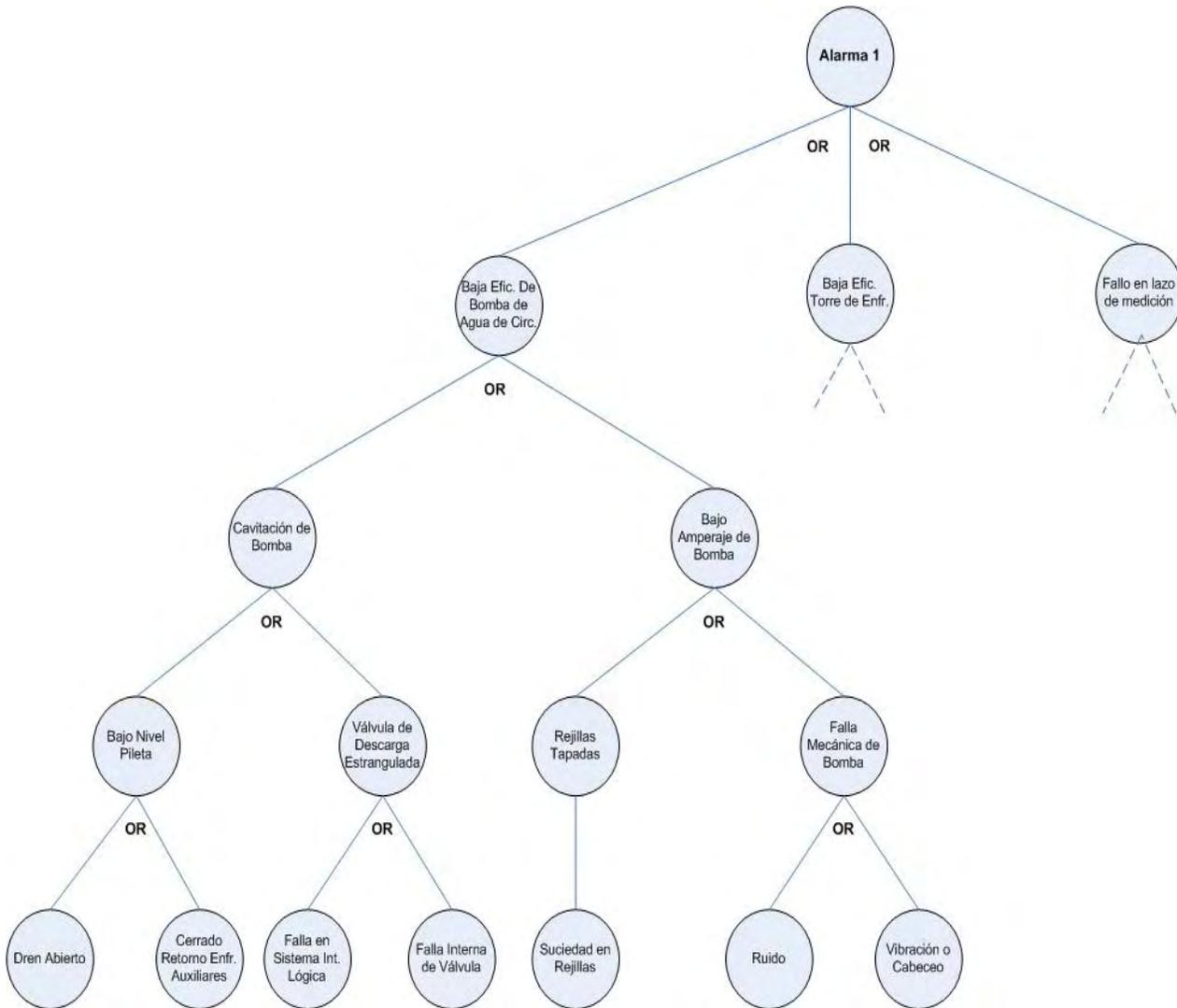


Figura 3.23 Árbol AND/OR para reglas de alarma 1.

El encadenamiento hacia atrás (o top-down) comienza el recorrido desde el punto mas alto del árbol (nodo origen) y lo recorre de izquierda a derecha, hasta llegar a cualquiera de los nodos finales (parte mas bajo y final del árbol), en este punto el módulo busca la comprobación de este hecho preguntándole al usuario del sistema; todos los nodos finales de este árbol y de los que componen el sistema, son hechos que el usuario (monitorista) debe proporcionar como verdaderos o falsos, y son hechos fácilmente comprobables vía observación.

Por ejemplo si se dispara ésta alarma (alarma 1) el recorrido de la maquina de inferencia seria el siguiente:

Se crean la siguientes sub- hipótesis: “Baja efic. Bomba de agua de circulación” , “baja eficiencia torre de enfriamiento” y “falla en lazo de medición”, como el árbol se recorre de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; la primera sub-hipótesis que se busca corroborar es “Baja efic. Bomba de agua de circulación”.

Ésta genera dos sub-hipótesis mas: “cavitación de bomba” y “bajo amperaje de bomba”; al tratar de probar la sub-hipótesis “Cavitacion de bomba” se generan otras dos sub-hipótesis: “bajo nivel pileta” y “válvula de descarga estrangulada”; al tratar de probar la sub-hipótesis “bajo nivel pileta” se llega a dos hechos, estos son hechos por que son nodos finales del árbol, lo que hace el modulo a continuación es tratar de averiguar cual de estos hechos es cierto, así que preguntara por el primero “El dren esta abierto”, si la respuesta es si, entonces efectúa el camino de regreso probando todas sus sub-hipótesis hasta llegar a la primera con lo cual se encuentra el hecho que genera dicha alarma (prueba hipótesis); si la respuesta es no preguntara por el siguiente hecho contenido en ese nodo “Cerrado retorno enfriamiento auxiliares” si la repuesta es si hace lo mismo que el caso anterior; si fuera no pone la sub-hipótesis “bajo nivel pileta” como falsa y trata de comprobar la sub-hipótesis que sigue; este proceso lo hace hasta que encuentre un hecho que justifique la hipótesis principal o hasta que termina de recorrer el árbol (reglas), caso en el cual no hallaría una solución.

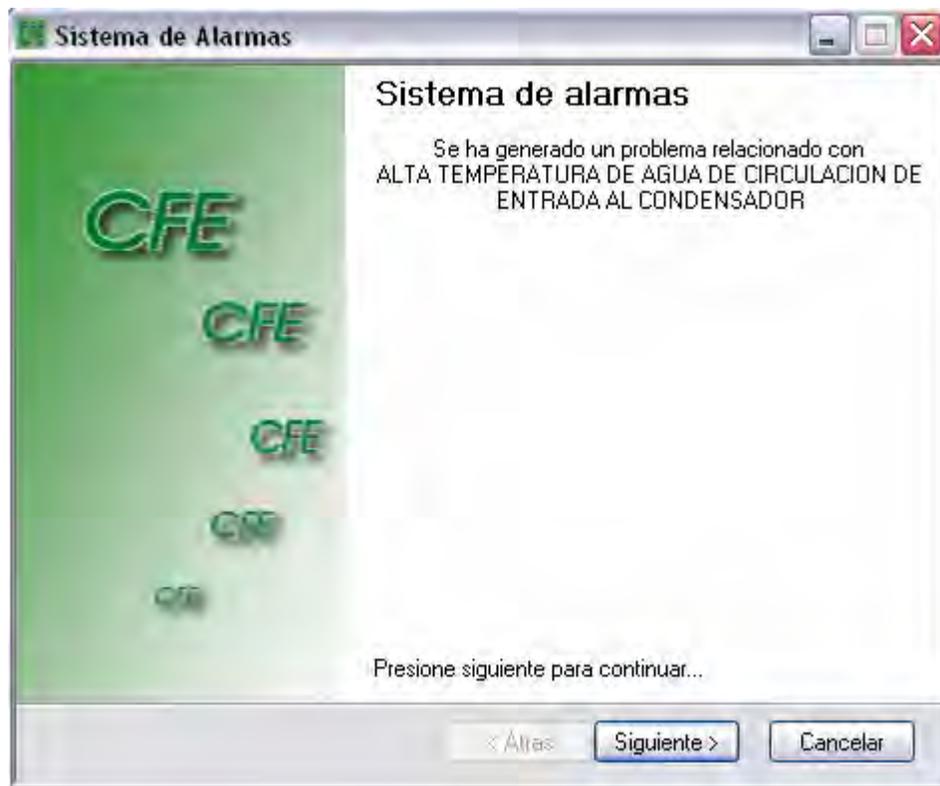
También de los expertos se obtuvo el conocimiento de las soluciones a las distintas fallas que se puedan presentar; una vez encontrado el hecho que genero dicha alarma se recomienda la acción a tomar para tratar de solucionar el problema o minimizar el impacto en el proceso; a continuación se presenta una de estas tablas de recomendaciones obtenidas de la experiencia de los expertos.

PROBLEMA	RECOMENDACIÓN
DREN ABIERTO	CERRAR
CERRADO RETORNO ENFRIAMIENTO AUXILIARES	ABRIR
FALLA EN SISTEMA INTERPOSICIÓN LÓGICA	ABRIR VÁLVULA CON MECANISMO MANUAL
FALLA INTERNA DE VÁLVULA	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
SUCIEDAD EN REJILLAS	PROGRAMAR LIMPIEZA DE REJILLAS
RUIDO	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
VIBRACIÓN O CABECEO	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
SEDIMENTOS EN ASPERSORES	PROGRAMAR LIMPIEZA DE ASPERSORES Y AJUSTAR CARGA
VÁLVULA DE CELDA ESTRANGULADA	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y PROGRAMAR REPARACIÓN
DISPARO DE INTERRUPTOR DEL MOTOR	AJUSTAR CARGA, EFECTUAR REVISIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROTECCIÓN OPERADA.
DISPARO DE BUS	AJUSTAR CARGA, EFECTUAR REVISIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROTECCIÓN OPERADA.
FALLA MECÁNICA VENTILADORES DE TORRE DE ENF.	AJUSTAR CARGA EFECTUAR REVISIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN

El total de las tablas de recomendación se muestra en el Apéndice B (Sección B.3).

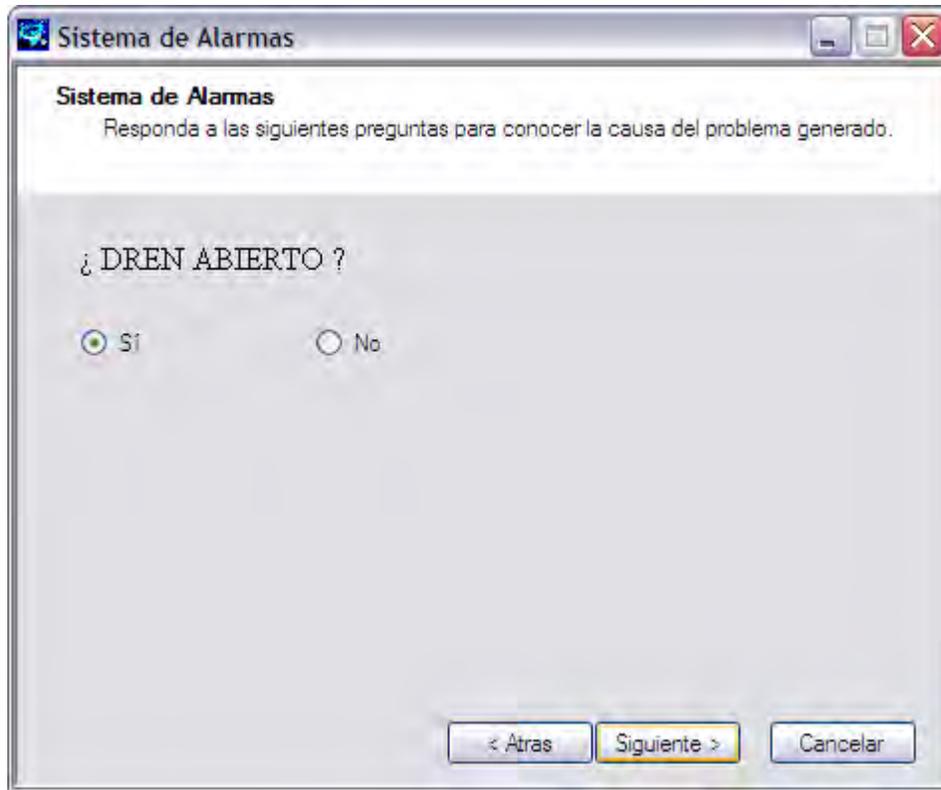
## INTERFAZ DE USUARIO

El sistema experto estará monitoreando los parámetros de operación y cuando exista un valor fuera de rango (tabla de rangos en Apéndice B (Sección B.3), desplegará una pantalla emergente indicando el problema por el cual se suscitó esta alarma, la pantalla para la alarma 1 se muestra en la siguiente figura.



*Figura 3.24 Pantalla para disparo de Alarma 1.*

Una vez que el operador ve esta alarma puede dar clic en siguiente, donde la maquina de inferencia comenzara con el proceso de razonamiento hasta requerir la intervención del usuario para corroborar la veracidad o falsedad de un hecho; la intervención del usuario será mediante preguntas a las que puede responder “si” o “no”, las cuales van alimentando al sistema con los hechos que requiere para poder encontrar en su base de reglas el motivo de la falla. Llegando a una conclusión y/o recomendación del motivo para la solución del problema.



*Figura 3.25 Ejemplo de pantalla de cuestionario del sistema de alarmas.*

### 3.3 Diseño del Sistema WEB

Para el desarrollo del sistema web, se eligió desarrollarlo y publicarlo utilizando la misma tecnología, es decir LabView, éste cuenta con su servidor de páginas o sistemas vía web denominado G web Server, y su herramienta de programación para Internet basada en html. Esta elección se debió principalmente a tres razones, 1) contar con una sola licencia de desarrollo tanto para el sistema local como para el sistema web, 2) tener la medición o valores de los parámetros de operación de la planta en tiempo real, y 3) poder reutilizar el código (módulos) ya creado para el sistema local en el desarrollo del sistema web.

Tomando en cuenta esta reutilización de código es fácil documentar el diseño y la implementación del sistema web ya que en muchos casos solo utilizaremos los módulos que se requieran y que ya están creados, por lo cual en esta parte de diseño web se harán muchas referencias a la documentación ya creada para los módulos del sistema local en lugar de repetir la esta.

## DIAGRAMA GENERAL DE CASOS DE USO DEL SISTEMA WEB

A continuación se muestra el diagrama general de casos de uso del sistema web, en el cual se exponen de manera general las actividades que se permitirá realizar a los usuarios remotos del sistema.

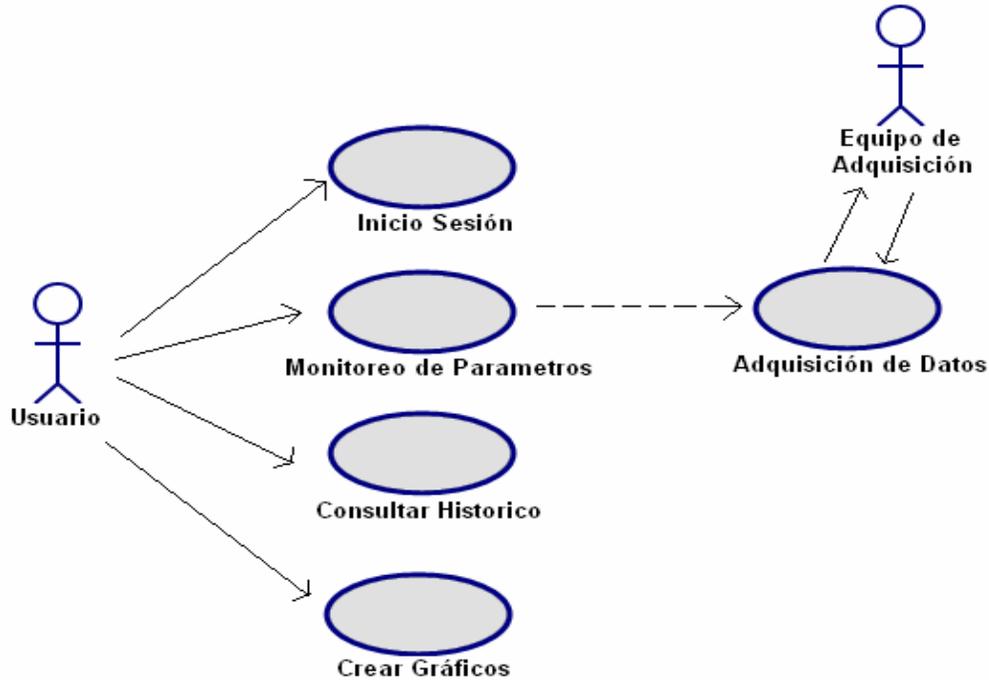


Figura 3.26 Diagrama General de Casos de Uso del Sistema Web.

## ACTORES Y DETALLE DE CASOS DE USO

### Actor

<b>Actor</b>	Usuario
<b>Casos de Uso</b>	Inicio Sesión, Consultar Histórico, Monitoreo de Parámetros, Crear Gráficos
<b>Tipo</b>	Primario
<b>Descripción</b>	Es un actor principal que representa a cualquier persona que utiliza el sistema para monitoreo de los parámetros de operación de la planta de forma remota es decir a través de la intranet de CFE, consulta de históricos y crea gráficos.

## Casos de Uso

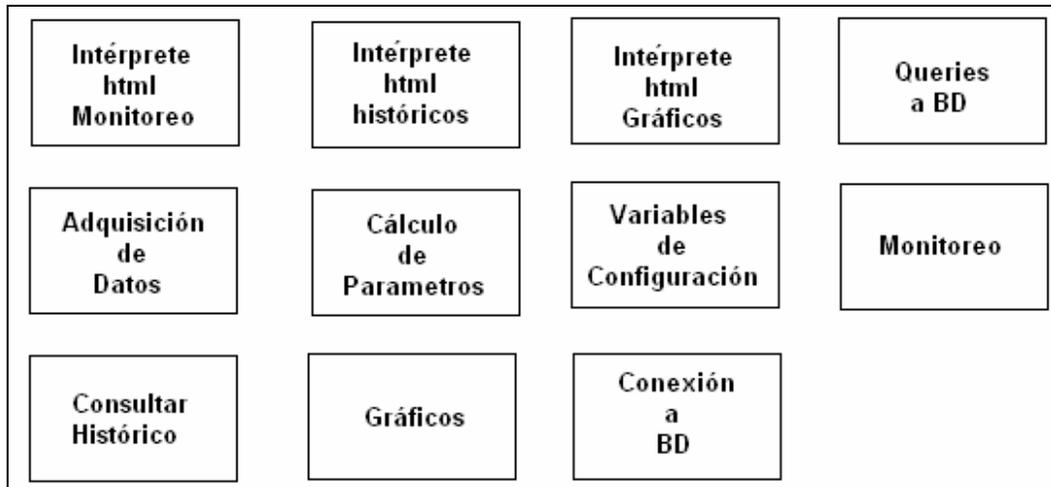
Como se puede observar del diagrama los casos de uso son iguales a los de el sistema local con excepción del caso “Crear Gráficos” el cual describiremos a continuación; para el resto de los casos de uso (“Inicio Sesión”, “Monitoreo Parámetros”, “Consultar Históricos” y “Adquisición de Datos”) se puede referir a lo ya definido en este mismo capítulo para el sistema local, solo tomando en cuenta que estos casos de uso deben ser interpretados para un ambiente web.

### CASO DE USO: CREAR GRÁFICOS

<b>Caso de Uso</b>	Crear Gráficos
<b>Actores</b>	Usuario
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Permitir al usuario crear gráficos de los valores almacenados en la BD de los parámetros de operación de la planta para un periodo en días o meses de su elección.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el usuario al dar clic en la “liga” gráficos de la interfaz web del sistema.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe haber iniciado sesión.
<b>Flujo Principal</b>	Se presenta al usuario la página html de gráficos en la cual selecciona el periodo para el cual se desea crear el grafico y también selecciona el o los parámetros que desea graficar; selecciona el número de escalas con el cual desea ver este gráficos y presiona el botón graficar.  La gráfica se despliega en la misma página html y el usuario puede copiarla o exportarla.
<b>Subflujos</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	Ninguna

## MÓDULOS

Dada la reutilización de código de la que hablamos sólo se requiere de añadir tres módulos más para el sistema web, estos son básicamente traductores html, es decir módulos que convierten los datos y respuestas de los módulos operativos a código html para publicarlo en un navegador web. Los módulos que componen el sistema web son los siguientes.



*Figura 3.27 Módulos que compondrán el sistema Web.*

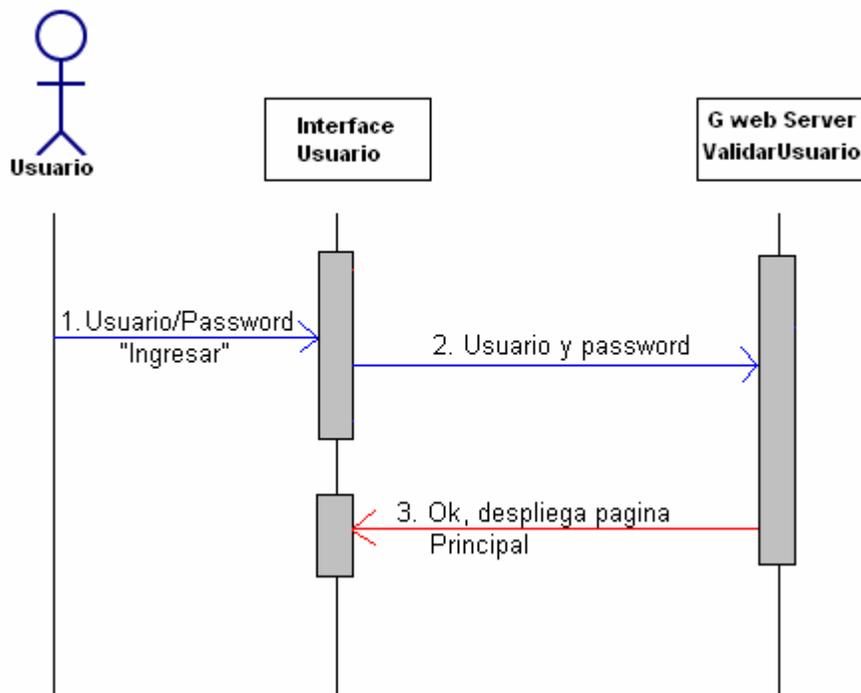
Como se puede observar en la figura anterior con excepción de tres módulos intérpretes de html, los otros fueron utilizados para el sistema local descrito anteriormente en este mismo capítulo.

## DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Los diagramas de secuencia de los casos de uso por obvias razones son muy similares aunque cambian su funcionalidad en base a qué su uso esta destinado a navegadores web y código html.

### CASO DE USO: INICIO SESIÓN

Este caso de uso se minimiza o es operativamente básico gracias a que el servidor html de LabView “G web Server” trae su propia herramienta que gestiona el inicio de sesiones y la validación de usuarios.



*Figura 3.28 Diagrama de secuencia caso de uso inicio de sesión sistema web.*

### CASO DE USO: MONITOREO DE PARÁMETROS

En este caso es casi idéntico al del sistema local solo se cambia el bloque interface usuario y manejador monitoreo por “Navegador” e “intérprete html Monitoreo” respectivamente.

### CASO DE USO: HISTÓRICO USUARIOS

Al igual que el caso anterior se cambian los bloques de interface usuario y manejador monitoreo por “Navegador” e “intérprete html Históricos” respectivamente; además el bloque exportar Excel no sería incluido ya que vía web no tiene funcionalidad en este sistema.

CASO DE USO: CREAR GRÁFICOS

Aunque este caso de uso no es nuevo es su totalidad ya que el sistema local también crea gráficos; si tiene una operación muy distinta al que tiene en el sistema local; por lo que es importante describirlo a continuación.

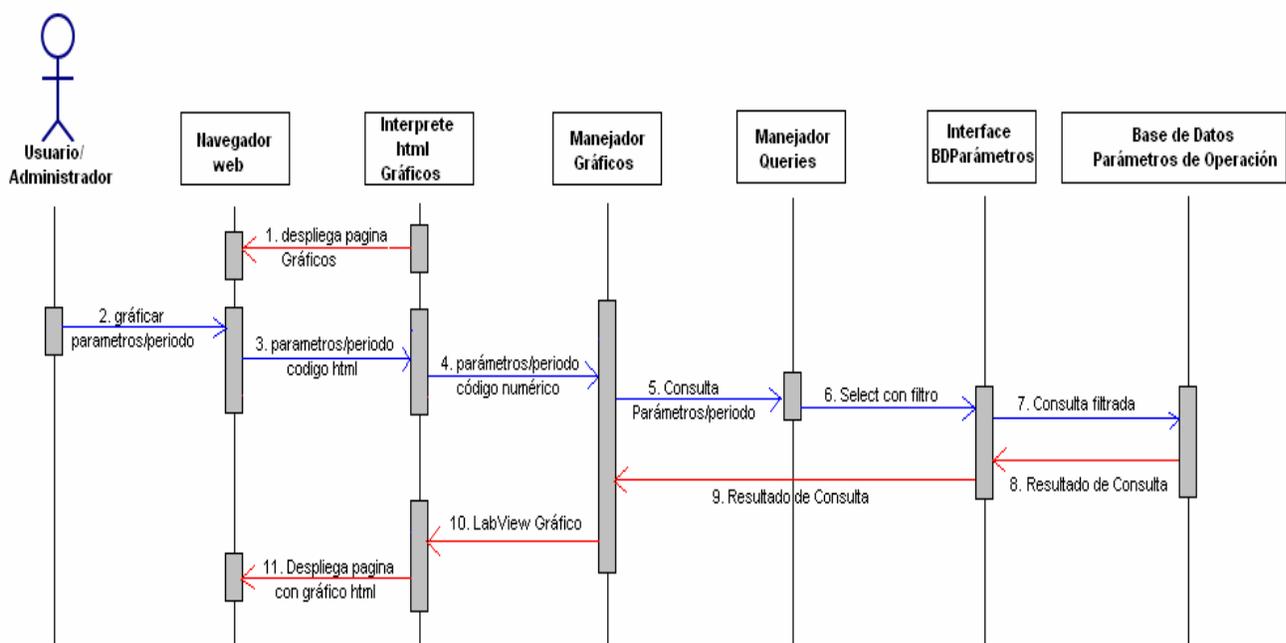


Figura 3.29 Diagrama de secuencia caso de uso crear gráficos sistema web.

Dado lo anterior, se observa que la interfaz web simplemente añadirá tres módulos a su funcionamiento y se reutilizará los módulos ya implementados para el sistema local. Estos módulos tendrán la tarea de transformar los resultados numéricos arrojados por los módulos creados para el sistema local mencionados y ponerlos en código html para publicarlos vía web; la interfaces en este caso son páginas web que se describen a continuación:

Página principal de monitoreo donde se despliegan en tiempo real los parámetros de operación de la planta tanto medidos como calculados por el sistema.



Figura 3.30 Página principal del sistema web monitoreo de parámetros de operación de la planta.

Página de consulta de históricos, en la cual se despliega al usuario una pantalla con los valores de los parámetros de operación de la planta almacenados en la base de datos, para el periodo de su elección.



Figura 3.31 Página de consulta de históricos de los parámetros de operación de la planta.

Página para la creación de gráficos a partir de datos históricos de los parámetros de operación de la planta para un periodo dado, con un número de ejes seleccionado.

The screenshot displays a web browser window with the following elements:

- Browser Title:** <DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C/DTD XHTML 1.0 Transitional/EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD - Microsoft Internet Explorer
- Address Bar:** http://132.248.36.13:800/cgi-bin/cfeweb/unidad7.lib/wavecgl\_hist.vi
- Page Header:**
  - CFE Una empresa de Clase Mundial
  - LAPEM GEO SISTEMA DE GESTIÓN VIRTUAL PARA PLANTA GEOTERMoeLECTRICA
  - Logos for CONACYT and UNAM-CCADET
  - Date and Time: Martes 15 de Abril de 2008 4:09:11 PM
- Left Navigation Menu:**
  - Principal
  - Históricos
  - Graficos
  - Unidad No 13
  - Salir
  - Central Geotermoelectrónica
  - Los Azufres
  - UNIDAD No 7
  - Capacidad 50 MW
- Main Content Area:**
  - Section: GRÁFICOS
  - Date Range: De: 1-Abril, 2008 Hasta: 30-Abril, 2008
  - Section: Seleccione la(s) variable(s) a Graficar
  - Form with checkboxes for:
    - Régimen Térmico: Bruto, Neto (checked), Turbina
    - Consumo Específico: Bruto, Neto, Turbina
    - Eficiencia: Bruto, Neto, Turbina
    - Flujo: Venturi, Turbina, Eyectores, Condensados
    - Other options: Entalpia, Incondensables, T. Entrada, P. Entrada, ΔP Venturi, TI. Turbina A., TI. Turbina B., PI. Turbina A., PI. Turbina B., Pot. Neta, T. Escape, P. Vacio, ΔP Eyectores, T. Pozo Caliente, TI. Cond A, TI. Cond B, T0. Cond A, T0. Cond B, Pot. Bruta, PI. Eyectores, # Escalas en eje Y: 2
  - Button: GRAFICAR
  - Graph Title: Grafica de: 1- Abril, 2008 a 30- Abril, 2008
  - Graph Y-axis labels: 9.8, 9.75, 9.7
  - Graph Legend: RT.Netto[kcal]

Figura 3.32 Página de creación de gráficos de los parámetros de operación de la planta.

# CAPÍTULO 4.

## Implementación y Pruebas del Sistema

### 4.1 Implementación del Sistema

Este capítulo se abordará de manera breve, dado que la programación en LabView es más bien de tipo gráfico que código escrito, la forma en que se implementaron los módulos, tanto del sistema local (sistema inteligente) como del sistema web. La aplicación fue programada en su totalidad bajo la plataforma de LabView, a excepción del módulo de alarmas (modulo Experto) que se implementó en lenguaje C#.

La descripción de la implementación fue por módulos; en este documento se anexa la imagen del “código” en LabView. Los módulos que cuentan con representación en pantallas, y la imagen de ésta.

#### *4.1.1 Implementación del Sistema Local.*

#### **Módulo: InterfaceUsuario**

Este módulo es básicamente un manejador de ventanas, el cual se basa en manejar eventos, de acuerdo al evento despliega la pantalla correspondiente. A continuación se muestra la implementación en LabView <sup>[31][36]</sup>.





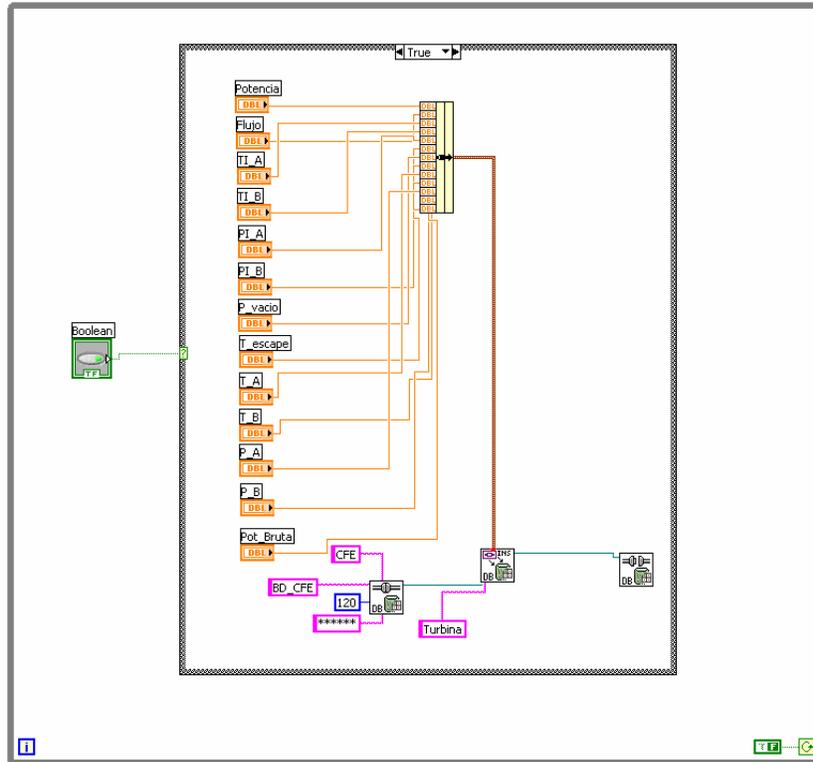


Figura 4.3 Código LabView para módulo InterfaceBDparámetros.

El módulo recibe o lee los valores de las variables o parámetros correspondientes al sector, en este caso la turbina, para lo cual, mediante un control booleano se permite la ejecución o no la acción.

### Módulo: InterfaceBDAlarmas

Este módulo fue en el utilizando el lenguaje de programación C#; el código es como sigue:

```
string cnn = "server=Server-CFE; database= CFE" ; uid=cfe;
password="*****";
string consulta = "SELECT * FROM ALARMAS";

SqlConnection conexion = new SqlConnection();
conexion.ConnectionString = cnn;

string sSel = consulta;

SqlDataAdapter da;

DataTable dt = new DataTable();
```

```

try
{
    da = new SqlDataAdapter(sSel, conexion);
    da.Fill(dt);
    this.GridView1.DataSource = dt;
    //this.GridView1.DataBind();
    LabelInfo1.Text = String.Format("Total de Columnas: {0}",
        dt.Columns.Count);
    LabelInfo2.Text = String.Format("Total de Filas: {0}",
        dt.Rows.Count);
}
catch (Exception ex)
{
    LabelInfo1.Text =
        "Error: " + ex.Message;
}

```

### Módulo: InterfaceBDConfiguración

Este módulo se encarga de la comunicación entre la BD de configuración y el sistema; el código es el siguiente:

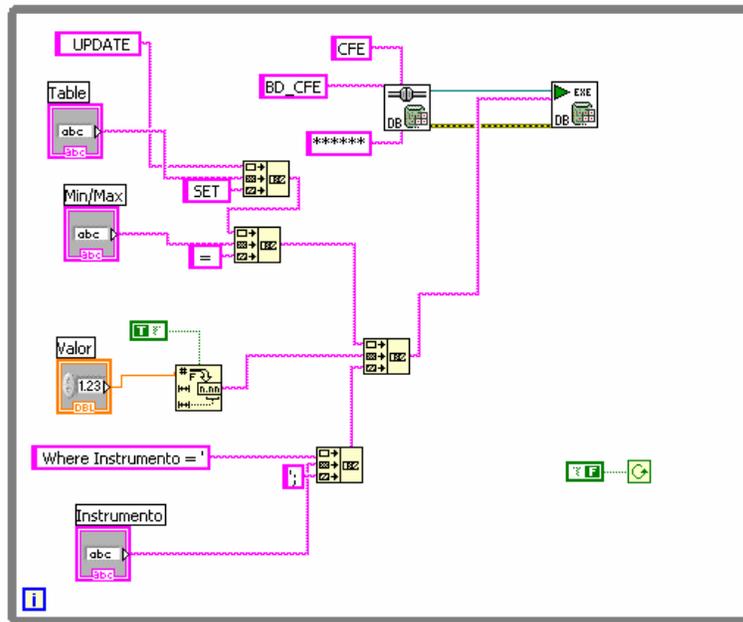


Figura 4.4 Código LabView para módulo interfaceBDConfiguración.

Sus variables de entrada son el nombre del instrumento y los valores (mínimo y máximo) a elegir.

### Módulo: InterfaceAdquisicionDatos

Este módulo se encarga de la comunicación entre el equipo de adquisición de datos (field point) y el sistema, recuperando valores de la señal de los instrumentos en miliAmperes.

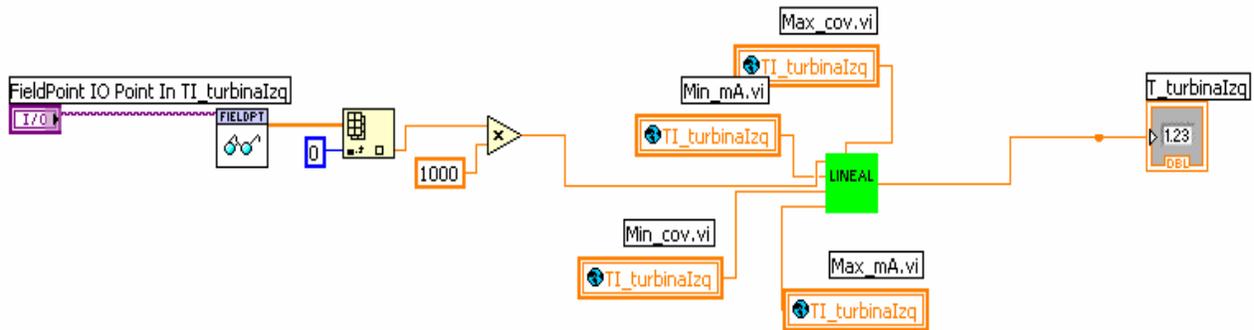


Figura 4.5 Código LabView para el móduloInterfaceAdquisicionDatos.

El módulo lee directamente, del equipo “field point”, la señal o valor en miliAmpers de cada uno de los instrumentos de medición instalados.

### Módulo: ManejadorArranqueSistema

Este módulo se encarga de cargar, en variables locales y globales todos lo parámetros de configuración que requiere el sistema, así como el arranque de todos los módulos y funcionalidades necesarias del mismo.



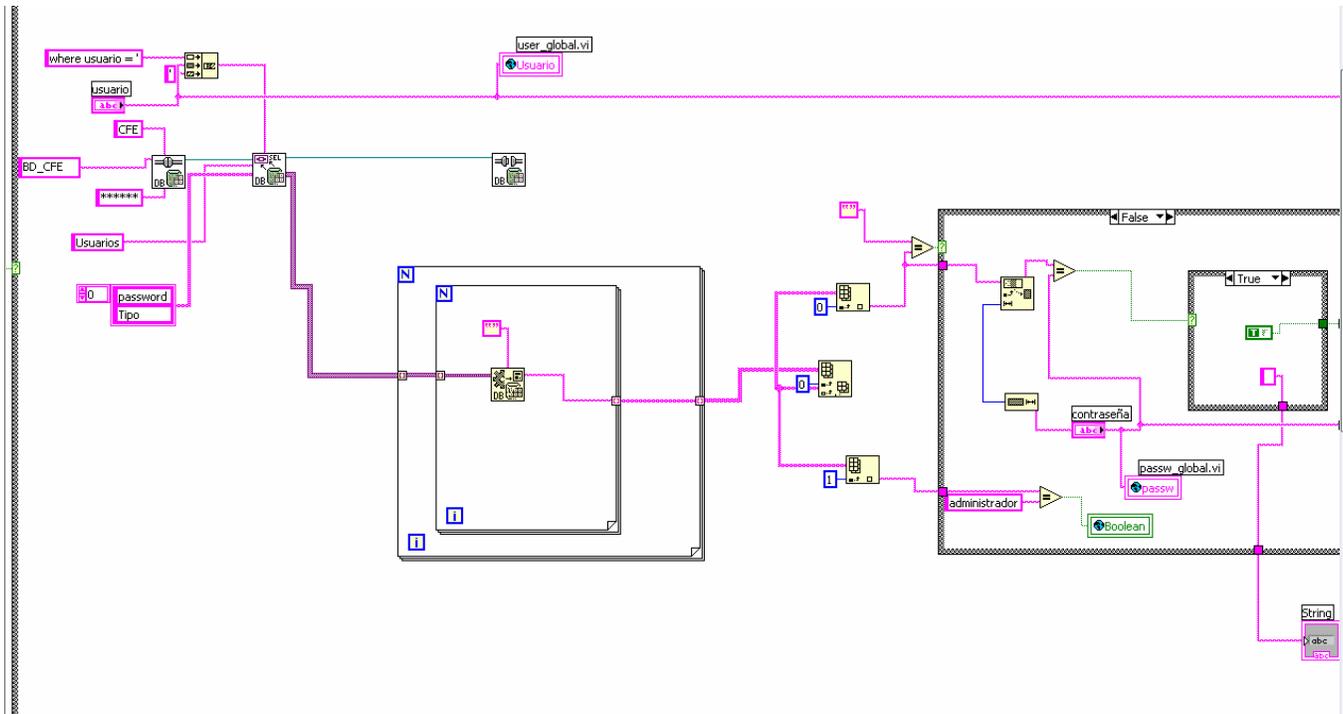


Figura 4.7 Código LabView para módulo manejador de ValidarUsuario.



Figura 4.8 Pantalla de Inicio del Sistema.

Con la programación mediante LabView se puede desarrollar al mismo tiempo tanto el código como interfaz grafica, puesto que permite un desarrollo similar al ofrecido por Microsoft Visual Studio, es decir, se dispone de botones, cajas de texto, etc. que son conocidos como eventos.

### Módulo: ManejadorAdministración

Este módulo permite al administrador del sistema (super-usuario) cambiar ciertos parámetros de la configuración del sistema, así como agregar o eliminar usuarios y salir del sistema. Este módulo cuenta con una pantalla o interfaz grafica para la captura de variables de entrada, como: “nombre de usuario” y “contraseña”.

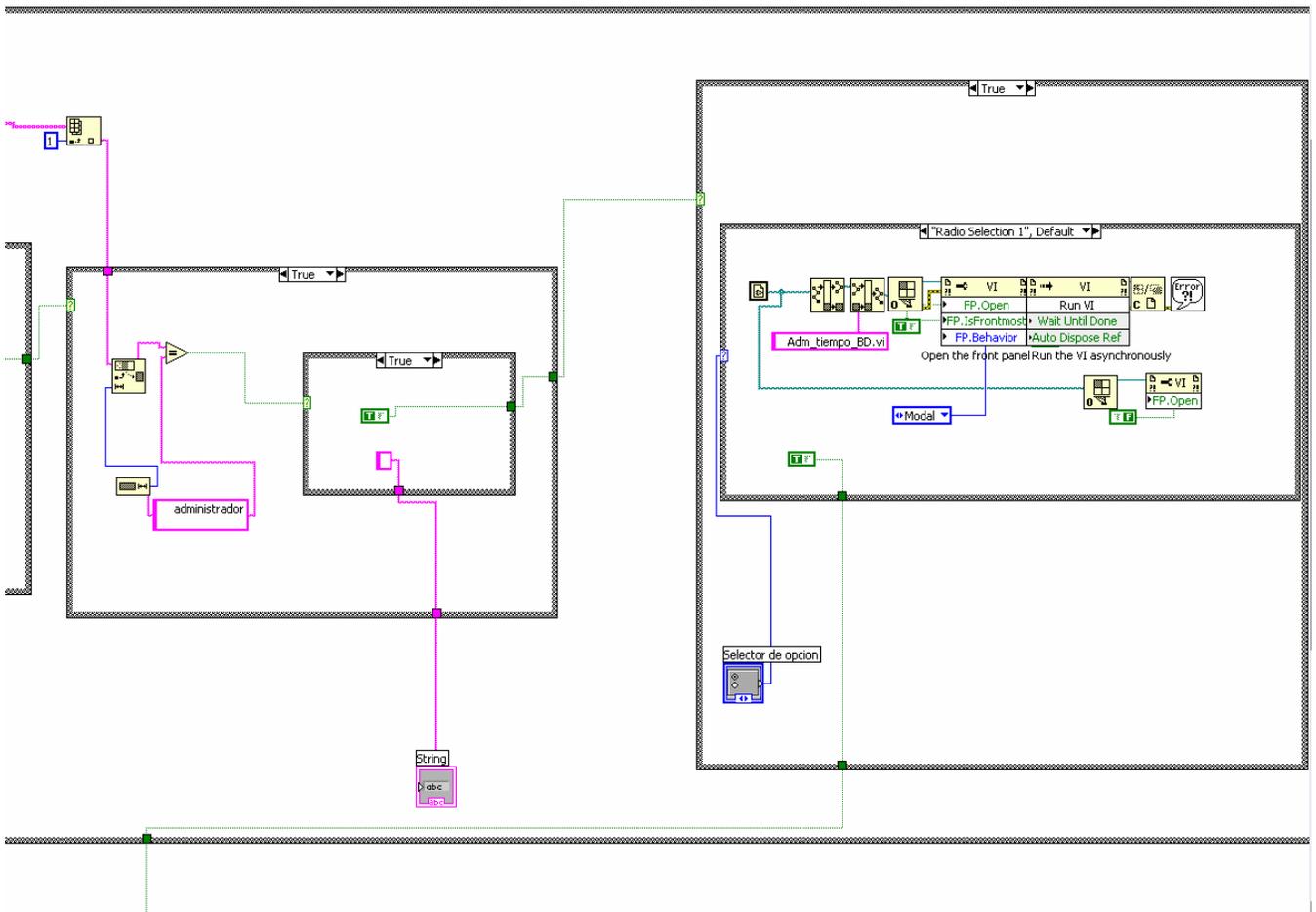


Figura 4.9 Código LabView para módulo manejador de Administración.

**Administración del Sistema**

Usuario:

Contraseña:

**Ingresar**      **Cerrar**

Seleccione Tarea a Realizar

- Cambiar Tiempo de Almacenamiento en Base de Datos
- Cambiar Datos Placa de Orificio de Venturi
- Cambiar Datos Placa de Orificio de Eyectores
- Agregar o Eliminar Usuarios
- Historico de Usuarios del Sistema
- Configuración de Instrumentación
- Salir del Sistema

*Figura 4.10 Pantalla de Administración del Sistema.*

Para verificar el nombre de usuario y contraseña de la persona que desea realizar alguna de las tareas de la administración de usuario, el módulo de administración hace uso del módulo Validar Usuario como se ilustra en la figura 4.10. Asimismo, se observa que para este módulo existen varias opciones a realizar cada una de las cuales cuenta con su pantalla respectiva; y cabe mencionar también que las sub-tareas del módulo fueron descritas como sub-flujos en la documentación de análisis.

### **Módulo: Manejador Monitoreo**

Es el módulo principal del sistema y el más grande en cuanto a código se refiere. Se ocupa de la mayor parte de las tarea de control del sistema y maneja la mayoría de los eventos necesarios para el despliegue de todas las pantallas; además cuenta con la interfaz de monitoreo, que a su vez despliega cada una de las secciones que componen la planta. A continuación se muestra parte del código y algunas de las pantallas.

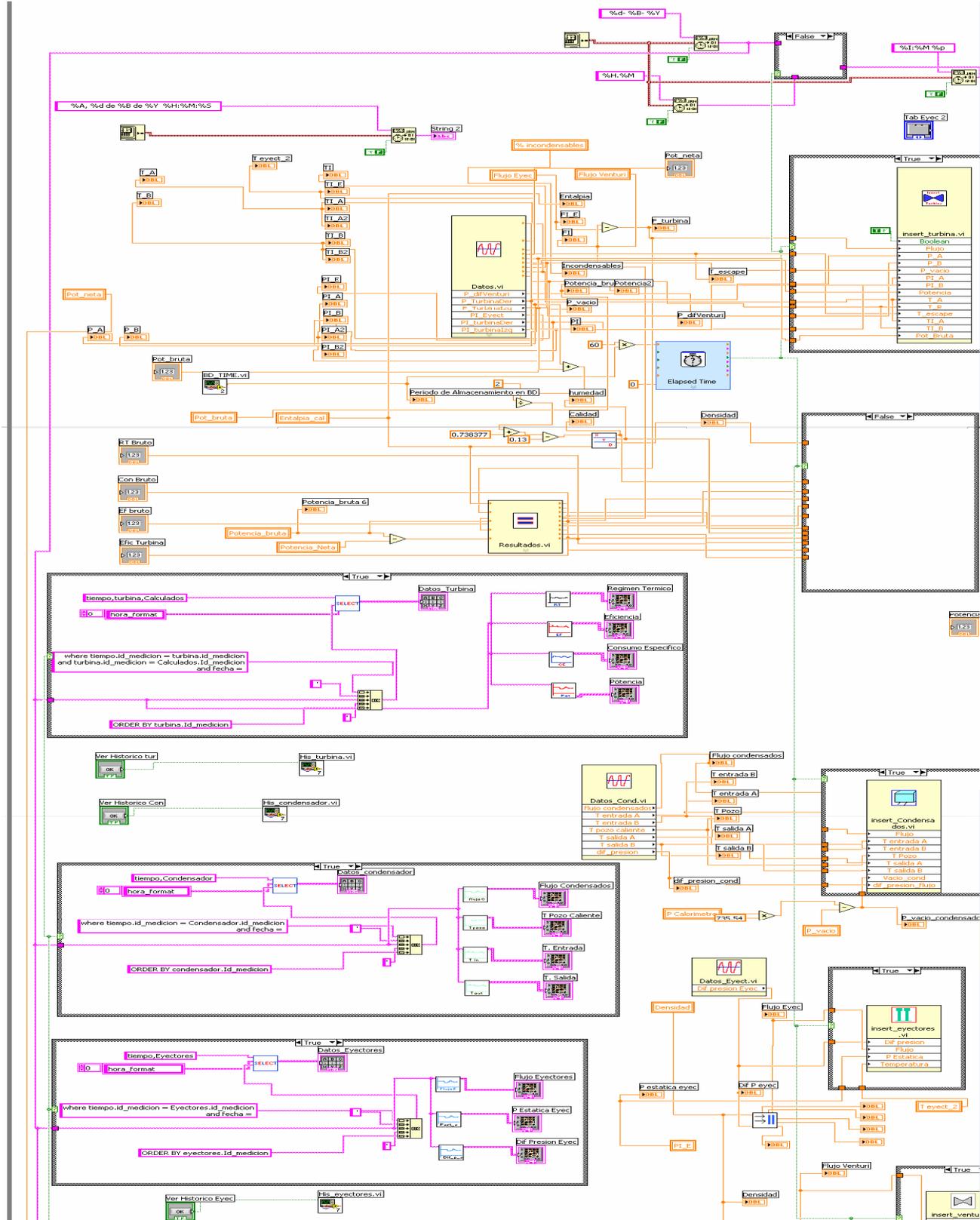


Figura 4.11 Código LabView para módulo manejador de Monitoreo

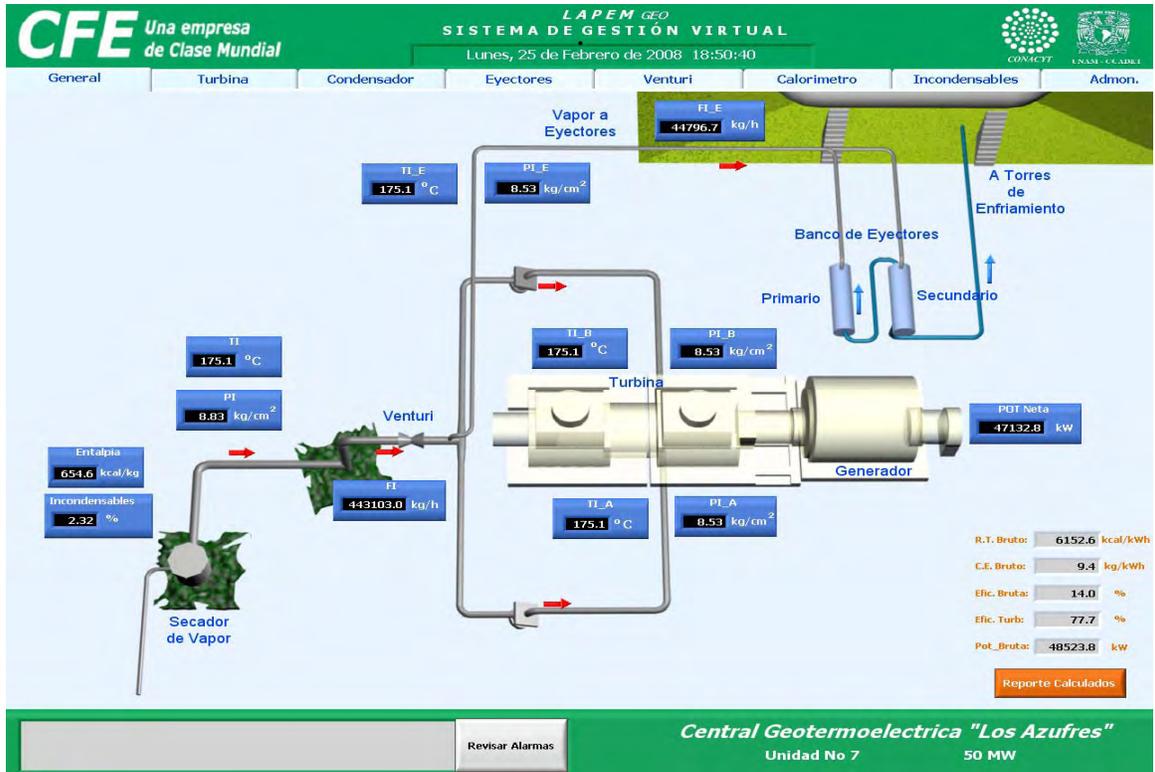


Figura 4.12 Pantalla de Monitoreo Principal del Sistema.

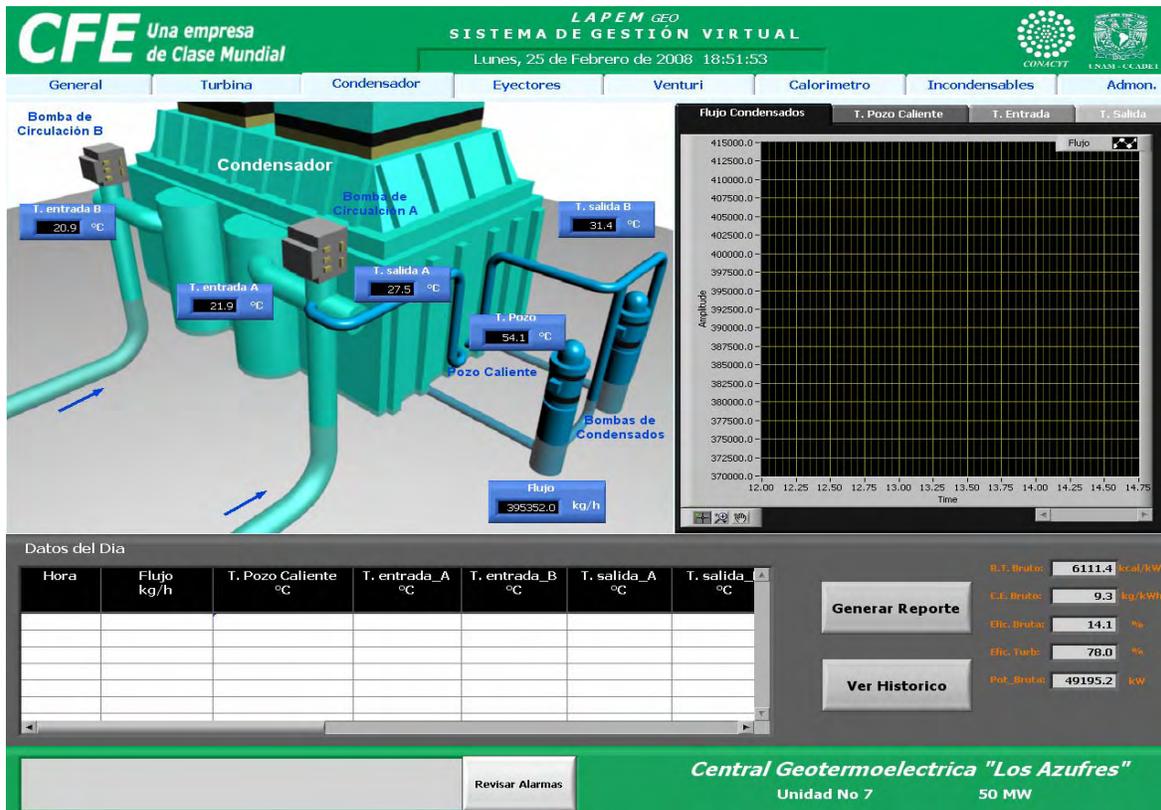


Figura 4.13 Sub-Pantalla de Monitoreo "Condensador" del Sistema.

**Módulo: Manejador GenerarReporte**

Es el módulo que se encarga de hacer consultas filtradas de los parámetros de operación de la planta almacenados en la BD. Los parámetros son elegidos por el usuario de acuerdo a un periodo de tiempo generando un reporte, con los datos solicitados en un archivo Excel. Este módulo al igual que los anteriores, cuenta con una interfaz gráfica.

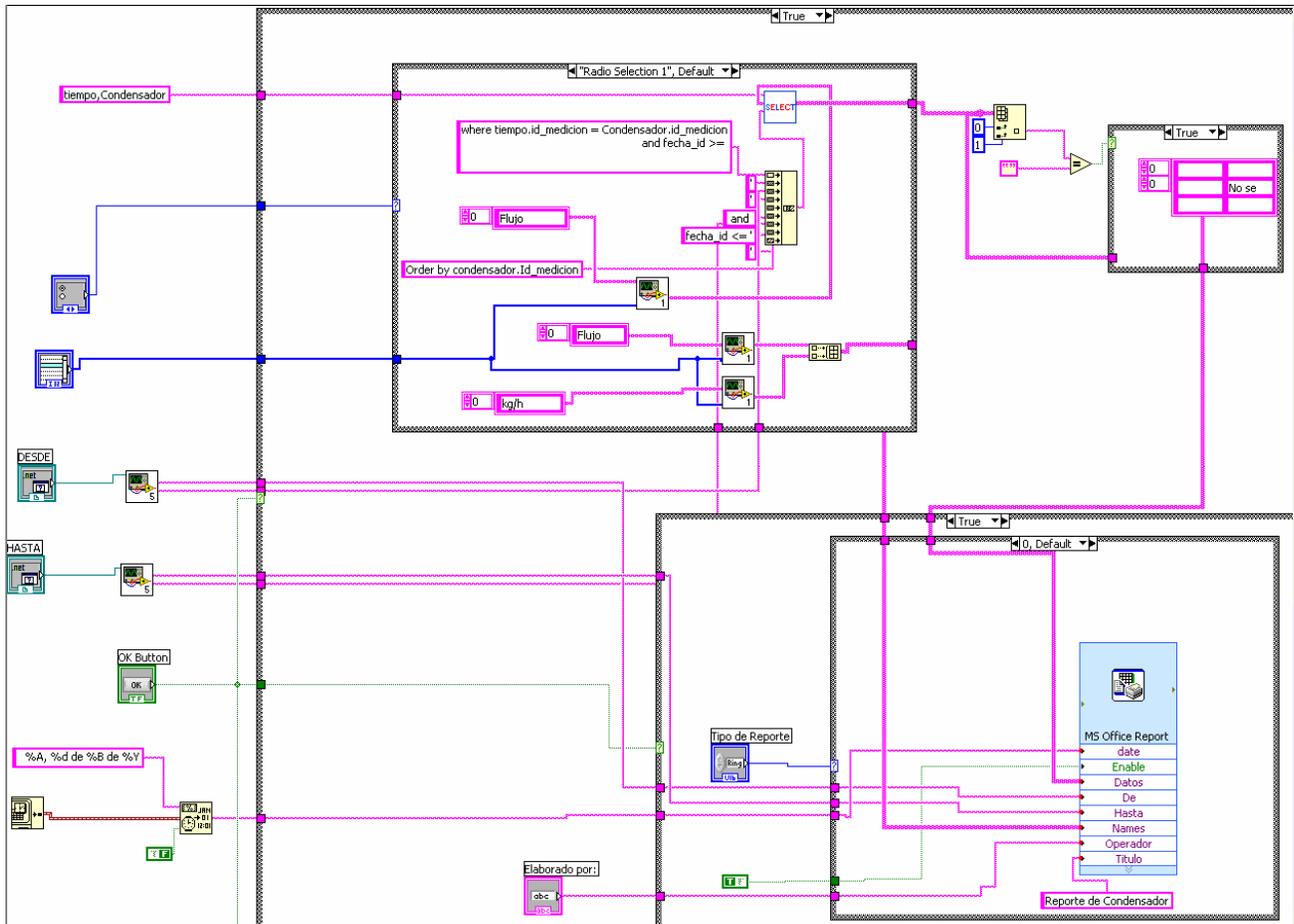


Figura 4.14 Código LabView párale módulo manejador de Generar Reportes.

*Figura 4.15 Pantalla de Generar Reportes del Sistema.*

Este módulo recibe como principales variables de entrada: el periodo del cual se desea obtener el reporte, las variables que debe contener y el nombre de quien lo elabora.

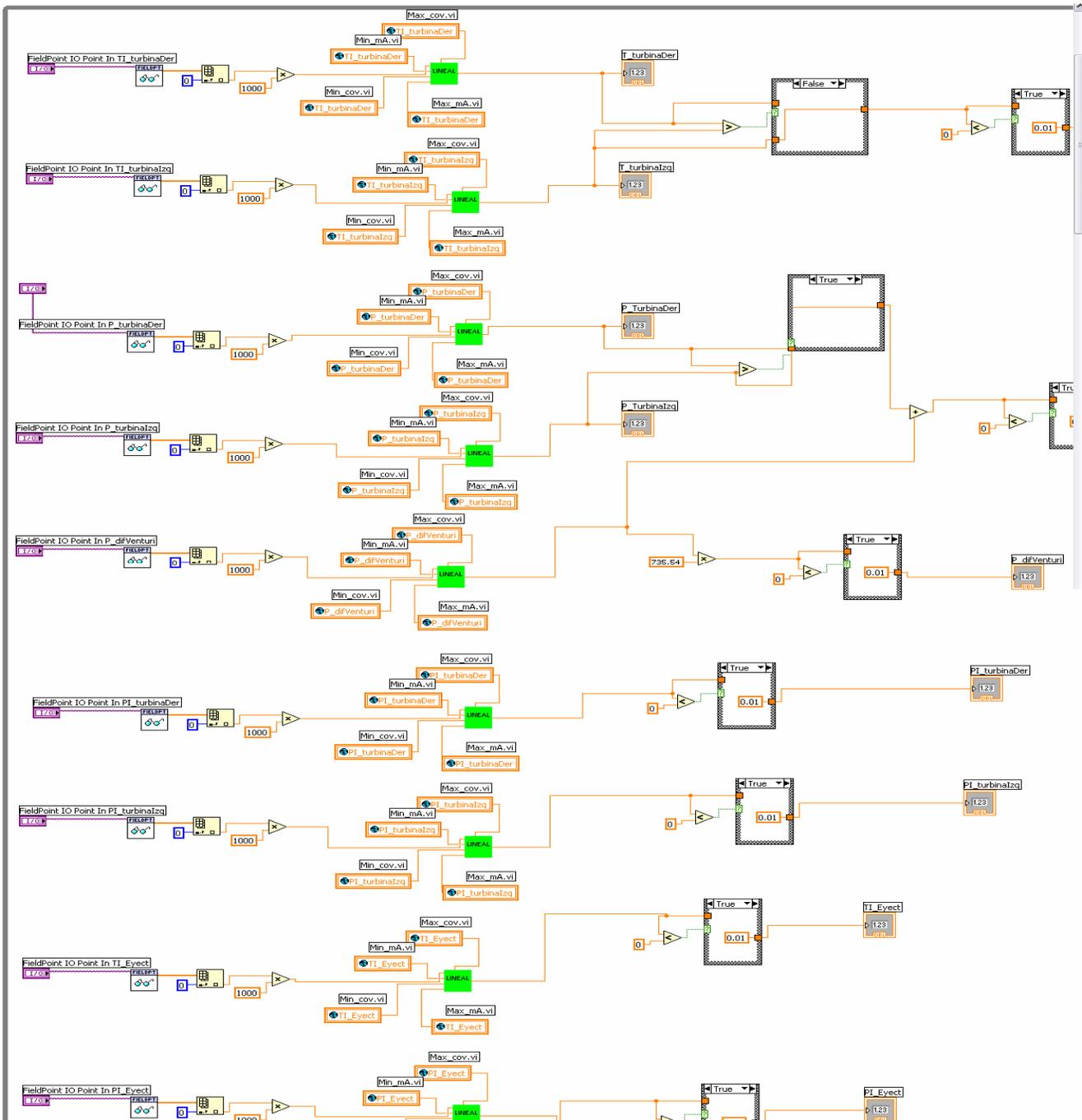
### **Módulo: ManejadorConsultasHistóricas**

Este módulo se encarga de realizar consultas históricas de los parámetros almacenados en la base de datos y permite exportar la tabla resultado a un archivo de tipo Excel. De manera similar a los módulos anteriores; cuenta con su propia interfaz gráfica (figura 4.17).



**Módulo: ManejadorAdquisiciónDatos**

Este módulo se encarga de adquirir, por medio de la interface de Adquisición de datos, todas las señales de los instrumentos de medición instalados. Estos datos son transformados de miliAmperers a valores estándar de presión (kg/cm<sup>2</sup>), temperatura (°C), etc.



*Figura 4.18 Código LabView para módulo manejador de Adquisición de Datos.*

## Módulo: ManejadorAlarmas

El módulo manejador de alarmas se encarga de monitorear los valores de los parámetros de operación de la planta; cuando uno de estos se encuentra fuera de rango, y con la finalidad de avisar al operador y asistirlo a encontrar la solución al problema que generó la alarma, se dispara la pantalla de usuario.

El código tiene dos componentes principales: (1) la clase para “cachar la alarma”, es decir el que monitorea los valores y compara con los rangos operativos y si existe uno fuera de rango lo dispara; y (2) la clase que hace el “encadenamiento”, que comienza a dar seguimiento a las reglas mediante cuestionarios que le presenta al usuario; esto es en pocas palabras la “máquina de inferencia del modulo experto”.

### Código Clase para “cachar alarmas”

```
public class Alarma
{
    /// <summary>
    /// Especifica una coleccion de las reglas que especifican el
comportamiento de una alarma</summary>
    public SortedDictionary<Char, List<String>> sd; //Contiene las Reglas
    /// <summary>
    /// Almacena las soluciones, mapeadas por una clave</summary>
    public SortedDictionary<String, String> clvsol; //Contiene las
soluciones
    /// <summary>
    /// Almacena las claves y el significado de estas</summary>
    public SortedDictionary<String, String> causas; //Mapeo de las claves
con el significado
    /// <summary>
    /// Guarda las claves, asi como el nivel de profundidad referido al
problema que estas representan.</summary>
    public SortedDictionary<String, int> clvnivel; //Contiene claves y
nivel de estas

    public String nombreAlarma;

    public String titleAlarma;

    public String solucion;

    public Boolean delay = true;
    /// <summary>
    ///Constructor de la clase. </summary>
}
```

```

    /// <remarks>
    /// Lee de un archivo y mediante el inicializa todos los atributos del
objeto Alarma</remarks>
    ///
    public Alarma(string numeroAlarma)
    {
        try
        {
            nombreAlarma = numeroAlarma;
            String file = "..\\..\\ALARMA" + numeroAlarma + ".sia";
            FileStream fw = new FileStream(file, FileMode.Open,
FileAccess.Read);
            StreamReader sr = new StreamReader(fw);
            String temp;
            StringTokenizer st;
            this.sd = new SortedDictionary<char, List<string>>();
            this.clvsol = new SortedDictionary<String, String>();
            this.clvnivel = new SortedDictionary<String, int>();
            List<String> claves = new List<string>();
            while (!(temp = sr.ReadLine()).Equals("."))
            {
                st = new StringTokenizer(temp, "|");
                List<String> ll = new List<String>();
                Char clave = Char.Parse(st.NextToken());
                while (st.HasMoreTokens())
                {
                    String tempj = st.NextToken();
                    if (tempj.Contains("*"))
                    {
                        claves.Add(tempj);
                    }
                    ll.Add(tempj);
                }
                this.sd.Add(clave, ll);
            }
            this.causas = new SortedDictionary<String, String>();
            while (!(temp = sr.ReadLine()).Equals("."))
            {
                st = new StringTokenizer(temp, "|");
                this.causas.Add(st.NextToken(), st.NextToken());
            }
            while (!(temp = sr.ReadLine()).Equals("."))
            {
                st = new StringTokenizer(temp, "|");
                String tmpclv = st.NextToken();
                this.clvnivel.Add(tmpclv, Int16.Parse(st.NextToken()));
                this.clvsol.Add(tmpclv, st.NextToken());
            }
            this.causas.TryGetValue("a", out titleAlarma);
        }
        catch (NullReferenceException nre)
        {
            Console.WriteLine(nre.Message + " null reference");
            Console.WriteLine(nre.StackTrace);
        }
        catch (FormatException fe)
        {

```

```

        Console.WriteLine(fe.Message + " format");
        Console.WriteLine(fe.StackTrace);
    }
    catch (FileNotFoundException fnfe)
    {
        Console.WriteLine(fnfe.Message + " format");
        Console.WriteLine(fnfe.StackTrace);
    }
}
}
}

```

### Código Clase “encadenamiento” (máquina de inferencia).

```

public class Encadenamiento
{
    /// <summary>
    /// Almacena el nivel en el que se encuentra sobre el arbol que
describe a la alarma</summary>
    public static int nivel = 0;
    /// <summary>
    /// Es la alarma con la cual esta trabajando actualmente</summary>
    public Alarma alarma;
    /// <summary>
    /// Almacena la razon principal por la que se genero la
alarma</summary>
    public static String cprincipal = "";
    /// <summary>
    /// Establece el nodo actual</summary>
    public string actual="";
    /// <summary>
    /// Almacena el numero de hojas del arbol que representa a la
alarma</summary>
    public int cuantos;
    /// <summary>
    /// Una collection para las keys de las hojas</summary>
    public ICollection<String>claves;
    /// <summary>
    /// Representa una enumeracion con tipos genericos, para recorrer las
collections</summary>
    public IEnumerator<String> claves1;
    /// <summary>
    /// Especifica la clave del nodo actual</summary>
    public string claveActual = "";
    /// <summary>
    /// Almacena las claves anteriores, en caso de que se quiera realizar
un encadenamiento hacia adelante</summary>
    public Queue<String> anteriores;

    /// <summary>
    /// Metodo encadenamiento, inicializa los atributos necesarios para
llevar a cabo el encadenamiento, este metodo
    /// es especifico del modo wizard</summary>

```

```
    /// <param name="alarma"> Es la alarma a la cual se le realizara el
encadenamiento</param>
    /// <seealso cref="Alarma">
    /// El objeto de tipo Alarma se describe en su documentacion
correspondiente...</seealso>
    public void encadenamiento(Alarma alarma)
    {
        try
        {
            this.alarma = alarma;
            cuantos=this.alarma.clvsol.Count;
            claves = this.alarma.clvsol.Keys;
            claves1 = claves.GetEnumerator();
            claves1.MoveNext();
            claveActual = claves1.Current;
            anteriores = new Queue<string>();
            this.anteriores.Enqueue(claveActual);
        }
        catch (Exception e)
        {
            Console.WriteLine("Ocurrio una exception");
            Console.WriteLine(e.Message);
            Console.WriteLine(e.StackTrace);
        }
    }

    /// <summary>
    /// Realiza el encademiento, este metodo es especifico para una
aplicacion standalone</summary>
    /// <param name="alarma"> Es la alarma a la cual se le realizara el
encadenamiento</param>
    /// <seealso cref="Alarma">
    /// El objeto de tipo Alarma se describe en su documentacion
correspondiente...</seealso>
    public void encadenamientoTexto(Alarma alarma)
    {
        this.alarma = alarma;
        foreach (KeyValuePair<String, String> item in alarma.clvsol)
        {
            // Console.WriteLine("Clave = {0}, Solucion = {1}",
item.Key,item.Value);
            cuestion:
                Console.WriteLine("¿{0}?", this.getPregunta(item.Key));
                nivel = getLevel(item.Key);
                cprincipal = item.Key + "";
                if (this.procesaResp(item.Key) == 1)
                    goto cuestion;
        }
        Console.WriteLine("No se sabe la razon por la cual se genero la
alarma");
    }

    /// <summary>
    /// Metodo getLevel obtiene el nivel especifico al nodo
introducido</summary>
    /// <param name="llave"> Nodo del cual se quiere saber su
nivel</param>
```

```

    /// <returns>
    /// Retorna el nivel especificado por la llave introducida</returns>
    /// <seealso cref="Alarma">
    /// El objeto de tipo Alarma se describe en su documentacion
correspondiente...</seealso>
    public int getLevel(String llave)
    {
        int level = 0;
        this.alarma.clvnivel.TryGetValue(llave, out level);
        return level;
    }
    /// <summary>
    /// Metodo subir, escala un al nodo superior inmediato</summary>
    /// <param name="actual">Representa el nodo u hoja actual</param>
    /// <seealso cref="Alarma">
    /// El objeto de tipo Alarma se describe en su documentacion
correspondiente...</seealso>
    public void subir(String actual)
    {
        foreach (KeyValuePair<Char, List<String>> item in this.alarma.sd)
        {
            Char clv = item.Key;
            String[] arrays = item.Value.ToArray();
            for (int g = 0; g < arrays.Length; g++)
            {
                if (actual.Equals(arrays[g]) && item.Key != 'A')
                {
                    cuestion:
                    Console.WriteLine("¿{0}?", getPregunta("" + clv));
                    if (procesaResp("" + item.Key) == 1)
                    {
                        goto cuestion;
                    }
                }
                else if (item.Key == 'A' && nivel == 0)
                {
                    Console.WriteLine("La alarma se genero por esta razon:
{0}\n\n \tLa solucion es: {1}", getPregunta(cprincipal),
getSolucion(cprincipal));
                    Console.ReadKey();
                    Environment.Exit(1);
                }
            }
        }
        //Console.WriteLine("Se intenta buscar quien desencadeno
a:"+actual);
    }
    /// <summary>
    /// Metodo subir, escala un al nodo superior inmediato</summary>
    /// <param name="actual">Representa el nodo u hoja actual</param>
    /// <seealso cref="Alarma">
    /// El objeto de tipo Alarma se describe en su documentacion
correspondiente...</seealso>
    public void subir2(String actual)
    {
        foreach (KeyValuePair<Char, List<String>> item in this.alarma.sd)
        {

```

```

        Char clv = item.Key;
        String[] arrays = item.Value.ToArray();
        for (int g = 0; g < arrays.Length; g++)
        {
            if (actual.Equals(arrays[g]) && item.Key != 'A')
            {
                claveActual = Char.ToString(clv);
                this.anteriores.Enqueue(claveActual);
            }
            else if (item.Key == 'A' && nivel == 0)
            {
                Console.WriteLine("La alarma se genero por esta razon:
{0}\n\n \tLa solucion es: {1}", getPregunta(cprincipal),
getSolucion(cprincipal));
                Console.ReadKey();
                Environment.Exit(1);
            }
        }
    }
    //Console.WriteLine("Se intenta buscar quien desencadeno
a:"+actual);
}

/// <summary>
/// Retorna la solucion al problema especificado</summary>
/// <returns>
/// Regresa una cadena con la solucion espedicada por task</returns>
/// <param name="task"> Problema especificado, es la clave</param>
public String getSolucion(String task)
{
    foreach (KeyValuePair<String, String> item in this.alarma.clvsol)
    {
        if (item.Key.Equals(task))
        {
            return item.Value;
        }
    }
    return "";
}

/// <summary>
/// Procesa la respuesta, en un standalone</summary>
/// <returns>
/// Retorna un valor entero, si es diferente de 1 continua el
encadenamiento</returns>
/// <param name="clav"> Es la clave correspondiente para saber el
estado de ese nodo</param>
/// <seealso cref="procesaResp2(String, Boolean)">
/// Realiza lo mismo, pero en modo wizard</seealso>
public int procesaResp(String clav)
{
    String resp;
    resp = Console.ReadLine();
    resp.ToLower();
    if (resp.Equals("s") || resp.Equals("y"))
    {
        Console.WriteLine("Subir un nivel");
        nivel--;
    }
}

```

```

        this.subir("" + clav);
        return 0;
    }
    else if (resp.Equals("n") || resp.Equals("N"))
    {
        //Console.WriteLine("Avanzar");
        return 2;
    }
    else
    {
        Console.WriteLine("Plz answer with \"y\" or \"n\"");
        return 1;
    }
}
/// <summary>
/// Procesa la respuesta, en un wizard</summary>
/// <returns>
/// Retorna un valor entero, realmente no estomado en cuenta</returns>
/// <param name="clav"> Es la clave correspondiente para saber el
estado de ese nodo</param>
/// <param name="opcion"> Es el valor de la respuesta obtenida del
wizard</param>
/// <seealso cref="procesaResp(String)">
/// Realiza lo mismo, pero en modo standalone</seealso>
public int procesaResp2(String clav, Boolean opcion)
{
    Boolean resp=opcion;
    if (resp)
    {
        Console.WriteLine("Subir un nivel");
        nivel--;
        this.subir2("" + clav);
        return 0;
    }
    else if (!resp)
    {
        //Console.WriteLine("Avanzar");
        return 2;
    }
    else
    {
        Console.WriteLine("Plz answer with \"y\" or \"n\"");
        return 1;
    }
}
/// <summary>
/// Obtiene la pregunta especifica al nodo indicado</summary>
/// <returns>
/// Retorna la pregunta</returns>
/// <param name="pregunta"> Nodo especifico</param>
public String getPregunta(String pregunta)
{
    String valor = "";
    this.alarma.causas.TryGetValue(pregunta, out valor);
    return valor;
}
/// <summary>

```

```

    /// Obtiene la clave actual</summary>
    /// <returns>
    /// Clave que representa un nodo sobre el arbol</returns>
    /// <seealso cref="getNext()">
    /// Lo mismo, pero avanza sobre la enumeracion</seealso>
    public String getActual()
    {
        String pregunta = "?";
        try
        {
            pregunta += this.getPregunta(claveActual);
            pregunta += "?";
            nivel = getLevel(this.claves1.Current);
            cprincipal = this.claves1.Current;
        }
        catch (Exception e)
        {
            Console.WriteLine("Ocurrio una exception");
            Console.WriteLine(e.Message);
            Console.WriteLine("Toy en esta parte");
            Console.WriteLine(e.StackTrace);
            return pregunta;
        }
        return pregunta;
    }
    /// <summary>
    /// Obtiene la clave actual</summary>
    /// <returns>
    /// Clave que representa un nodo sobre el arbol</returns>
    /// <seealso cref="getActual()">
    /// Lo mismo pero no avanza sobre la enumeracion</seealso>
    public String getNext()
    {
        String pregunta = "?";
        try
        {
            this.claves1.MoveNext();
            this.anteriores.Enqueue(this.claves1.Current);
            claveActual = this.claves1.Current;
            pregunta += this.getPregunta(claveActual);
            pregunta += "?";
            nivel = getLevel(this.claves1.Current);
            cprincipal = this.claves1.Current;
        }
        catch (Exception e)
        {
            Console.WriteLine("Ocurrio una exception");
            Console.WriteLine(e.Message);
            Console.WriteLine("Toy en esta parte");
            Console.WriteLine(e.StackTrace);
            return pregunta;
        }
        return pregunta;
    }
}
}
}

```

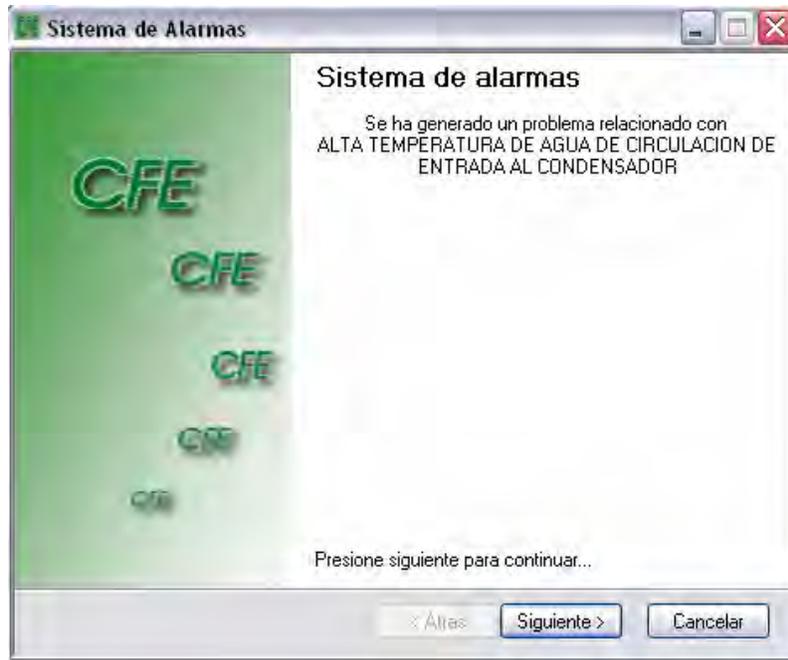


Figura 4.19 Pantalla de Alarmas del Sistema.

### Módulo: ManejadorQueries

Este módulo permite realizar todo tipo de consultas a cualquiera de las BD con las que cuenta el sistema. Las consultas pueden ser filtradas o no, lo que permite hacer cualquier tipo de consulta SQL.

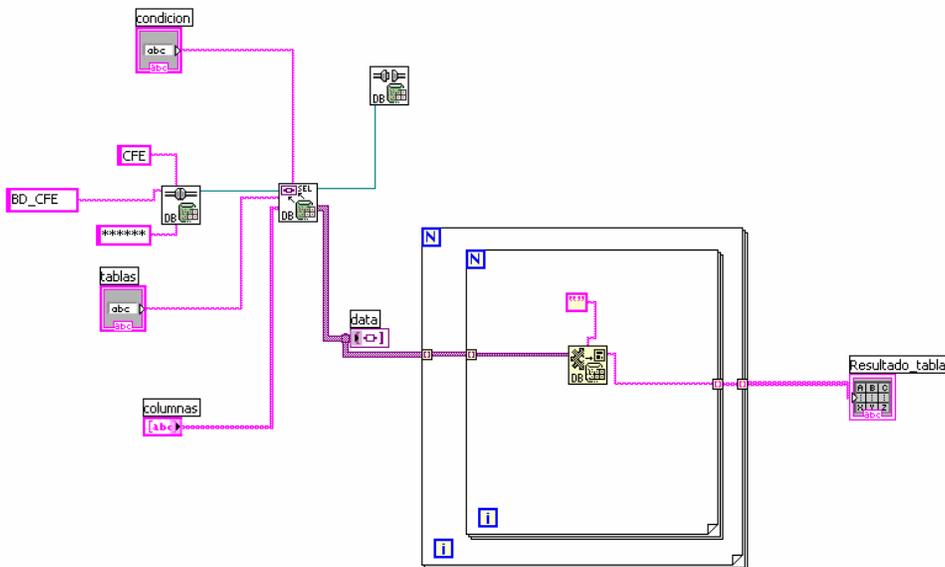
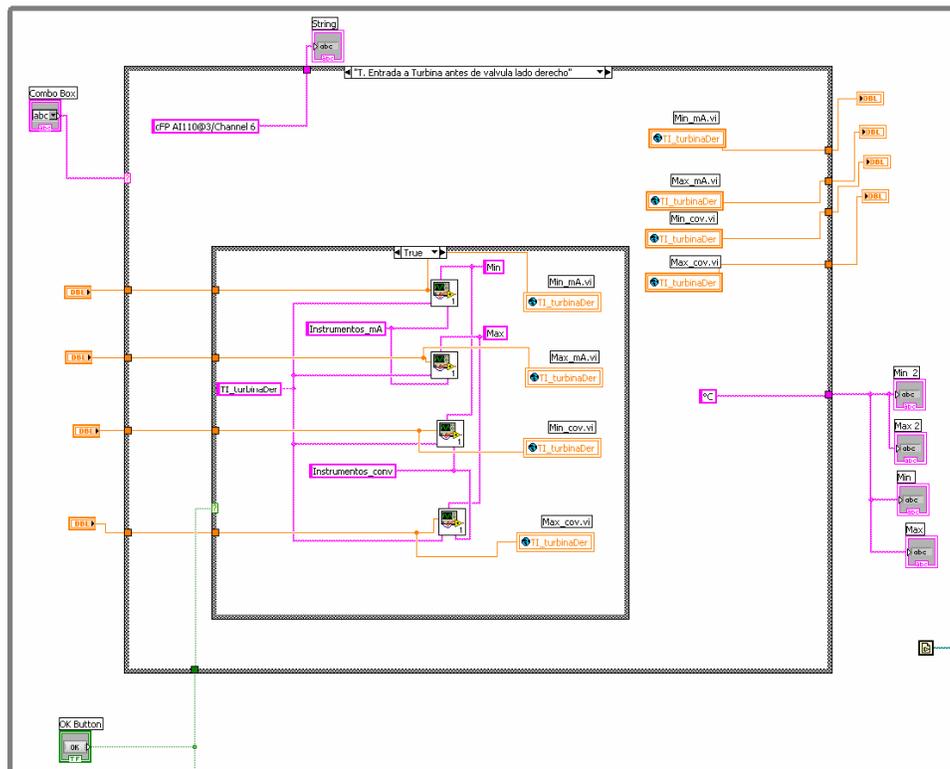


Figura 4.20 Código LabView para el módulo manejador de Queries.

**Módulo: Manejador Configuración**

Este módulo se encarga de adquirir y actualizar los parámetros de configuración del sistema en la BD, para lo cual cuenta con una pantalla de usuario (Figura 4.22).



*Figura 4.21 Código LabView para el módulo manejador de Configuración.*

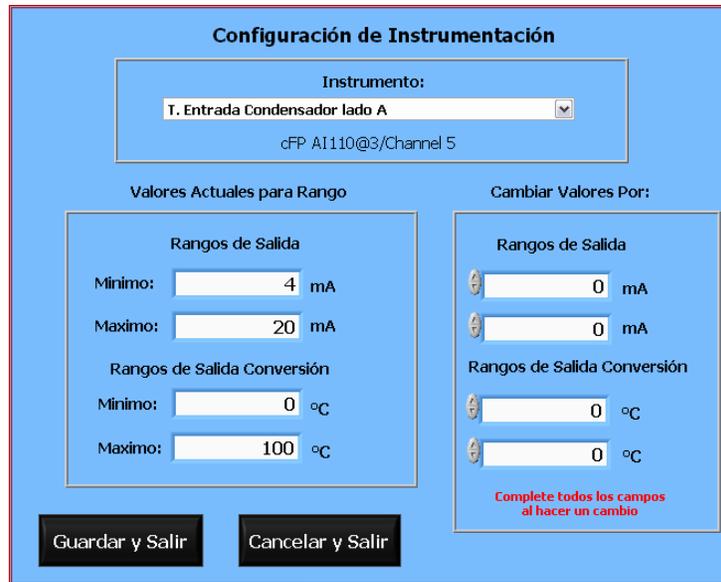


Figura 4.22 Pantalla de Configuración de Instrumentos del Sistema.

### Módulo: ManejadorCálculoParámetros

Este módulo se encarga de realizar todas las operaciones matemáticas del sistema, es decir cálculos de balances térmicos y parámetros de operación de la planta, los cuales se calculan con ayuda de las ecuaciones proporcionadas por CFE para este propósito, así mismo las tablas de vapor y los parámetros medidos por los instrumentos instalados en la planta.

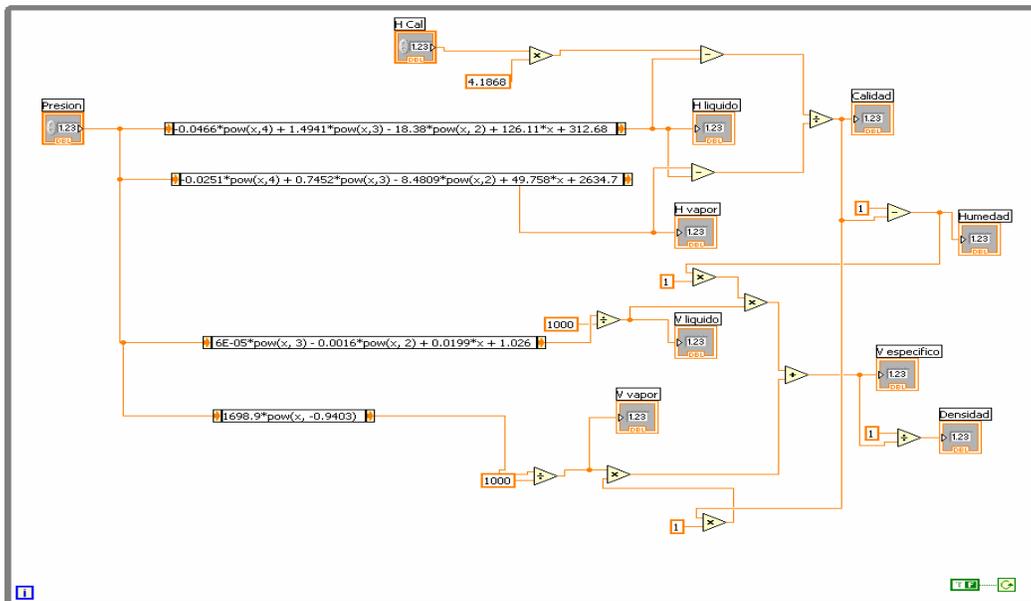


Figura 4.23 Código LabView para tablas de vapor necesarias para el módulo de cálculo del sistema.

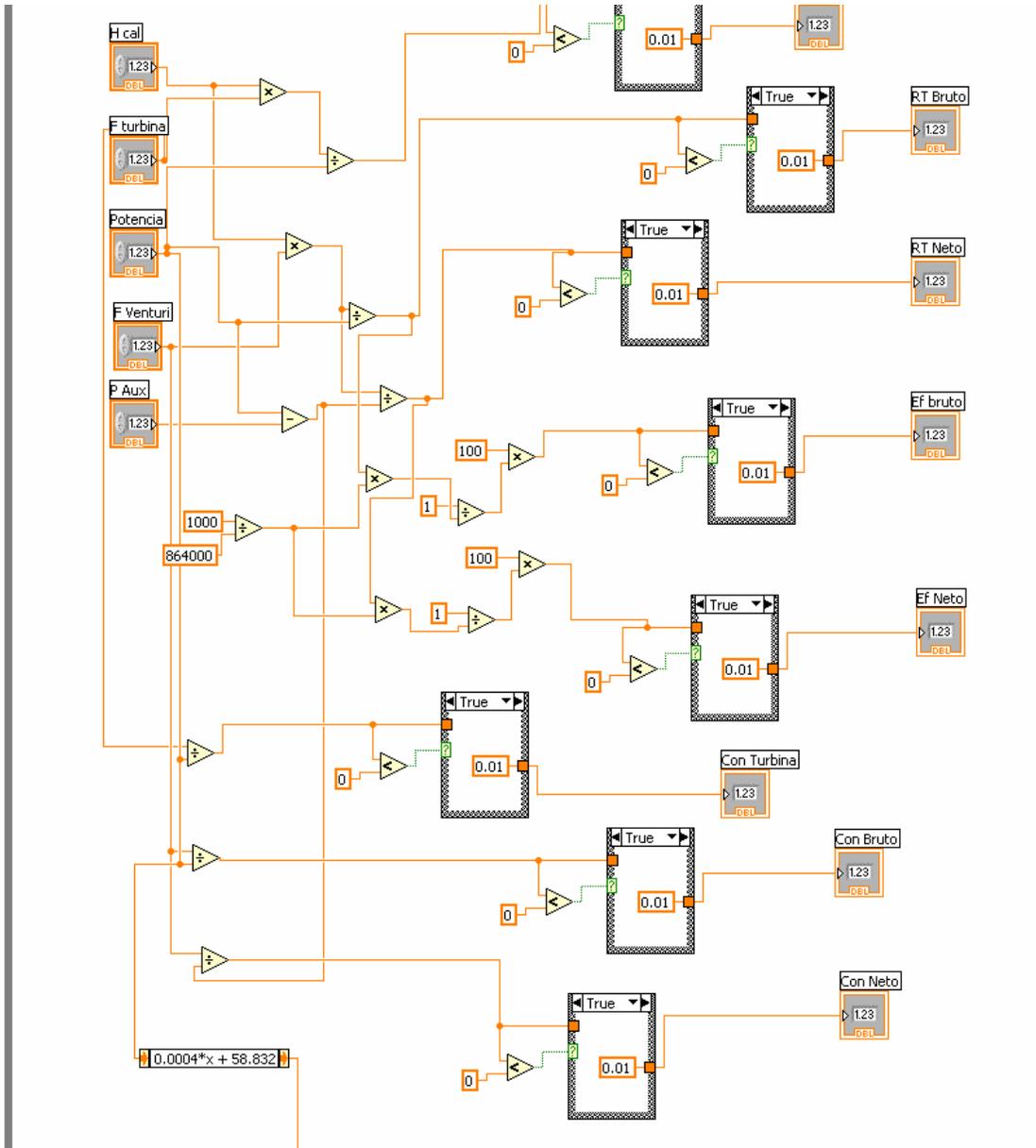


Figura 4.24 Código LabView para módulo manejador de calculo de parámetros del sistema.

### Módulo: ManejadorAgregar/EliminarUsuarios

Este módulo es parte de uno de los sub-flujos del módulo de Administración del Sistema. Este módulo nos permite agregar o eliminar usuarios de la base de datos de usuarios del sistema y cuenta con una interfaz gráfica para su propósito.

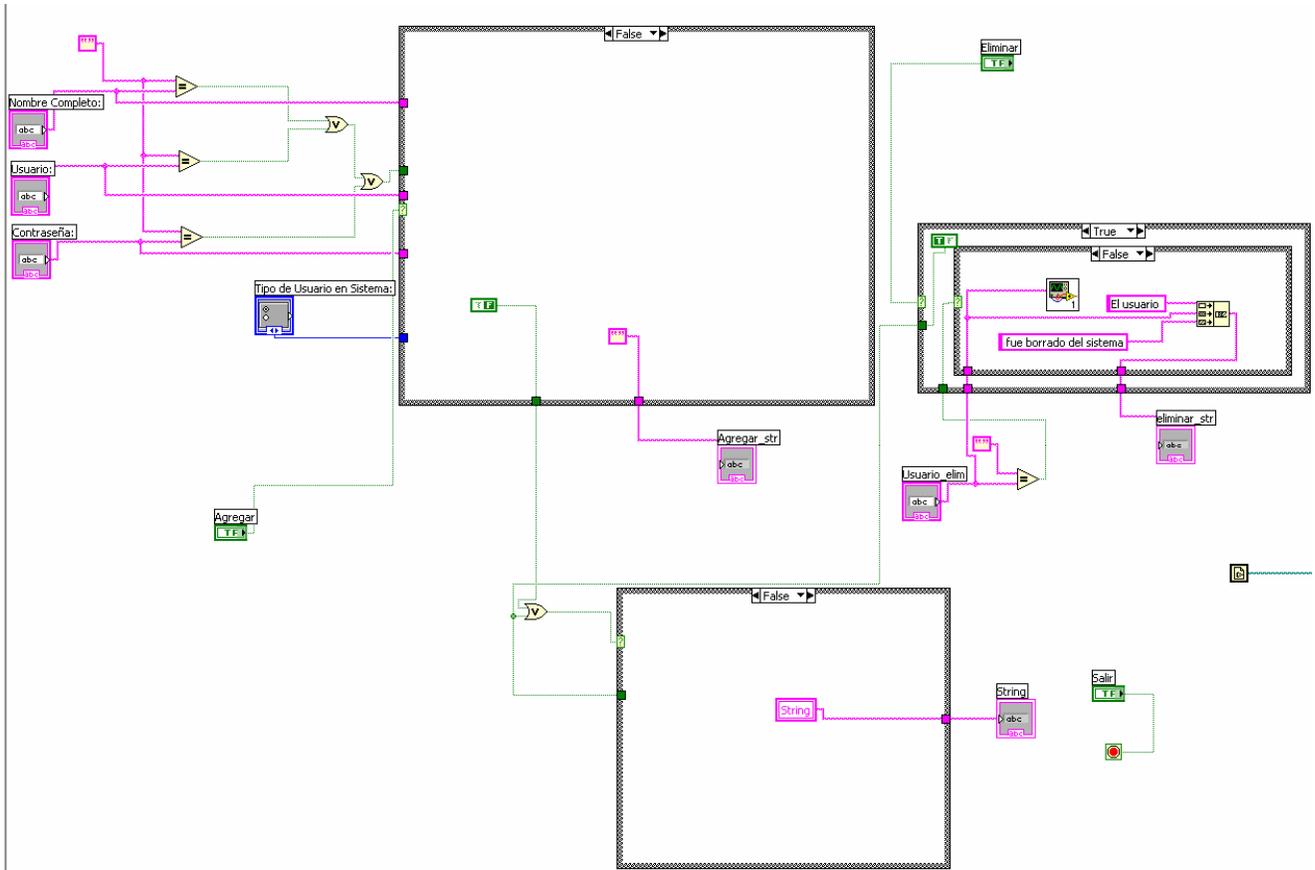


Figura 4.25 Código LabView para el módulo manejador de Agregar/Eliminar Usuarios del sistema.

### Agregar o Eliminar un Usuario del Sistema

**Agregar Usuario:**

Todos los campos deben ser llenados

Nombre Completo:   
Ejemplo: Hugo Flores H.

Usuario:   
Nombre de usuario Ejemplo: HugoFH

Contraseña:   
Palabra clave que pueda recordar

Tipo de Usuario en Sistema:

Operador

Administrador

**Agregar**

**Eliminar Usuario:**

Usuario:   
Nombre de usuario Ejemplo: HugoFH

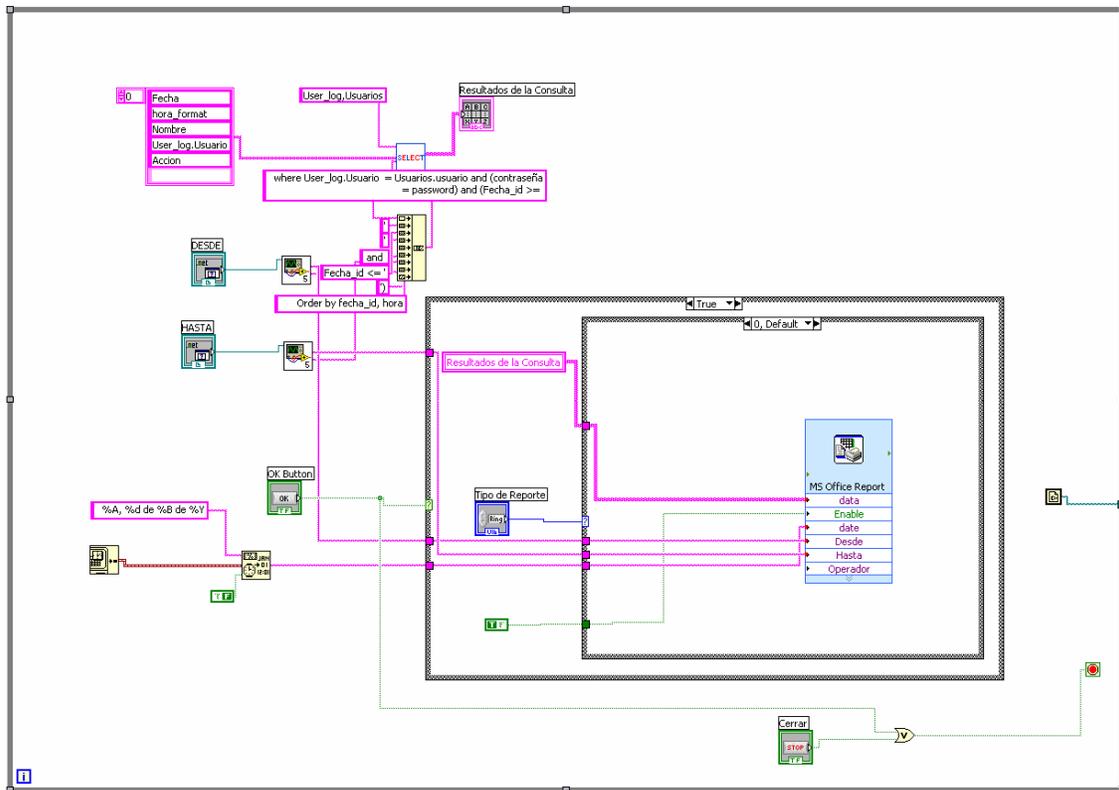
**Eliminar**

**Salir**

Figura 4.26 Pantalla de Agregar/Eliminar Usuarios del Sistema.

**Módulo: ManejadorHistóricoUsuarios**

Este es un módulo también parte del sub-flujo de Administración, el cual permite llevar acabo consultas históricas de los usuarios que han utilizado el sistema, esto con la finalidad de ver que usuarios han iniciado y finalizado la sesión, en que horario y día de la semana etc.



*Figura 4.27 Código LabView para el módulo manejador de Histórico de Usuarios del sistema.*

**HISTORICO DE USUARIOS DEL SISTEMA**

**Consultar**

**DESDE**

Marzo de 2008

24	25	26	27	28	29	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Hoy: 21/04/2008

**HASTA**

Abril de 2008

30	31	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	1	2	3
4	5	6	7	8	9	10

Hoy: 21/04/2008

**Resultados de la Consulta**

Fecha	Hora	Nombre	Usuario	Acción
01- Abril- 2008	01:53 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Inicio Sistema
01- Abril- 2008	01:54 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Inicio Sistema
01- Abril- 2008	01:55 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Inicio Sistema
01- Abril- 2008	01:56 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Apago Sistema
09- Abril- 2008	04:03 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Apago Sistema
09- Abril- 2008	04:06 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Apago Sistema
09- Abril- 2008	04:17 p.m.	Hugo UNAM	hugo	Inicio Sistema

CERRAR
Exportar Datos a Excel

Figura 4.28 Pantalla de Histórico de Usuarios del Sistema.

**Módulo: ManejadorSalirSistema**

Este módulo se encarga de detener por completo el sistema y cerrar todas las pantallas del mismo que se encuentren en operación; es parte de los sub-flujos de Administración.

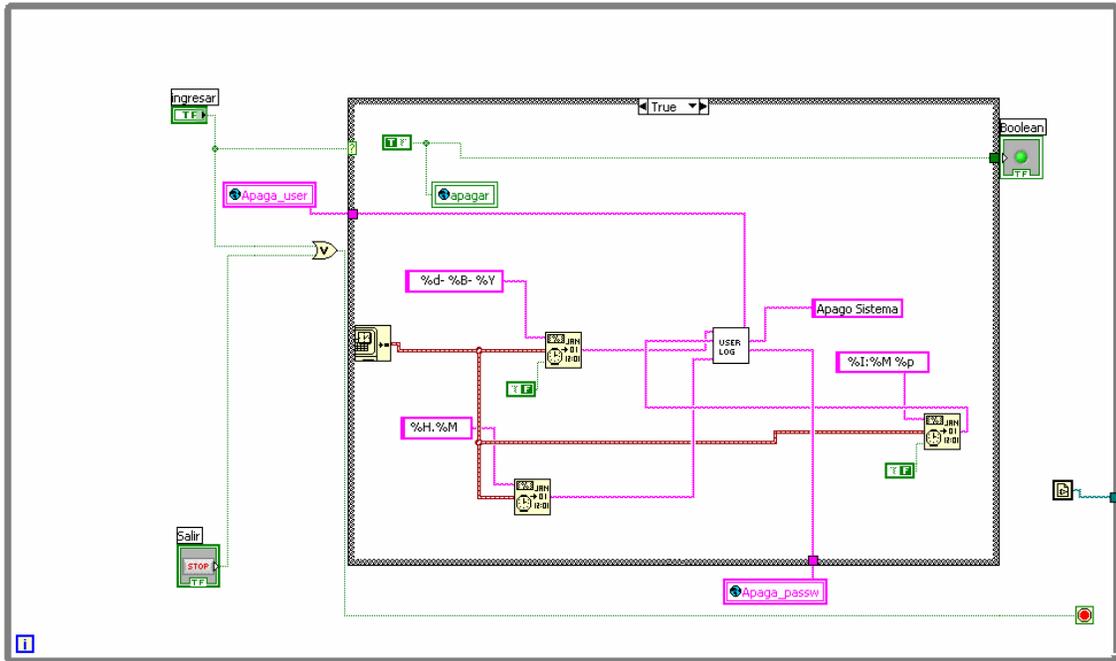


Figura 4.29 Código LabView para módulo manejador de Salir del sistema.



Figura 4.30 Pantalla de Salir del Sistema.

### Módulo: ManejadorExportarExcel

Este módulo se encarga de generar un archivo de Excel con las tablas generadas por el sistema mediante consultas a la base de datos. LabView integra este módulo como parte de sus librerías.

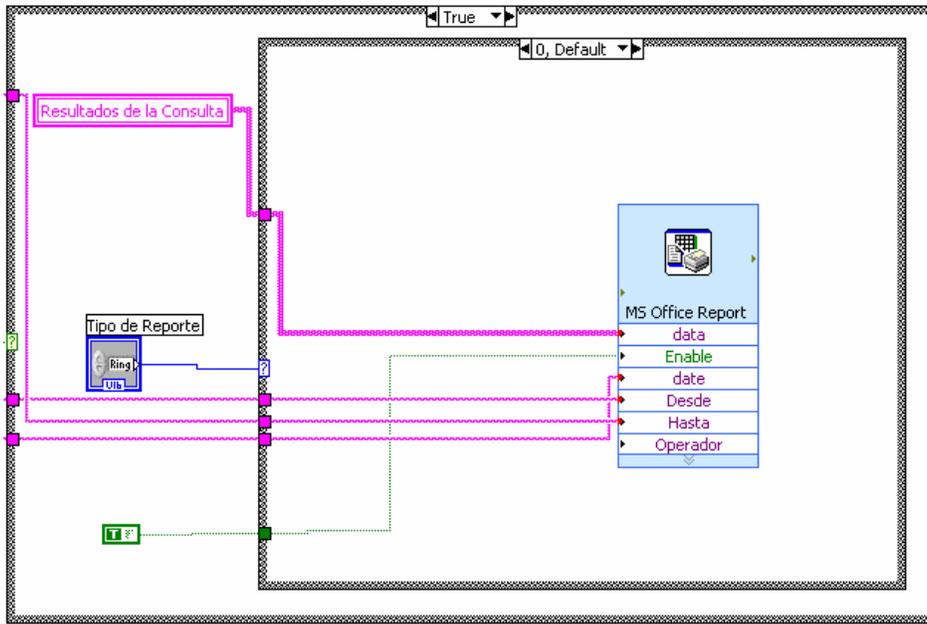


Figura 4.31 Código LabView para módulo manejador Exportar a Excel.

### Módulo: ManejadorGráficos

Este módulo se encarga de generar los datos en forma tabular, para un periodo determinado, dándoles formato apropiado para ser plasmado en un gráfico y siendo parte de las tareas de monitoreo de los parámetros de operación de la planta.

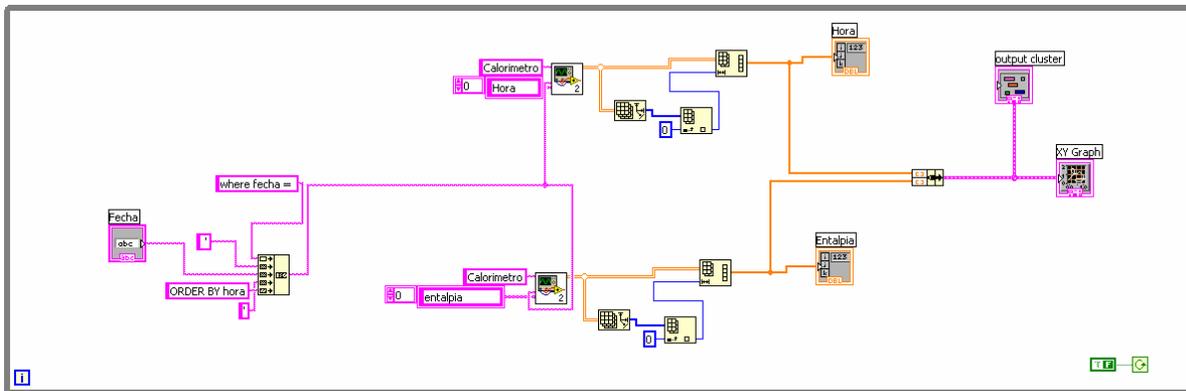
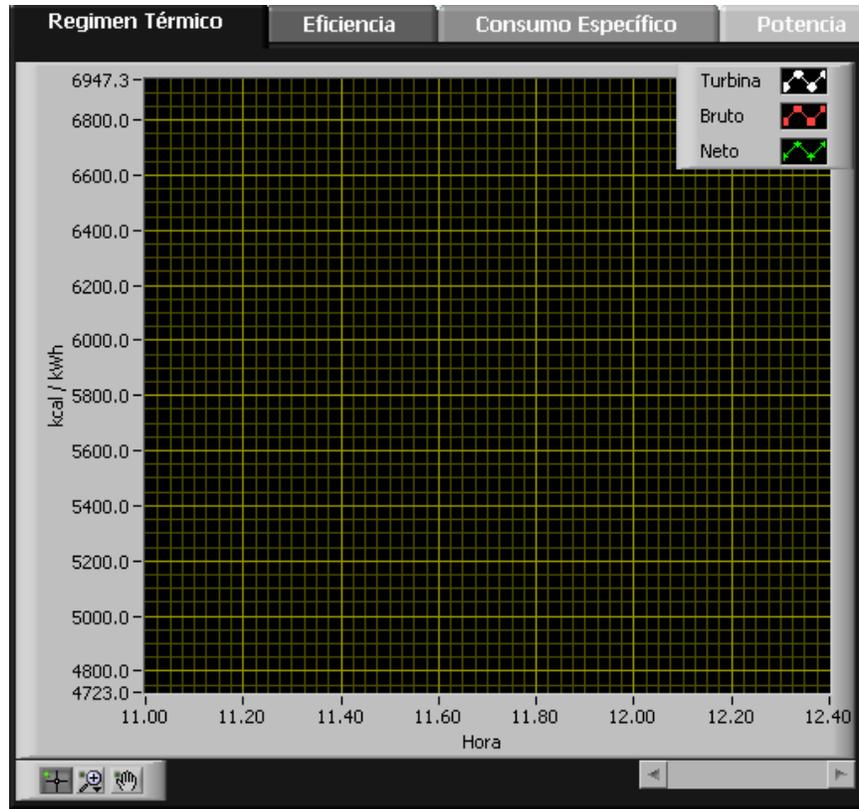


Figura 4.32 Código LabView para módulo manejador Gráficos del sistema.



*Figura 4.33 Pantalla de Gráficos del Sistema.*

#### 4.1.2 Implementación del Sistema Web (Intranet CFE)

Como se mencionó en el capítulo 3, sección 3.4 (diseño del Sistema web), la mayor parte de la implementación de la página web reutilizará el código o módulos del sistema local, los cuales fueron descritos en la sección anterior, por lo que en esta parte del documento se describen los componentes mas importantes de sistema web como: “intérpretes de código html”. Estos módulos en Labview se componen de dos partes principales: uno que lee las instrucciones del usuario a través de la pagina html y otro que publica o plasma en pantalla los resultados arrojados por Labview en páginas de html.

Se describe los tres componentes principales del sistema web: monitoreo, consultas y gráficos de históricos.

### **Módulo: Intérprete html Monitoreo**

Este módulo cuenta con la parte de despliegue de los resultados arrojados por LabView en página html. La página tiene como propósito mostrar los parámetros operativos de la planta en tiempo real, y no recibe ninguna instrucción por parte del usuario. Los resultados en este módulo son los valores de los parámetros de operación de la planta, tanto medidos como calculados por el sistema.

Este módulo utiliza la mayoría de los módulos creados para la monitorización del sistema local, como son: el módulo de adquisición de datos, cálculo de parámetros, arranque de sistema, queries, interfaz BD parámetros, etc.

Como se puede apreciar en la siguiente figura 4.34, la implementación o los componentes de este módulo son básicamente el código html constructor de la página web que se encuentra particionado en contenedores de cadenas, esto con el propósito de insertar en el código los componentes o resultados arrojados por los módulos de LabView para así publicar una página web completa con los resultados deseados.

La página web que despliega este módulo es la que se presentó en el capítulo 3, la cual fue denominada página principal del sistema web o monitoreo de parámetros de operación (Figura 3.30).

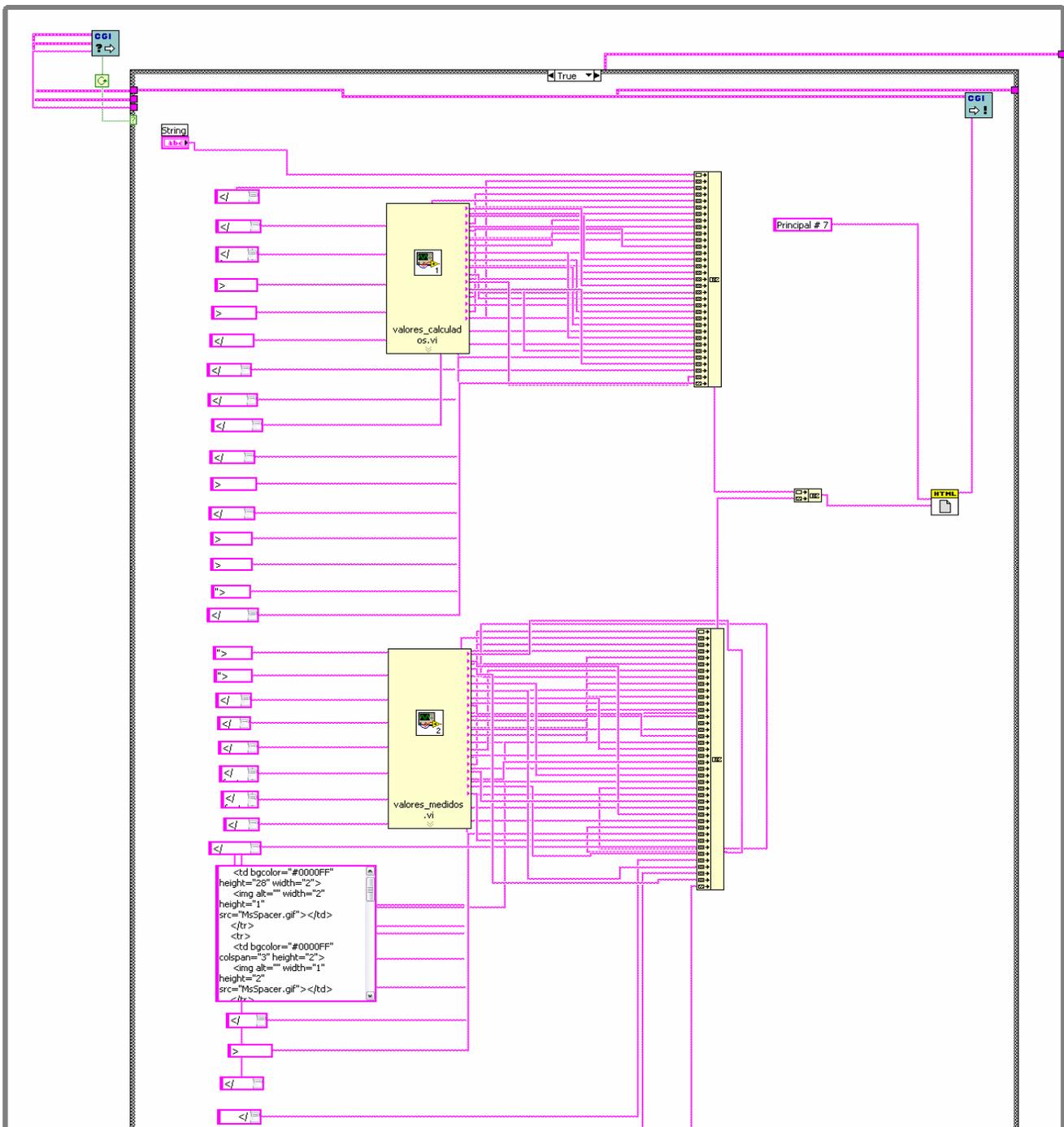
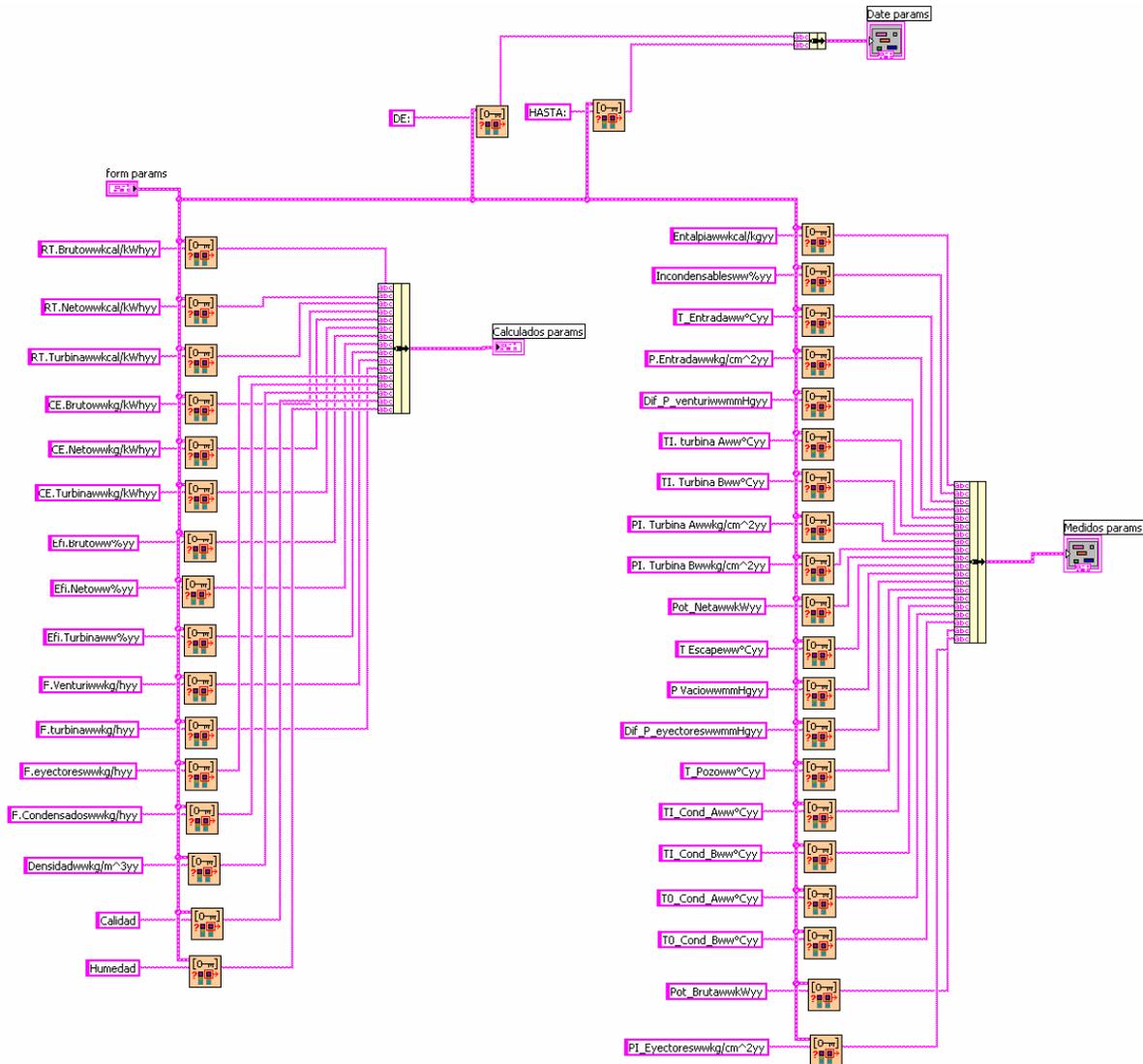


Figura 4.34 Código LabView para el módulo *Intérprete html monitoreo del sistema web*.

### Módulo: Intérprete html históricos

Este módulo cuenta con los dos componentes ya mencionados: las instrucciones del usuario a través de la página html y la publicación de resultados de la consulta.



*Figura 4.35 Código LabView para el módulo Interprete html históricos del sistema web parte de obtención de instrucciones de usuario.*

Este módulo basa su funcionamiento en la obtención de valores de los parámetros que se tienen en la página html, como opciones para elección del usuario; cuando se obtiene un evento o se genera un evento en la página. En este caso, cuando el usuario oprime un control button o botón de control que se encuentra en la página, el módulo lee todos los valores y en base a ello los módulos de consulta generan un resultado, en este caso una tabla con la consulta, que el siguiente código plasmará en una página html. Los módulos que utiliza o de los que se auxilia para este propósito son el de consultas históricas, queries, etc.

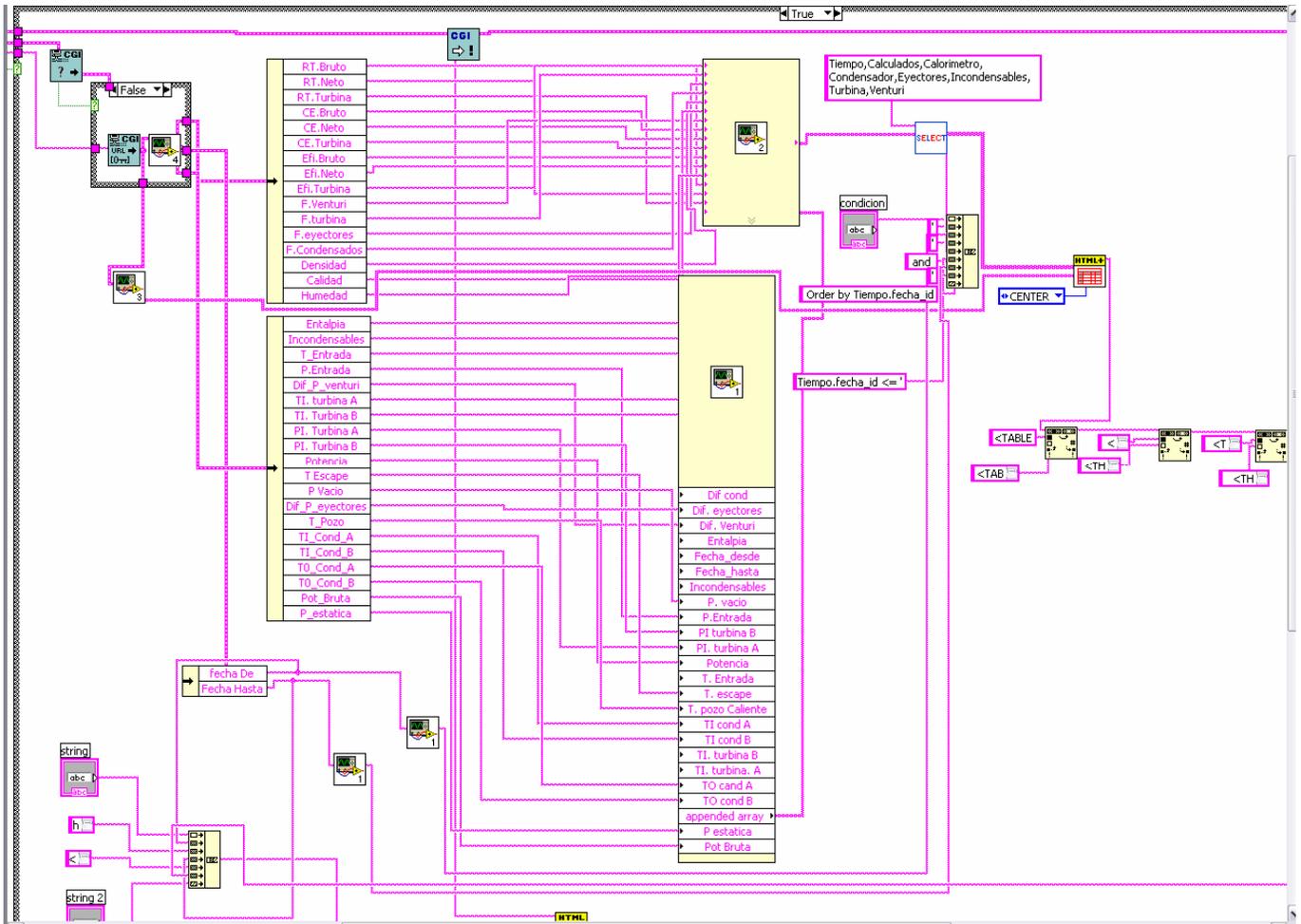


Figura 4.36 Código LabView para módulo Intérprete html históricos del sistema web parte de creación o despliegue de resultados en página html.

La página que despliega este módulo es la que se mostró en el capítulo 3 y que llamamos página de consulta de históricos (figura 3.31).

### Módulo: Intérprete html Gráficos

Este módulo al igual que el anterior basa su funcionamiento en dos partes obtener instrucciones y desplegar el resultado.



La página que despliega este módulo es la que se presentó en el capítulo 3, a la que se denominó página de creación de gráficos (figura 3.32).

## **4.2 Pruebas del Sistema**

A lo largo del desarrollo del sistema se realizaron distintas prueba, tanto para módulos por separado como para todo el conjunto integrado (Sistema completo). A continuación se describe brevemente las pruebas implementadas para este desarrollo y la forma en que se aplicaron tanto al sistema local como al sistema web.

### **Prueba de Regresión**

Esta es una prueba que se implementa con el propósito de verificar el sistema después de haber realizado cambios en alguno de sus módulos, ya sea para corregir un error o cambiar una funcionalidad.

La prueba implementada permite verificar los cambios en el sistema, manteniendo el funcionamiento de forma coherente y correcta. Para esto se creó un módulo que simula la medición de los instrumentos. Este módulo de simulación genera señales de forma senoidal que oscilan entre valores admisibles de los parámetros de operación de la planta; con esto se logró probar el sistema en todas sus etapas.

### **Prueba de Operación**

Esta prueba tiene como objetivo verificar la operación del sistema por un largo tiempo en condiciones normales de uso, es decir, se deja el sistema funcionando y un usuario interviene utilizando las distintas funcionalidades del sistema, tratando de encontrar malos funcionamientos o errores.

Esta prueba se realizó con ayuda del módulo de simulación, el cual estuvo operando en una máquina del CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico). De las pruebas se encontraron algunos errores de funcionamiento, se corrigieron y se volvieron a ejecutar. En otros casos se notó la ausencia de funcionalidades al sistema, las cuales fueron agregadas, hasta culminar con la etapa de pruebas de forma exitosa. Posteriormente se instaló el prototipo del sistema en la planta Geotermoelectrica y se probó igualmente durante un mes, en el cual los usuarios del sistema apoyaron con comentarios, cambios y adición de funcionalidades.

### **Prueba de Rendimiento**

Esta prueba se implementó con el propósito de medir la capacidad de procesamiento del sistema bajo diferentes cargas de trabajo; en este caso se implementó utilizando el sistema de forma exhaustiva en todas sus funcionalidades. Con esta prueba se encontró que el sistema reaccionaba de forma muy lenta a peticiones múltiples, esto debido a que existía una lectura de la base de datos de configuración continua, por lo cual se modificó el sistema y se agregó en el módulo de arranque una sola lectura de esta BD de configuración, con lo cual se reduce la lectura continua a una sola, la cual ocurre en el arranque del sistema.

### **Prueba Negativa**

Es una prueba que tuvo como propósito ver como reacciona el sistema a situaciones anormales o inesperadas, es decir como afecta su operatividad el sistema cuando se presentan situaciones poco usuales. Esta prueba ayudó a encontrar dos tipos de errores: 1) si uno de los aparatos o instrumentos de medición de la planta no esta enviando señal (medición en mA) el módulo de adquisición un valor “NaN” o desconocido (en vez de un “0”), que al intentar ser almacenado por el sistema en BD genera un error de tipos y valores fuera de rango; 2) una medición es anormal es decir muy baja o muy alta; dado que estos parámetros sirven para el módulo de cálculo del sistema se encontró que algunas de las ecuación generan resultados fuera de rango cuando los parámetros utilizados para su calculo tienen valores anormales. Esto se corrigió poniendo “candados”, es decir, que el sistema notará un valor erróneo y lo modificará por otro igualmente erróneo pero aceptable (por ejemplo si un instrumento no esta midiendo o esta desconectado, en

lugar de poner el valor “NaN” desconocido se sustituye por un “0” para no generar un fallo en el sistema).

### **Prueba basada en requisitos y Pruebas ergonómicas**

La prueba basada en requisitos tuvo como propósito verificar que todas las funcionalidades requeridas por el usuario se encuentren implementadas en el sistema; prácticamente consistió en verificar que estén todos los casos de uso implementados. Las pruebas ergonómicas se diseñaron para verificar las interfaces hombre-maquina, esto es, que las pantallas sean amigables, coherentes, fáciles de usar, legibles, buena redacción, etc., en conclusión que sean comprensibles para el usuario.

Estas pruebas se realizaron en paralelo ya que se fueron creando prototipos operativos de interfaces y sus funcionalidades, las cuales fueron presentadas a los usuarios ( por ejemplo personal de la planta) para obtener sus opiniones y sugerencias, prácticamente los usuarios apuntaron opiniones y peticiones las interfaces y las funcionalidades requeridas del sistema.

### **Prueba de Aceptación o Validación**

Con esta prueba se logró una revisión final por parte del usuario u organización que solicitó el sistema, lo cual se estableció como la validación del sistema.

En este caso el sistema fue validado por LAPEM (Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales de CFE) un organismo de CFE que se encarga, entre otras tareas, de supervisar el desempeño operativo de las plantas y todas las cuestiones normativas que esto implica. También se encargan de validar nuevos instrumentos o sistemas adquiridos por la dependencia. LAPEM envió personal a la planta para verificar tanto la operatividad del sistema como el correcto funcionamiento.

Se trabajó con el personal de LAPEM durante dos semanas consecutivas con periodos de 3 días. La verificación fue hecha tanto observando el comportamiento del sistema tras funcionar en línea por más de 15 días, como tomando lecturas y comparando los valores para medir exactitud y precisión; estas lecturas fueron tomadas directamente de instrumentos analógicos y digitales instalados en la planta, y por último se realizaron los cálculos de los parámetros operativos de la planta en “papel” y se compararon con los calculados por el sistema. Durante estas pruebas se realizaron algunos ajustes de cálculo a las ecuaciones implementadas en el sistema a petición del personal de LAPEM, ya que se requerían de algunas correcciones para adecuar estos cálculos a las condiciones operativas y de instalación de la planta.

Con estas pruebas se concluyó la validación y aceptación del sistema por parte de LAPEM. Al contar con la verificación de LAPEM el sistema fue aceptado por la planta.

# CAPÍTULO 5.

## Conclusiones

Si bien en la actualidad CFE no tiene competencia en cuanto al producto que genera (energía eléctrica), la creciente demanda de energía eléctrica en todo el país, requiere una producción continua y optimizada, más aún en la planta geotermoeléctrica en la que se instaló el sistema inteligente. Puesto que el vapor geotermoeléctrico es un recurso natural que no puede ser controlado en cuanto a su suministro y debe ser aprovechado al máximo debido a que por su naturaleza lo que no es aprovechado o utilizado debe ser arrojado a la atmósfera (desperdicio de energía).

El sistema implementado permitirá tener un monitoreo en tiempo real de todos los parámetros operativos de la planta, tanto los medidos como los calculados; siendo estos últimos los más importantes, puesto que reportan el comportamiento productivo de la planta. Un aspecto importante a destacar del sistema desarrollado es que mediante su utilización se podrá disponer de indicadores de producción en tiempo real, sin la necesidad de ejecutar algún otro programa o realizar cálculos de forma manual.

Mediante el sistema se automatizó el almacenamiento de los datos medidos, evitando así el uso de hojas de datos o archivos independientes, como se hacía hasta hace poco. Es así, que ahora se dispone de accesos rápidos y fáciles a los datos históricos, con el fin de generar gráficas de interés en diversos periodos de tiempo.

Otro aspecto de interés se asocia con el Sistema Web, puesto que mediante esta herramienta, tanto la gerencia y los jefes de operación de la planta podrán monitorear vía remota todos los parámetros de medición, sin tener la necesidad de ser informados por el personal operativo de la planta. Asimismo, se podrán realizar consultas de los datos históricos y obtener gráficas que ayuden en la toma de decisiones.

Disponer del sistema, en términos de tiempo operativo de la planta, permitirá controlar el buen funcionamiento y detección de fallas, esto basado en planes elaborados a partir del comportamiento histórico de la planta.

El módulo experto garantiza el monitoreo de la planta en tiempo real, permitiendo identificar los parámetros que están fuera de los rangos operativos normales. Asimismo guía al usuario por medio de una serie de cuestionarios a encontrar la causa del problema y recomendar una posible solución al problema. .

El sistema será de gran apoyo para la planta, y revolucionara la forma en que la planta mide la eficiencia y desempeño de su proceso productivo, pero el aporte más importante del sistema, es que permitirá a la planta recuperar un activo muy importante y que estaba desperdiciando, la información, datos; en la actualidad para cualquier institución los datos e información se han convertido en un activo muy valioso y apreciado e incluso protegido. Los datos que el sistema almacene, a partir de su instalación y durante los meses y años futuros, serán convertidos en información, la cual permitirá a la planta replantear varias de sus políticas de producción, gastos operativos, forma de pagos a sus proveedores (sobre todo vapor geotérmico), formas de cobro a sus clientes (consumidores de energía), mejor planeación de mantenimientos, nuevas técnicas de medición de eficiencia, etc., etc. Revisiones que solo pueden ser llevadas a cabo cuando se cuenta con la información oportuna, bien estructurada y adecuada; Tarea que realizará el sistema.

## **TRABAJOS FUTUROS**

Aún quedan por hacer trabajos que ayuden a completar de forma total todas las herramientas del proceso inteligente.

Uno de los trabajos pendientes es la implementación de técnicas de minería de datos, las cuales permitirán generar nuevo conocimiento, pronosticar escenarios, identificar tendencias y comportamientos de producción y operación.

Otra de las tareas por hacer es la implementación de algoritmos genéticos para la optimización de los procesos, esto con el fin de aprovechar los recursos disponibles de forma óptima.

Asimismo, se requiere agregar instrumentos de control y automatización en la planta, esto con la finalidad de contar con mecanismos de control de producción y automatización de procesos que permitan al sistema optimizar la producción de energía eléctrica sin la necesidad de la intervención humana.

# APÉNDICE A

## A.1. Detalle de Casos de Uso y Diagramas de Secuencia

### CASO DE USO: GENERAR REPORTES

El caso de uso Generar Reportes está vinculado a la pantalla principal del sistema (P-2) y todos sus subflujos (P-3), y se llama a partir del caso de uso Monitoreo de Parámetros y sus subflujos.

**REPORTE DE CONDENSADOR**

**PERIODO**

**DESDE**

Febrero de 2008

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	1
2	3	4	5	6	7	8

Hoy: 2008/02/25

**HASTA**

Febrero de 2008

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
27	28	29	30	31	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	1
2	3	4	5	6	7	8

Hoy: 2008/02/25

Variables a presentar en el reporte

- Flujo Condensador
- T. Pozo Caliente
- T. Entrada A
- T. Entrada B
- T. Salida A
- T. Salida B

Mantenga tecla **ctrl** oprimida para multiple selección

Forma de presentar los datos

Por Día

Por Promedio del día

Elaborado por:

CERRAR

Generar Reporte

Figura A.1 Pantalla de Creación de Reportes (P-4).

<b>Caso de Uso</b>	Generar Reportes
<b>Actores</b>	Usuario, Administrador
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Permitir al usuario realizar un reporte tipo Excel seleccionando únicamente los parámetros de su interés, la fecha de inicio y fin de la que desea ver los datos (Periodo), para cada uno de los componentes de la planta.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el usuario al oprimir el botón “Generar Reporte” de cualquiera de las pantallas de subflujo (P-3) de la pantalla principal (P-2), este se conecta a la base de datos parámetros de operación y espera las elecciones del usuario.
<b>Precondiciones</b>	El sistema debe estar en ejecución.
<b>Flujo Principal</b>	Se presenta al usuario la pantalla de creación de reportes (P-4). El usuario puede seleccionar de entre varios filtros como son: fecha “desde, “hasta” (periodo), “variables a presentar en el reporte” y “forma de presentar”. A su vez permite elegir dos actividades “Generar Reporte” o “Cerrar” Si la actividad seleccionada es “Generar Reporte” el sistema crea y despliega una hoja de Excel con los datos seleccionados para el periodo de tiempo solicitado por el usuario y en la forma que lo solicito ya sea con todos los datos de esos días o con el promedio de los valores de los parámetros para esos días (E-1). Si la actividad seleccionada es “Cerrar” simplemente se cierra la pantalla de creación de reportes (P-4)
<b>Subflujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	E-1 no hay datos: esto quiere decir que se eligió un periodo erróneo de consulta (fecha desde > fecha hasta) o que realmente no se tienen almacenados valores para este periodo; en este caso el sistema escribirá en el archivo Excel la leyenda “no hay datos para el periodo seleccionado” en el lugar de los datos.

A continuación se presenta el diagrama de secuencia correspondiente. En el cual sólo existe flujo principal y dos opciones “Generar Reporte” o “Cerrar”.

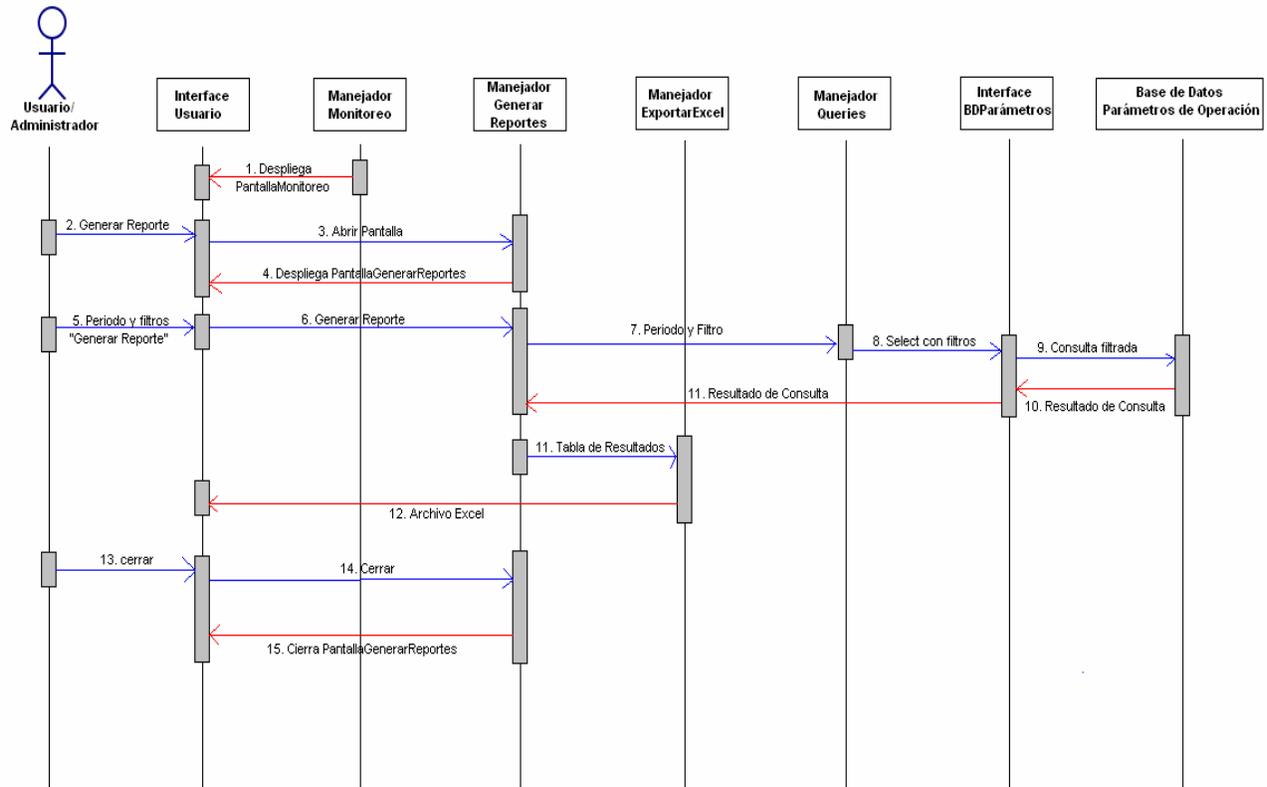


Figura A.2 Diagrama de secuencia del caso de uso Generar Reportes.

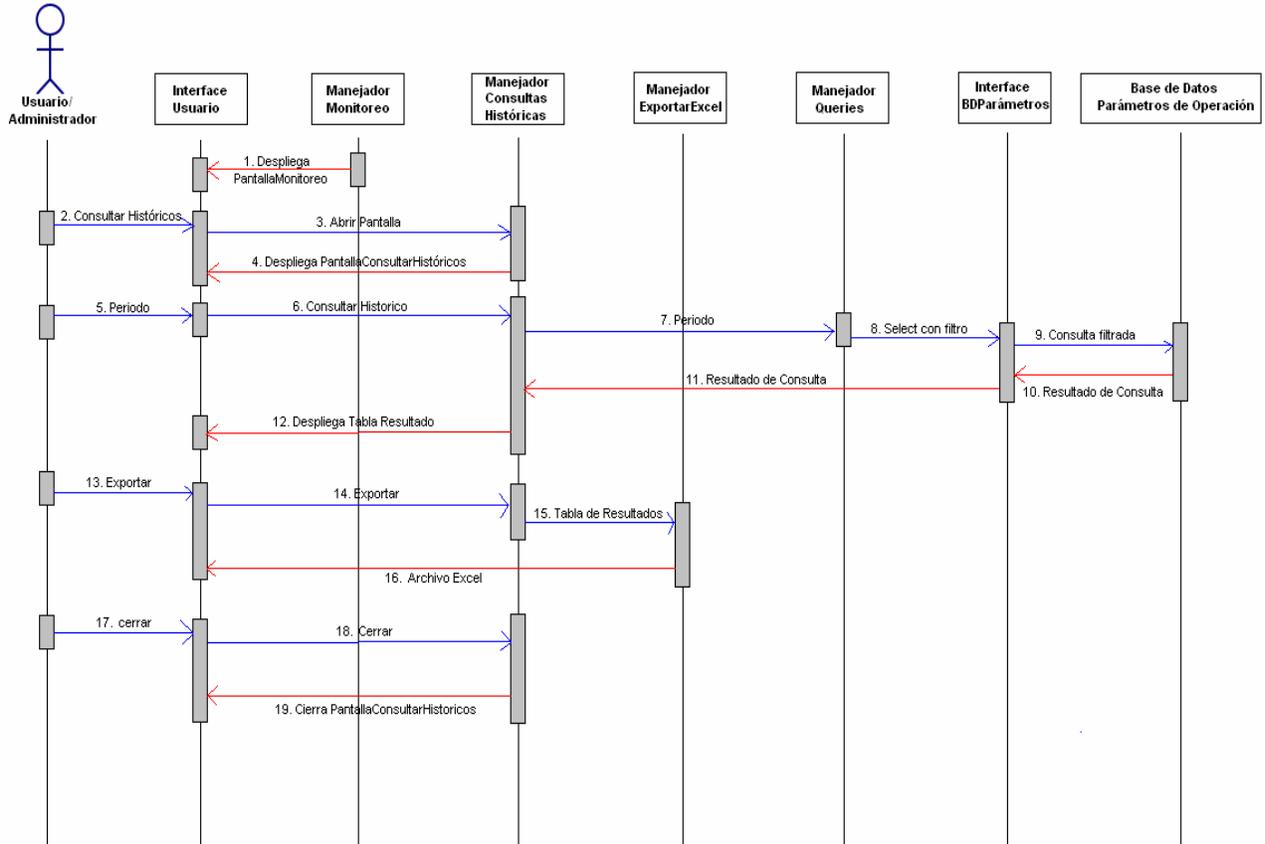
## CASO DE USO: CONSULTAR HISTÓRICO

El caso de uso Consultar Histórico está vinculado a la pantalla principal del sistema (P-2) y todos sus subflujos (P-3), y se llama a partir del caso de uso Monitoreo de Parámetros y sus subflujos.



<b>Precondiciones</b>	El sistema debe estar en ejecución.
<b>Flujo Principal</b>	<p>Se presenta al usuario la pantalla de consultas de históricos (P-5). El usuario puede filtrar los datos históricos para un periodo de tiempo: fecha “desde, “hasta” (periodo), y también puede elegir dos actividades “Exportar Datos a Excel” o “Cerrar”</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Exportar Datos a Excel” el sistema crea y despliega una hoja de Excel con los datos seleccionados para el periodo de tiempo consultado por el usuario (E-1).</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cerrar” simplemente se cierra la pantalla de consulta de históricos (P-5)</p>
<b>Subflujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	E-1 no hay datos: esto quiere decir que se eligió un periodo erróneo de consulta (fecha desde > fecha hasta) o que realmente no se tienen almacenados valores para este periodo, en este caso el sistema escribirá en el archivo Excel la leyenda “no hay datos para el periodo seleccionado” en el lugar de los datos.

A continuación se presenta el diagrama de secuencia asociado a este caso de uso. En el cual sólo existe flujo principal y dos opciones “Exportar a Excel” o “Cerrar”.



*Figura A.4 Diagrama de secuencia del caso de uso Consultar Históricos.*

CASO DE USO: ADMINISTRACIÓN SISTEMA

El caso de uso Administración Sistema está vinculado a la pantalla principal del sistema (P-2) y la pestaña “Admon” contenida en esta, y se llama a partir del caso de uso Monitoreo de Parámetros y sus subflujo S-7.

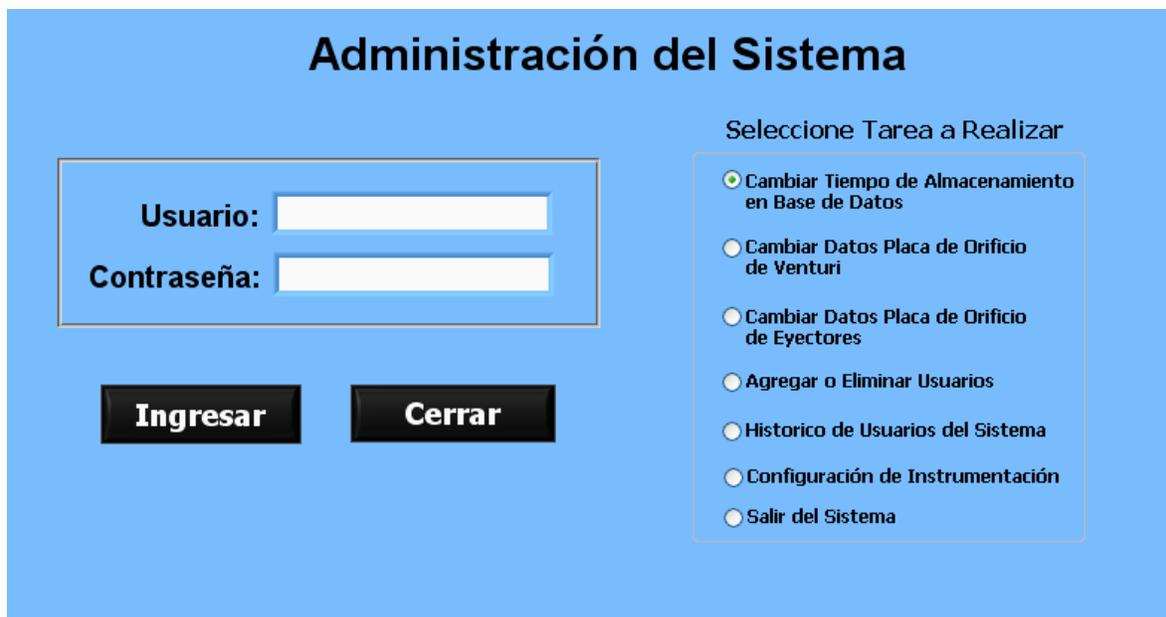


Figura A.5 Pantalla de Administración del Sistema (P-6).

<b>Caso de Uso</b>	Administración Sistema
<b>Actores</b>	Administrador
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Permite al administrador del sistema realizar tareas que comprenden la administración del sistema tales como cambiar parámetros de configuración, dar de alta y eliminar usuarios, y salir o cerrar sistema.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el administrador al oprimir el botón “Administración del Sistema” de la pantalla de subflujo (S-7) de la pantalla principal (P-2), este se conecta a la base de datos de usuarios, valida el nombre de usuario y contraseña para saber si el usuario pertenece al grupo de administradores.
<b>Precondiciones</b>	El sistema debe estar en ejecución.
<b>Flujo Principal</b>	Se presenta al usuario la pantalla de administración del sistema (P-6). El usuario puede seleccionar de entre 7 tareas a realizar y los botones ingresar y cerrar.  Si la actividad seleccionada es “ingresar” se continua con el caso de uso validar usuario, si se realiza la validación de usuario de forma exitosa (E-1), se continua entonces con el subflujo del caso de uso administración

	<p>sistema seleccionado.</p> <p>Las tareas que se pueden seleccionar son “Cambiar Tiempo de almacenamiento en la Base de Datos”, “Cambiar datos de placa orificio venturi”, “Cambiar Datos placa de orificio eyectores”, “Agregar o eliminar usuarios” , “Histórico de usuarios del sistema”, “configuración de Instrumentación” y “Salir del sistema” que corresponden a los subflujos S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6 y S-7 del caso de uso administración sistema.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “cerrar” se cierra la pantalla de administración del sistema (P-6).</p>
<p><b>Subflujos</b></p>	<p>S-1 Cambiar Tiempo de Almacenamiento en Base de Datos</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de configuración de almacenamiento en la base de datos.</p> <p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Guardar y Salir” y “Cancelar y Salir”</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Guardar y Salir” entonces se actualiza el periodo de almacenamiento para base de datos con el valor seleccionado por el administrador y se cierra la pantalla de configuración de almacenamiento en base de datos.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cancelar y Salir” se mantiene el valor del periodo actual y se cierra la pantalla de configuración de almacenamiento en base de datos.</p> <hr/> <p>S-2 Cambiar Datos Placa de Orificio Venturi.</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de configuración de parámetros de placa de orificio en venturi.</p> <p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Guardar y Salir” y “Cancelar y Salir”</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Guardar y Salir” entonces se actualizan los parámetros de la placa de orificio con los valores seleccionados por el administrador y se cierra la pantalla de parámetros de placa de orificio en venturi.</p>

	<p>Si la actividad seleccionada es “Cancelar y Salir” se mantiene los valores de los parámetros de la placa de orificio y se cierra la pantalla de parámetros de placa de orificio en venturi.</p>
	<p>S-3 Cambiar Datos Placa de Orificio Eyectores.</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de configuración de parámetros de placa de orificio en eyectores.</p> <p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Guardar y Salir” y “Cancelar y Salir”</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Guardar y Salir” entonces se actualizan los parámetros de la placa de orificio con los valores seleccionados por el administrador y se cierra la pantalla parámetros de placa de orificio en eyectores.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cancelar y Salir” se mantiene los valores de los parámetros de la placa de orificio y se cierra la pantalla de parámetros de placa de orificio en eyectores.</p>
	<p>S-4 Agregar o Eliminar Usuarios</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de agregar o eliminar usuarios.</p> <p>El administrador puede elegir entre tres actividades “Agregar”, “Eliminar” y “Salir”.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Agregar” entonces se ingresa a un nuevo usuario en la base de datos de usuarios del sistema con la información que proporciona el administrador y con un determinado tipo que también selecciona el administrador, ya sea operador o administrador.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Eliminar” se eliminan los datos y cuenta del usuario seleccionado por el administrador.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Salir” se cierra la pantalla de agregar o eliminar usuarios y no se realiza ningún cambio.</p>
	<p>S-5 Histórico de Usuarios del Sistema.</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de histórico de usuarios del sistema.</p>

	<p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Exportar Datos a Excel” y “Cerrar” y elegir un periodo de tiempo en días.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Exportar Datos a Excel” entonces se exportan a un archivo de Excel los datos o información de los usuarios del sistema que se desplegaron para el periodo seleccionado.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cerrar” se cierra la pantalla de histórico de usuarios del sistema.</p>
	<p>S-6 Configuración de Instrumentación.</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de configuración de instrumentos (P-7).</p> <p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Guardar y Salir” y “Cancelar y Salir” y seleccionar un instrumento de medición de los que están instalados en planta.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Guardar y Salir” entonces se actualizan los parámetros del instrumento de medición seleccionado y se cierra la pantalla de configuración de instrumentos.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cancelar y Salir” se mantienen los valores de los parámetros de los instrumentos y se cierra la pantalla de configuración de instrumentos.</p>
	<p>S-7 Salir del Sistema.</p> <p>Se presenta al administrador la pantalla de salir del sistema.</p> <p>El administrador puede elegir entre dos actividades “Si” y “No”.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Si” entonces el sistema se detiene y se cierran todas las pantallas.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “No” se continúa con la ejecución del sistema y se cierra la pantalla de salir del sistema.</p>
<p><b>Excepciones</b></p>	<p>E-1 No hay validación de usuario exitosa: esto puede deberse a dos casos uno por que el usuario no exista en la base de datos de usuarios y dos que el usuario exista en la base pero que no pertenezca al tipo de usuario administrador, en ambos casos el sistema desplegara un mensaje para pedir al usuario un nombre de usuario y contraseña válidos.</p>

### Configuración de Instrumentación

Instrumento:

T. Entrada Condensador lado A ▼

cFP AI110@3/Channel 5

**Valores Actuales para Rango**

Rangos de Salida

Minimo:  mA

Maximo:  mA

Rangos de Salida Conversión

Minimo:  °C

Maximo:  °C

**Cambiar Valores Por:**

Rangos de Salida

mA

mA

Rangos de Salida Conversión

°C

°C

Complete todos los campos  
al hacer un cambio

Guardar y Salir

Cancelar y Salir

*Figura A.6 Ejemplo de Pantalla de subflujo S-7 de opción “Configuración de Instrumentación” (P-7).*

A continuación se presentan los diagramas de secuencia asociados al presente caso de uso, en el cual además del flujo principal, existen 7 subflujos. Por lo cual se abordarán los diagramas de secuencia de manera individual para cada subflujo y asociando los de configuración en uno sólo, esto por tener la misma funcionalidad.

Subflujos de Configuración (S-1, S-2, S-3, S-6).

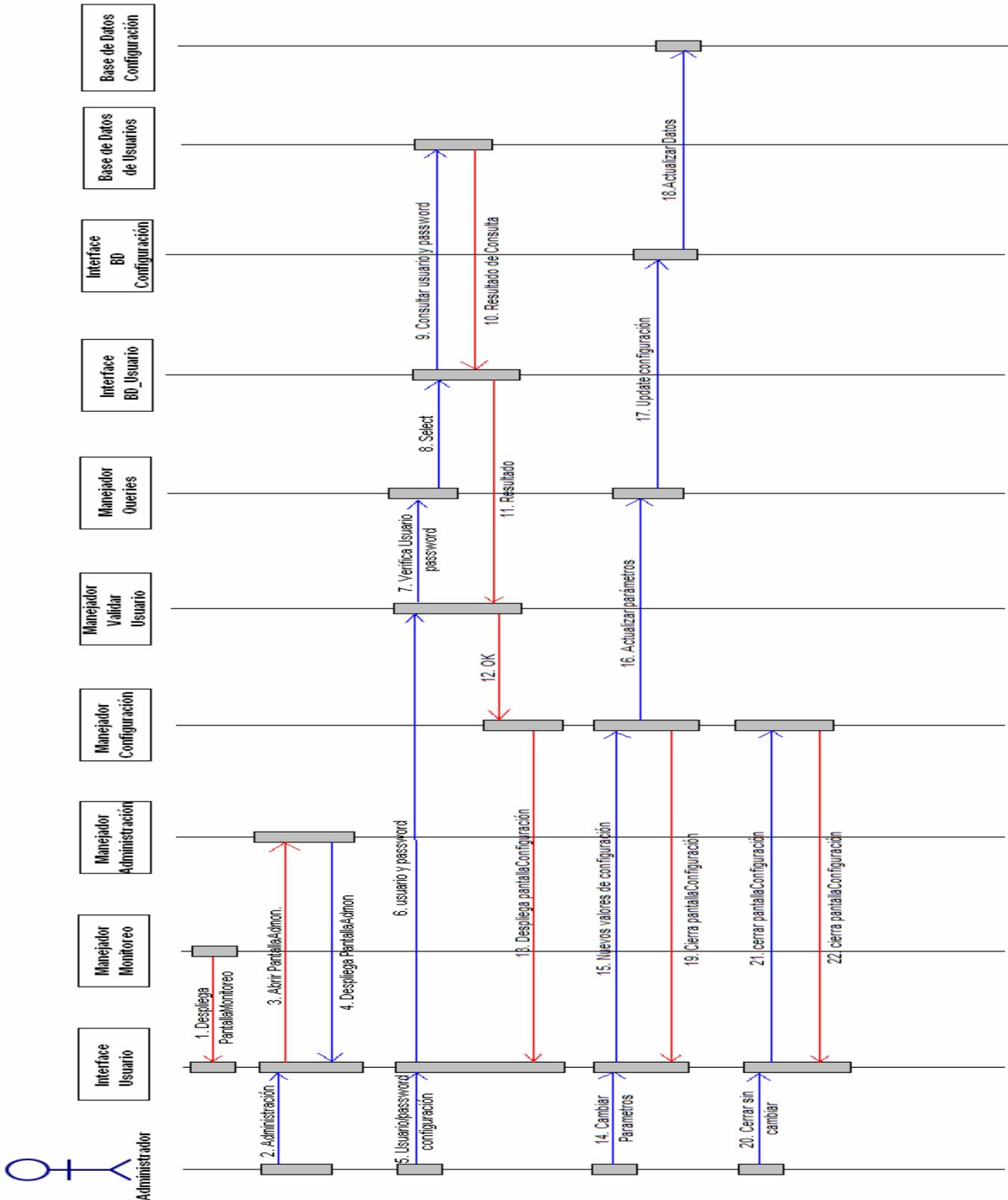
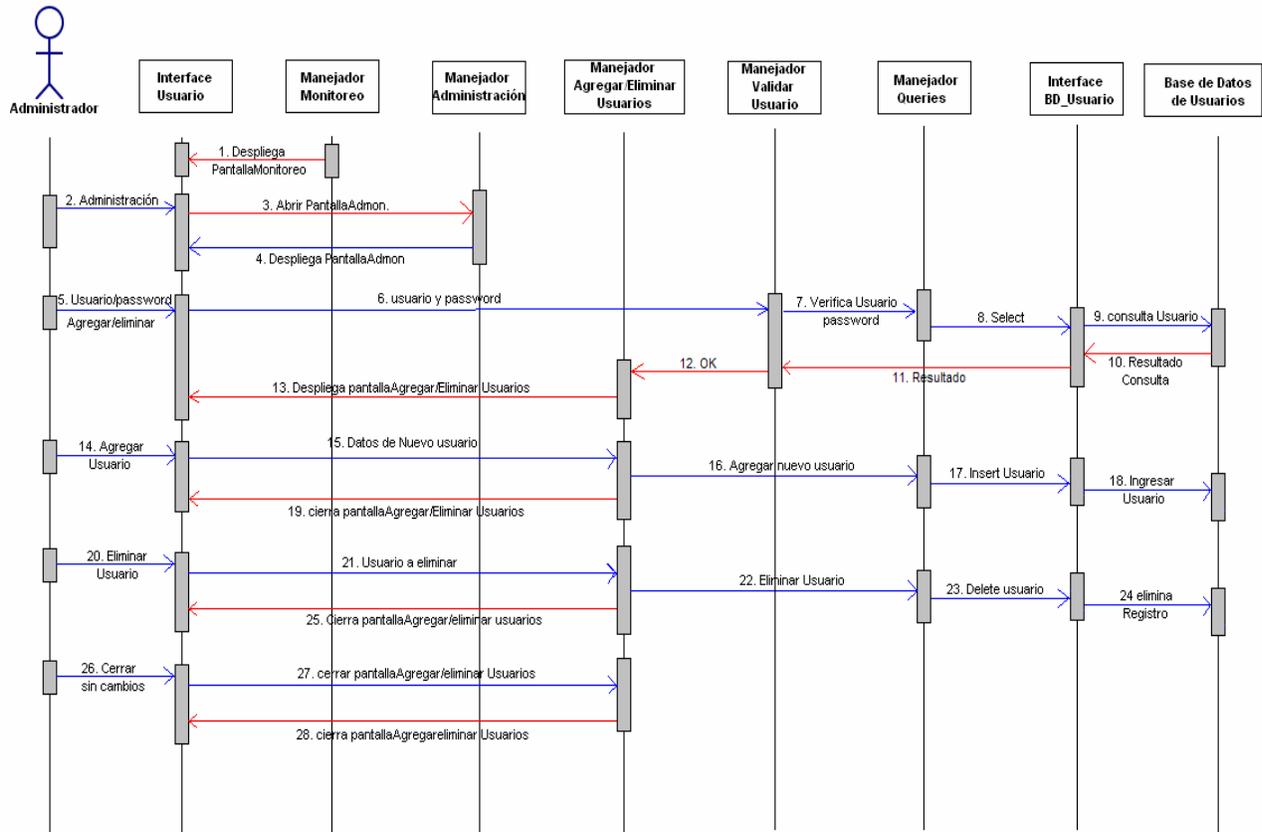


Figura A.7 Diagrama de secuencia del caso de uso Administración Sistema subflujos de configuración.

El siguiente diagrama de secuencia corresponde al subflujo de Agregar o eliminar usuario (S-4).



**Figura A.8** Diagrama de secuencia del caso de uso Administración Sistema subflujos de agregar o eliminar usuario.

El siguiente diagrama de secuencias corresponde al subflujo de Histórico de Usuarios S-5

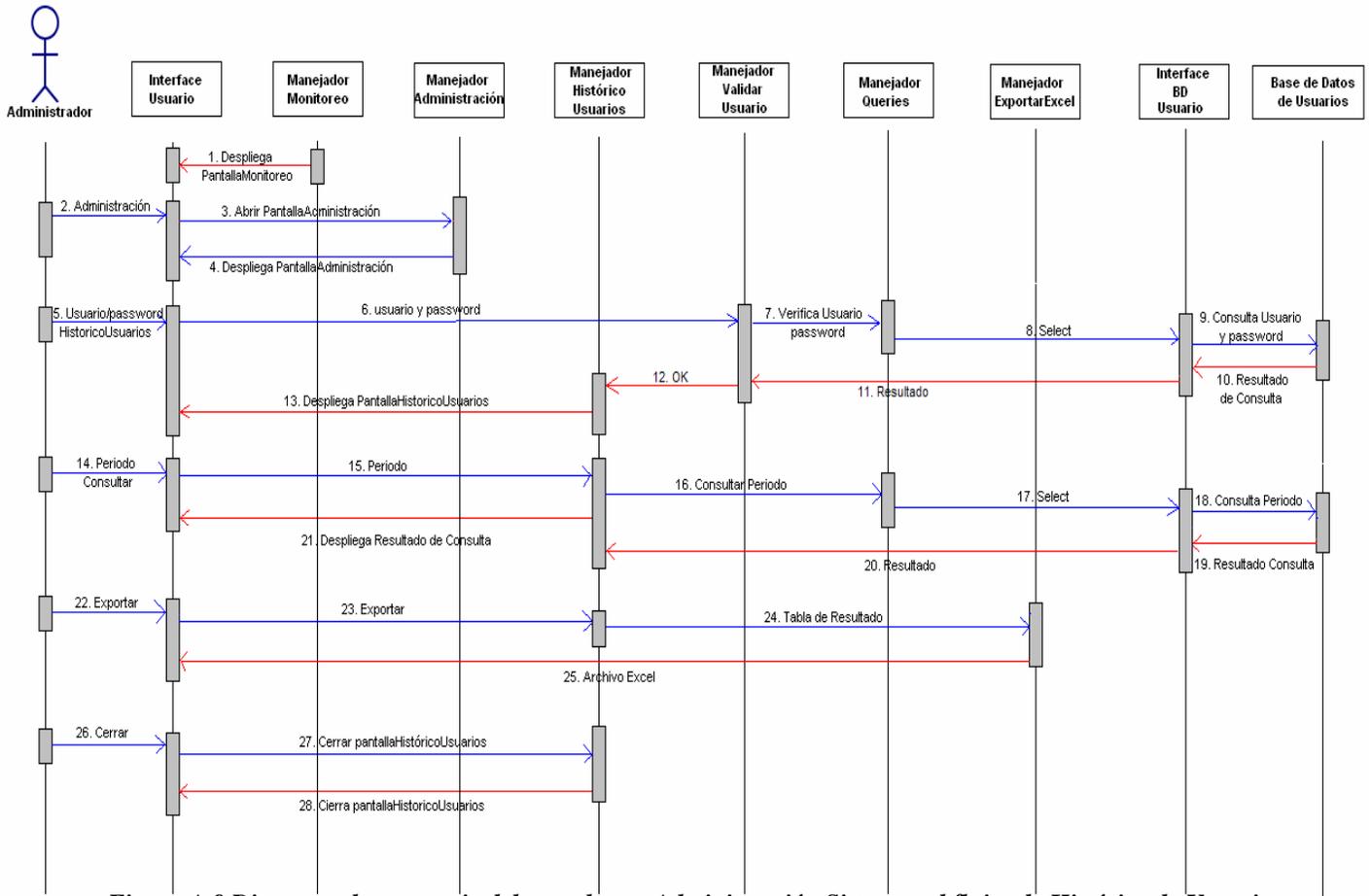


Figura A.9 Diagrama de secuencia del caso de uso Administración Sistema subflujos de Histórico de Usuarios.

El último subflujo del caso de uso de administración del sistema S-7 es Salir del sistema y a continuación se presenta su diagrama de secuencia.

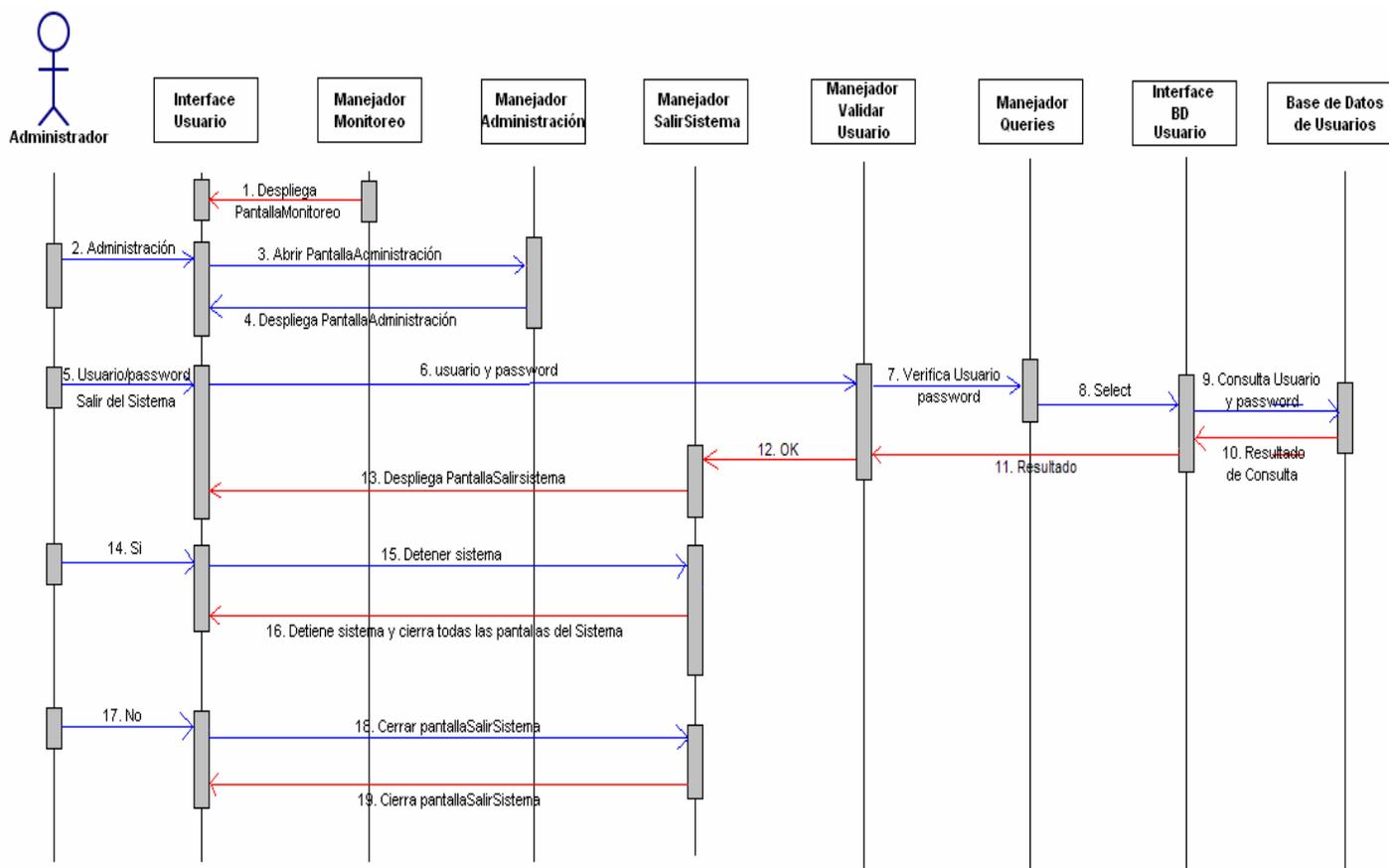


Figura A.10 Diagrama de secuencia del caso de uso Administración Sistema subflujos de Salir del Sistema.

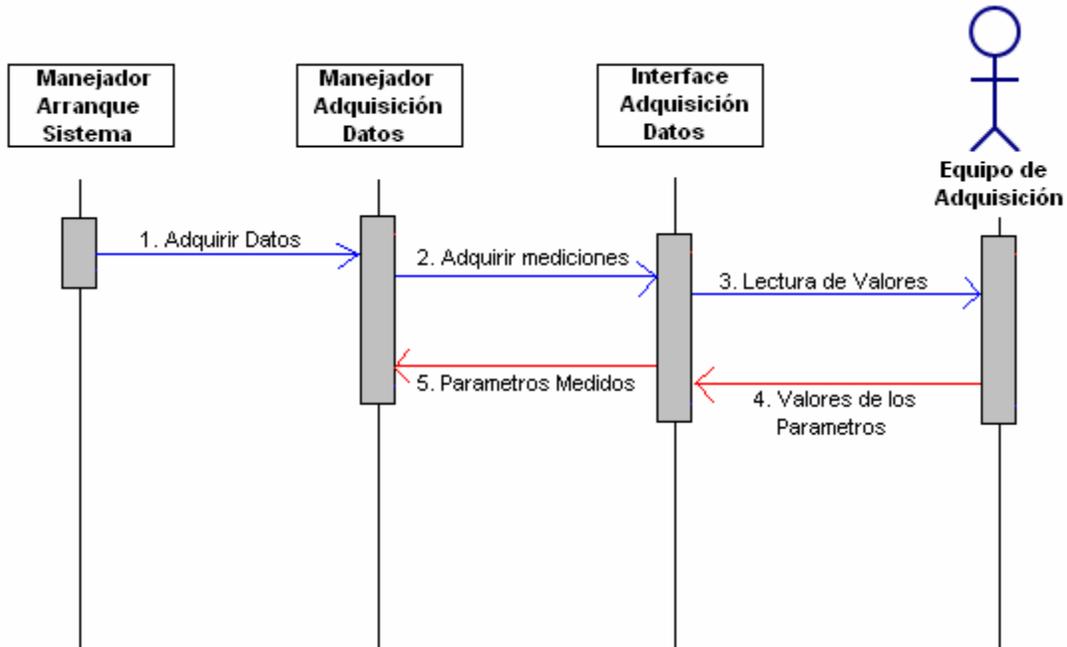
### CASO DE USO: ADQUISICIÓN DE DATOS

El caso de uso Adquisición de Datos está vinculado a los casos de uso Monitoreo de Parámetros y Alarmas.

<b>Caso de Uso</b>	Adquisición de Datos
<b>Actores</b>	Equipo de Adquisición
<b>Tipo</b>	Inclusión
<b>Propósito</b>	Adquirir y realizar los cálculos necesarios de todos los parámetros de operación de la planta para desplegarlos en tiempo real en la pantalla principal del sistema (P-2)

<b>Resumen</b>	Este caso de uso es iniciado por el caso de uso Monitoreo de Parámetros y el caso de uso Alarmas.
<b>Precondiciones</b>	El sistema debe estar en ejecución.
<b>Flujo Principal</b>	<p>La pantalla principal del sistema (P-2) y los casos de uso Monitoreo de parámetros y alarmas solicitan los valores de los parámetros de operación de la planta a este caso de uso.</p> <p>Este caso de uso adquiere los valores de los instrumentos de medición de un equipo de adquisición de datos y los transforma a las unidades y valores correctos que se deben desplegar en la pantalla principal.</p> <p>Toma estos valores medidos y con ellos calcula el resto de los parámetros de operación de la planta.</p> <p>Y por último envía estos valores a los casos de uso Monitoreo de parámetros y Alarmas, y a la base de datos de parámetros de operación.</p> <p>Deja de adquirir datos cuando el sistema se detiene.</p>
<b>Subflujos</b>	Ninguno
<b>Excepciones</b>	Ninguna.

El siguiente diagrama de secuencia describe este caso de uso.



*Figura A.11 Diagrama de secuencia del caso de uso Adquisición de Datos.*

#### CASO DE USO: MANEJO DE ALARMAS

El caso de uso Manejo de Alarmas está vinculado a la pantalla principal del sistema (P-2) y al caso de uso Adquisición de Datos.

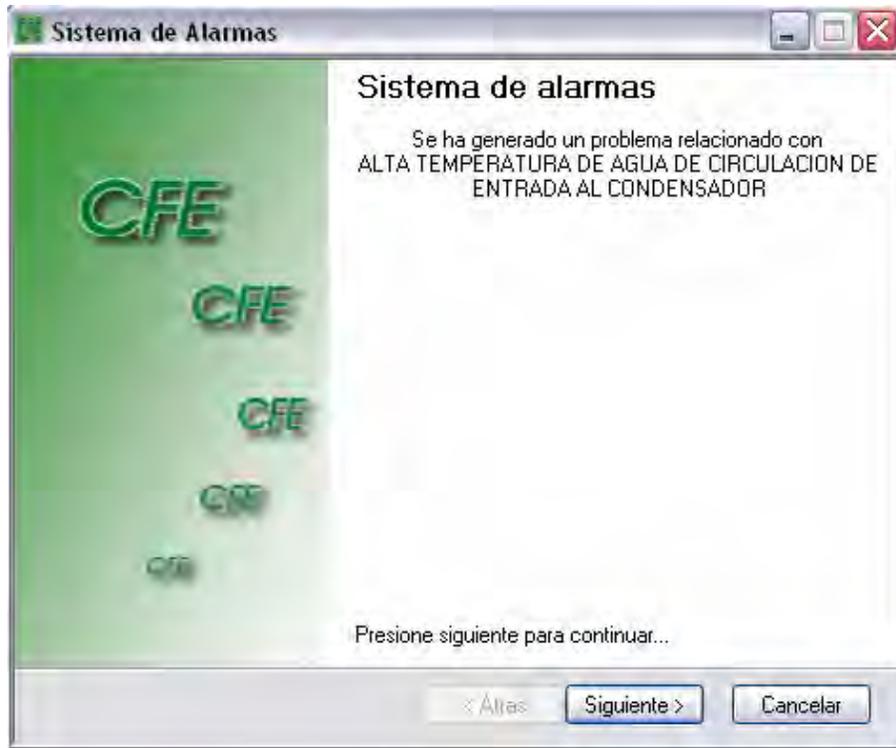


Figura A.12 Pantalla de Disparo de Alarma (P-8).

<b>Caso de Uso</b>	Manejo de Alarmas
<b>Actores</b>	Usuario, Administrador
<b>Tipo</b>	Básico
<b>Propósito</b>	Alertar al usuario del sistema cuando un parámetro de operación de la planta se encuentra fuera del rango de operación normal, ayudando a encontrar el problema y sugiriendo una solución a éste.
<b>Resumen</b>	Este caso de uso se inicia en dos formas: una es cuando el usuario oprime el botón “Revisar” de la pantalla principal (P-2) y la otra es iniciado por el mismo cuando detecta que alguno de los valores de los parámetros de operación de la planta se encuentra fuera de rango.
<b>Precondiciones</b>	El sistema debe estar en ejecución.
<b>Flujo Principal</b>	Existen dos formas en las que inicia este caso de uso: la primera cuando el caso de uso es iniciado por el mismo, al detectar un valor fuera de rango y la segunda cuando el usuario lo inicia a través de la actividad “Revisar” desde la pantalla principal.

	<p>En el primer caso se despliega la pantalla de Disparo de Alarma (P-8) que presenta al usuario el problema que generó la alarma, y da las opciones de siguiente y cancelar.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “siguiente” se le presenta al usuario un cuestionario secuencial de preguntas relacionadas con los posibles problemas que generaron esta alarma; preguntas a las cuales el usuario sólo tiene que responder “sí” o “no” y al finalizar el cuestionario el sistema dará un dictamen de la posible falla y una recomendación para solucionarla.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “cancelar”, la alarma se guarda con estatus de pendiente en la base de datos alarmas y se cierra la pantalla de Disparo de alarmas (P-8).</p> <p>En el segundo caso se presenta al usuario una relación de alarmas pendientes y dos opciones “Revisar Ahora”, o “Consultar Histórico”.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Revisar Ahora” entonces la actividad siguiente es ir a la pantalla de Disparo de Alarma (P-8) tomando el problema de la alarma pendiente seleccionada por el usuario.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Consultar Histórico”, se continúa con el subflujo Histórico de Alarmas (S-1).</p> <p>Por último el usuario puede cerrar o minimizar las pantallas en ambos casos.</p>
<p><b>Subflujos</b></p>	<p>S-1 Histórico de Alarmas.</p> <p>Se presenta al usuario la pantalla de histórico de alarmas del sistema.</p> <p>El usuario puede elegir entre dos actividades “Exportar Datos a Excel” y “Cerrar” y elegir un periodo de tiempo en días.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Exportar Datos a Excel” entonces se exportan a un archivo de Excel los datos o información de todas las alarmas del sistema que se desplegaron para el periodo seleccionado.</p> <p>Si la actividad seleccionada es “Cerrar” se cierra la pantalla de histórico de alarmas del sistema.</p>
<p><b>Excepciones</b></p>	<p>Ninguna</p>

Este caso de uso se puede ejecutar o disparar mediante dos formas, 1) automáticamente cuando alguno de los parámetros de operación de la planta se encuentre fuera de rango y 2) a petición del usuario. El primer diagrama de secuencia que se presenta a continuación describe cuando este caso de uso se dispara de forma automática por el sistema.

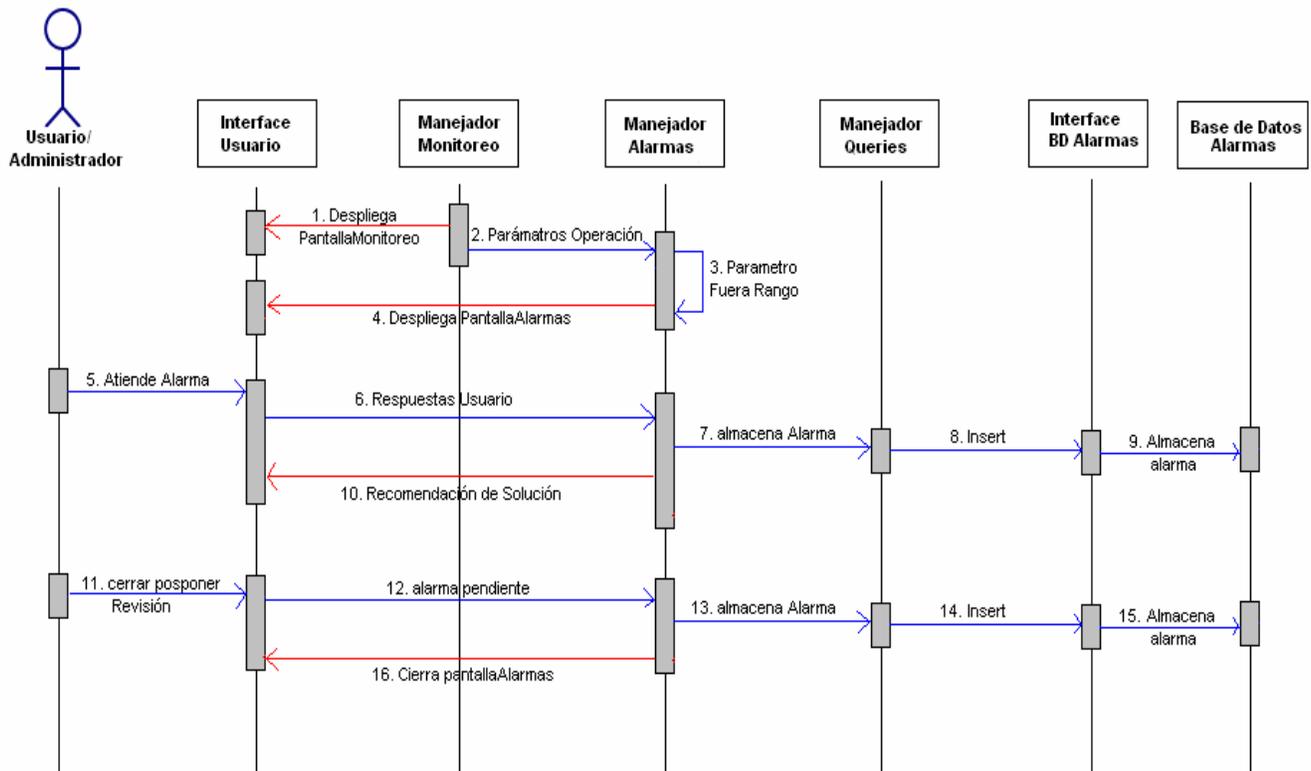


Figura A.13 Diagrama de secuencia del caso de uso Alarmas en forma automática de ejecución por el sistema.

El siguiente diagrama de secuencia corresponde a la forma de ejecución del caso de uso Manejo de Alarmas a petición del usuario.

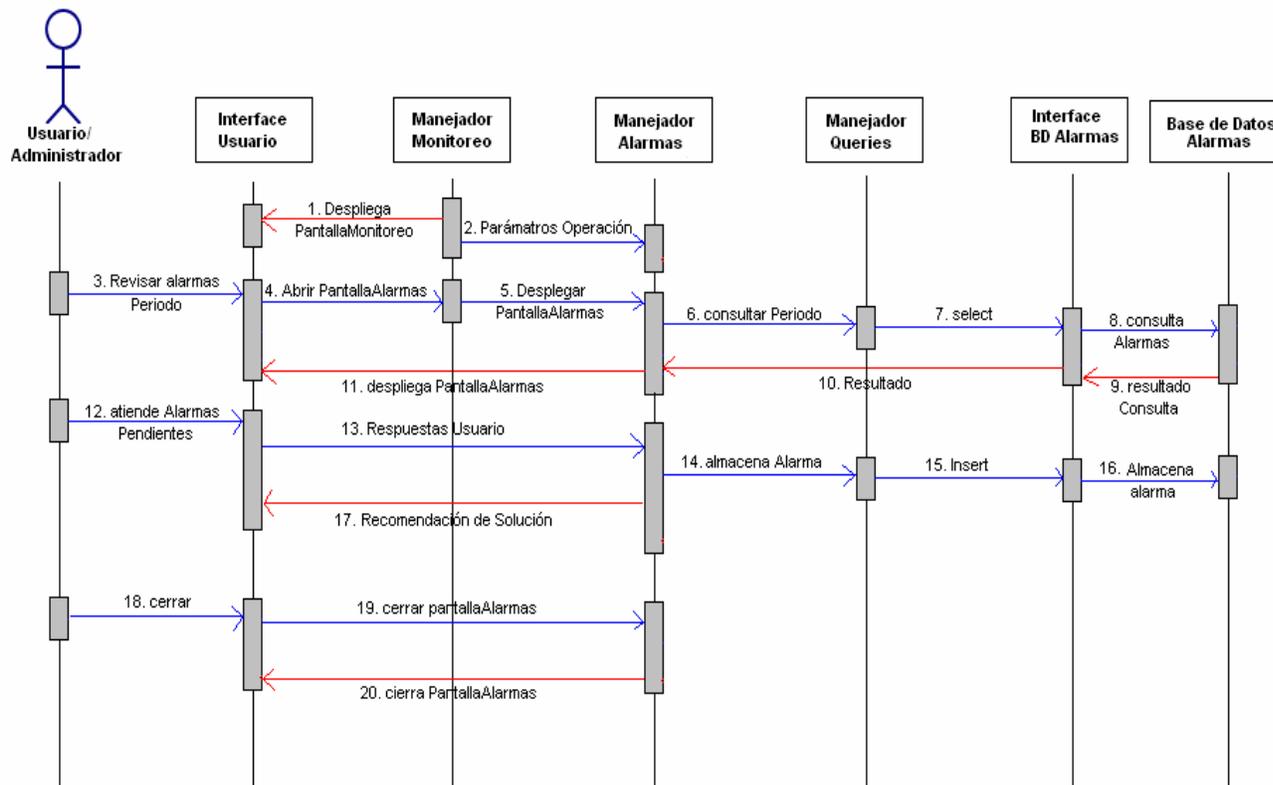


Figura A.14 Diagrama de secuencia del caso de uso Alarmas a petición del usuario.

## A.2. Diseño Detallado

Módulos de la capa de interfaz

<b>Módulo:</b> InterfaceBDUsuario	
<b>Descripción:</b> la información de cada usuario se almacena en la base de datos de usuarios que se accesa mediante la interface de BD de Usuario. Esto permite validar y guardar información sobre los usuarios.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
validarRegistroUsuario	Base de Datos de Usuarios
crearRegistroUsuario	Base de Datos de Usuarios
obtenerRegistroUsuario	Base de Datos de Usuarios
actualizarRegistroUsuario	Base de Datos de Usuarios
eliminarRegistroUsuario	Base de Datos de Usuarios

<b>Módulo:</b> InterfaceBDParámetros	
<b>Descripción:</b> los valores de medición de cada uno de los parámetros se almacenan en la base de datos de parámetros mediante la interface de BD de Parámetros. Esto permite almacenar los valores de las mediciones tomadas por los instrumentos instalados en la planta.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
insertarRegistroParámetro	Base de Datos Parámetros de Operación
obtenerRegistroParámetro	Base de Datos Parámetros de Operación

<b>Módulo:</b> InterfaceBDAlarmas	
<b>Descripción:</b> las alarmas generadas o que se presentan en el sistema se almacenan en la base de datos de alarmas mediante la interface de BD de alarmas. Esto permite almacenar las alarmas que se generen para llevar un control de estas.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
insertarRegistroAlarma	Base de Datos Alarmas
obtenerRegistroAlarma	Base de Datos Alarmas
actualizarRegistroAlarma	Base de Datos Alarmas

<b>Módulo:</b> InterfaceBDconfiguración	
<b>Descripción:</b> los parámetro de configuración del sistema como son constantes y variables de cálculos, tiempo de almacenamiento en BD, etc. se almacenan en la base de datos de alarmas mediante la interface de BD de configuración. Esto permite almacenar estos parámetros y cambiarlos cuando se requiera.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
obtenerRegistroConfiguración	Base de Datos de Configuración
actualizarRegistroConfiguración	Base de Datos de Configuración

<b>Módulo:</b> InterfaceAdquisiciónDatos	
<b>Descripción:</b> los parámetros de operación de la planta deben ser leídos u obtenidos por el sistema del equipo de adquisición de datos (Field Point) que se accesa mediante la interface de adquisición de datos. Esto permite desplegar en tiempo real los parámetros de operación de la planta tanto medidos como calculados.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	
obtenerMediciónParámetros	Equipo de Adquisición

<b>Módulo:</b> PantallaMonitoreo	
<b>Descripción:</b> pantalla principal que despliega todas la variables de operación medidas y calculadas de la planta (Fig. 3.9 P-2).	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaAdministración	
<b>Descripción:</b> pantalla con parámetros administrativos del sistema (Fig. A.5 P-6)	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaConsultaHistoricos	
<b>Descripción:</b> pantalla que devuelve la información de los valores de los parámetros almacenados en la base de datos para un periodo determinado (Fig. A.3 P-5).	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaGenerarReportes	
<b>Descripción:</b> pantalla que presenta un formulario para la creación de un reporte de valores de parámetros históricos almacenados en la BD (Fig. A.1 P-4).	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaAgregar/EliminarUsuarios	
<b>Descripción:</b> pantalla que presenta un formulario para la creación o eliminación de usuarios del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaAlarmas	
<b>Descripción:</b> pantalla que presenta la alerta con un cuestionario para solucionar la posible falla que genero dicha alarma (Fig. A.12 P-8).	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaHistoricoUsuarios	
<b>Descripción:</b> pantalla que devuelve la información de los usuarios que han iniciado sesión en el sistema para un periodo determinado.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaConfiguración	
<b>Descripción:</b> pantalla que devuelve la información de configuración actual del sistema y permite cambiar esta configuración (Fig. A.6 P-7).	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> PantallaSalirSistema	
<b>Descripción:</b> pantalla que permite cerrar el sistema y por ende detener su ejecución.	
<b>Estereotipo:</b> Borde	
<b>Atributos:</b>	

Módulos de la capa de Control

<b>Módulo:</b> ManejadorAdministración	
<b>Descripción:</b> el manejador de administración se encarga de controlar los accesos a los distintos manejadores y pantallas asociadas con la administración del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoAdministración	
desplegarPantalla	pantallaConfiuración, pantallaAgregar/EliminarUsuarios, pantallaHistoricoUsuarios, pantallaSalirSistema
enviarEvento	ManejadorConfiguración, ManejadorAgregar/EliminarUsuarios, ManejadorHistoricoUsuarios
enviarEventoValidarUsuario	ManejadorValidarUsuario

<b>Módulo:</b> ManejadorMonitoreo	
<b>Descripción:</b> el manejador de monitoreo se encarga de obtener todos los parámetros de operación de la planta y desplegarlos en la pantalla principal del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoMonitoreo	
desplegarPantalla	pantallaHistoricoUsuarios, pantallaGenerarReporte, pantallaAdministración
insertarRegistroParámetros	InterfaceBDparámetros
enviarEvento	ManejadorHistoricoUsuarios, ManejadorGenerarReporte, ManejadorAdministración, ManejadorAdquisiciónDatos, ManejadorCalculoParámetros, ManejadorGráficos

<b>Módulo:</b> ManejadorGenerarReporte	
<b>Descripción:</b> el manejador de Generar Reporte se encarga de la creación de un reporte que contenga parámetros de operación de la planta para un periodo determinado.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoGenerarReporte	
desplegarPantalla	pantallaGenerarReporte
enviarEvento	ManejadorExportarExcel
obtenerRegistroParámetros	InterfaceBDparámetros

<b>Módulo:</b> ManejadorConsultasHistoricas	
<b>Descripción:</b> el manejador de Consultas Históricas se encarga de la consulta de parámetros de operación de la planta almacenados en la BD para un periodo determinado.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	

manejarEventoConsultasHistóricas	
desplegarPantalla	pantallaConsultasHistóricas
enviarEvento	ManejadorExportarExcel
obtenerRegistroParámetros	InterfaceBDparámetros

<b>Módulo:</b> ManejadorAdquisiciónDatos	
<b>Descripción:</b> el manejador de Adquisición de Datos se encarga de la adquisición de los valores de los parámetros de operación que se encuentran en el equipo de adquisición de datos (FieldPoint) en forma de señales eléctricas (valores de corriente en mA).	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoAdquisiciónDatos	
obtenerValoresParametros	InterfaceAdquisiciónDatos

<b>Módulo:</b> ManejadorAlarmas	
<b>Descripción:</b> el manejador de Alarmas se encarga de lo relacionado con la generación y administración de alarmas del sistema (sistema experto).	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoAlarmas	
desplegarPantalla	pantallaAlarmas
generarAlarmas	
insertarRegistroAlarma	InterfaceBDalarmas
actualizarRegistroAlarma	InterfaceBDalarmas
obtenerRegistroAlarma	InterfaceBDalarmas

<b>Módulo:</b> ManejadorQueries	
<b>Descripción:</b> el manejador de queries se encarga de lo relacionado con la interacción en lenguaje SQL de las interfaces de BD con la BD respectiva. Básicamente envía las consultas, actualizaciones, inserciones y demás tareas necesarias en lenguaje SQL.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoQueries	InterfacesBD
generarQuerySelect	InterfacesBD
generarQueryUpdate	InterfacesBD
generarQueryInsert	InterfacesBD
generarQueryCreate	InterfacesBD
generarQueryDelete	InterfacesBD
generarConsultaWhere	InterfacesBD

<b>Módulo:</b> ManejadorConfiguración	
<b>Descripción:</b> el manejador de Configuración se encarga de los parámetros de configuración del sistema necesarios para cálculos y definición de operatividad del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoConfiguración	
desplegarPantalla	pantallaConfiguración
actualizarRegistroConfiguración	InterfaceBDconfiguración
obtenerRegistroConfiguración	InterfaceBDconfiguración

<b>Módulo:</b> ManejadorCalculoParámetros	
<b>Descripción:</b> el manejador de Cálculo de Parámetros se encarga de todos los cálculos necesarios para la obtención de los parámetros de balance térmico operativos de la planta.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoCalculoParametros	
enviarEvento	ManejadorAdquisiciónDatos
generarParámetrosCalculados	
insertarRegistroParametros	InterfaceBDconfiguración
obtenerRegistroConfiguración	InterfaceBDconfiguración

<b>Módulo:</b> ManejadorAgregar/EliminarUsuarios	
<b>Descripción:</b> el manejador de Agregar/Eliminar Usuarios se encarga de la creación y registro de nuevos usuarios del sistema o su eliminación del mismo.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoAgregar/EliminarUsuarios	
desplegarPantalla	pantallaAgregar/EliminarUsuarios
insertarRegistroUsuario	InterfaceBDusuarios
borrarRegistroUsuario	InterfaceBDusuarios

<b>Módulo:</b> ManejadorHistóricoUsuarios	
<b>Descripción:</b> el manejador de Histórico de Usuarios se encarga del registro de las sesiones iniciadas y terminadas en el sistema, así como el registro del usuario que realizó dicha acción.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoHistóricoUsuarios	
desplegarPantalla	pantallaHistóricoUsuarios
enviarEvento	ManejadorExportarExcel

insertarRegistroUsuarioLogin	InterfaceBDusuarios
obtenerRegistroUsuarioLogin	InterfaceBDusuarios

<b>Módulo:</b> ManejadorSalirSistema	
<b>Descripción:</b> el manejador de Salir del Sistema se encarga del cierre o termino de ejecución del sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoSalirSistema	
desplegarPantalla	pantallaSalirSistema
enviarEventoCerrar	PantallaInicio, PantallaMonitoreo, PantallaAdministración, PantallaConsultarHistóricos, PantallaGenerarReportes, PantallaAgregar/EliminarUsuarios, Pantallalarmas, PantallaHistoricoUsuarios, PantallaConfiguración, PantallaSalirSistema
enviarEventoDetener	ManejadorArranqueSistema, ManejadorValidarUsuario, ManejadorAdministración, ManejadorMonitoreo, ManejadorGenerarReporte, ManejadorConsultasHistóricas, ManejadorAdquisiciónDatos, Manejador Alarmas, ManejadorQueries, ManejadorConfiguración, ManejadorCalculoParametros, ManejadorAgregar/EliminarUsuarios, ManejadorHistoricoUsuarios, ManejadorSalirSistema, ManejadorExportarExcel, ManejadorGraficos

<b>Módulo:</b> ManejadorExportarExcel	
<b>Descripción:</b> el manejador de Exportar a Excel se encarga de la creación de un documento en Excel con los datos seleccionados por el usuario en el sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoExportarExcel	
desplegarArchivoExcel	paqueteExcel
obtenerDatos	
enviarEvento	Ejecutable ExcelMicrosoftOffice
crearArchivoExcel	
manejoDatos	

<b>Módulo:</b> ManejadorGráficos	
<b>Descripción:</b> el manejador de Gráficos se encarga de la creación de las graficas desplegadas por el sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Control	
<b>Atributos:</b>	
manejarEventoGráficos	
desplegarGráficos	pantallas
obtenerDatos	
crearGráficas	
controlGráficos	

#### Módulos de la capa de entidad

<b>Módulo:</b> DatosUsuario	
<b>Descripción:</b> para tener acceso y control de los usuarios que acceden al sistema se debe contar con un registro de usuarios, tales como: nombre, puesto, fecha y hora en la que iniciaron sesión en el sistema, así como cuando la terminaron. Estos usuarios deben tener una jerarquía dentro del sistema para desempeñar tareas de administrador u operador del	

sistema.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> ParámetrosMedidos	
<b>Descripción:</b> para tener los valores de los parámetros de operación de la planta en un formato adecuado para su visualización se requiere transformar las señales eléctricas en valores de unidades adecuadas para su interpretación como: kg/cm <sup>2</sup> , °C, etc.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> ParámetrosCalculados	
<b>Descripción:</b> para tener los valores de los parámetros de balance térmico de la planta se requiere realizar cálculos con las ecuaciones y metodologías proporcionadas por la planta.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> VariablesConfiguración	
<b>Descripción:</b> para hacer los cálculos del balance térmico de la planta y mantener control del sistema, éste requiere de un cierto número de parámetros de configuración, a los cuales debe tener acceso durante su arranque y ser capaz de cambiar estos parámetros durante su ejecución.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> ParámetrosHistóricos	
<b>Descripción:</b> el sistema debe ser capaz de almacenar todas las variables de operación de la planta, tanto medidas como calculadas. Esto con el fin de que el usuario tenga acceso al histórico de mediciones.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> Gráficos	
<b>Descripción:</b> el sistema debe ser capaz de graficar los parámetros de operación de la planta, con el propósito de que el usuario pueda hacer comparativos visuales del comportamiento de estos parámetros.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	

<b>Módulo:</b> Alarmas	
<b>Descripción:</b> para mantener un mejor control del proceso productivo de la planta el sistema debe alertar al usuario cuando uno de los parámetros operativos de la planta se encuentre fuera de rango, debe sugerirle acciones para encontrar la falla y sugerirle una solución.	
<b>Estereotipo:</b> Entidad	
<b>Atributos:</b>	







# APÉNDICE B

## B.1. Tablas de Conocimiento

### ALARMA 1

		CAVITACIÓN DE BOMBA	BAJO NIVEL PILETA	DREN ABIERTO CERRADO RETORNO ENFRIAMIENTO AUXILIARES
	BAJA EFICIENCIA DE BOMBA DE AGUA DE CIRCULACIÓN		VÁLVULA DE DESCARGA DE BOMBA ESTRANGULADA	FALLA EN SISTEMA INT. LÓGICA FALLA INTERNA DE VÁLVULA SUCIEDAD EN REJILLAS
<b>ALTA TEMPERATURA DE AGUA DE CIRCULACIÓN DE ENTRADA AL CONDENSADOR</b>		BAJO AMPERAJE DE BOMBA	REJILLAS TAPADAS FALLA MECÁNICA DE BOMBA	RUIDO VIBRACIÓN O CABECEO SEDIMENTOS EN ASPERSORES
	BAJA EFICIENCIA TORRE DE ENFRIAMIENTO	BAJO FLUJO EN CORTINA DE CELDAS	ASPERSORES TAPADOS MALA DISTRIBUCIÓN DE AGUA A CELDAS	VÁLVULA DE CELDA ESTRANGULADA
		FALLA VENTILADORES TORRE DE ENF.	FALLA ELÉCTRICA  FALLA MECÁNICA VENTILADORES DE TORRE DE ENF.	DISPARO DE INTERRUPTOR DEL MOTOR DISPARO DE BUS
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	
			INSTRUMENTO DESCALIBRADO	

## ALARMA 2

	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
			CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
<b>ALTA TEMPERATURA AGUA EN POZO CALIENTE</b>	ALTA CARGA TÉRMICA EN CONDENSADOR	FLUJO EXCESIVO DE DRENAJES DE VAPOR ALTO FLUJO DE VAPOR PRINCIPAL	FALLA TRAMPAS DE VAPOR BY PASS DE TRAMPAS ABIERTO MAYOR POTENCIA DE GENERACIÓN DE LA UNIDAD
	BAJO VACÍO EN CONDENSADOR PRINCIPAL	<b>CONECTA CON ALARMA 3, MISMA CONDICIÓN</b>	
	BAJO FLUJO AGUA ENFRIAMIENTO	BAJA EFICIENCIA DE BOMBAS DE AGUA DE CIRCULACIÓN	<b>**CONECTA CON ALARMA 1, MISMA CONDICIÓN.</b>

### ALARMA 3

	BAJA EFICIENCIA EN CONDENSADOR	INCREMENTO EN PRESIÓN DIFERENCIAL EN CAJA DE AGUA BAJO FLUJO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	TUBOS DE CONDENSADOR SUCIOS BAJA EFICIENCIA DE BOMBAS AGUA DE CIRCULACIÓN	ARRASTRE DE SEDIMENTOS Y/O MICROORGANISMOS AL CONDENSADOR  <b>CONECTA CON ALARMA 1, MISMA CONDICIÓN</b>
	ALTA TEMPERATURA DE AGUA ENTRADA AL CONDENSADOR			<b>CONECTA CON ALARMA 1, MISMA CONDICIÓN</b>
		FALLA LAZO DE CONTROL DE NIVEL FALLA LAZO DE CONTROL DE RECIRCULACIÓN DE FLUJO MÍNIMO		DESCALIBRACIÓN DE LAZO DE CONTROL DE NIVEL DESCALIBRACIÓN EN LAZO DE CONTROL DE RECIRCULACIÓN DE FLUJO MÍNIMO
		TUBOS ROTOS EN CONDENSADOR		
<b>BAJO VACÍO EN CONDENSADOR PRINCIPAL</b>	ALTO NIVEL EN POZO CALIENTE	BAJA EFICIENCIA DE BOMBA DE POZO CALIENTE	DISPARO DE BOMBA DE POZO CALIENTE VÁLVULA DE DESCARGA CERRADA O ESTRANGULADA VÁLVULA DE SUCCIÓN DE BOMBA CERRADA O ESTRANGULADA	
			ENTRADA DE AIRE EN SUCCIÓN DE BOMBA FILTRO DE SUCCIÓN DE BOMBA SUCIO	BAJA PRESIÓN DE VACÍO EN SUCCIÓN DE LA BOMBA VÁLVULA DE VENTEO DE LÍNEA IGUALADORA ABIERTA PRESIÓN DIFERENCIAL ALTA EN FILTRO DE BOMBA
	BAJA PRESIÓN VAPOR DE SELLOS			<b>CONECTA CON ALARMA 9, MISMA CONDICIÓN</b>
		FALLA EN LAZO DE CONTROL DE PRESIÓN DE VAPOR A SELLOS VÁLVULAS DE GASES Y VAPOR A EYECTORES ESTRANGULADAS		FALLA EN MECANISMO
	FALLA SISTEMA EXTRACCIÓN DE GASES	BAJA PRESIÓN DE VAPOR A EYECTORES		<b>CONECTA CON ALARMA 4, MISMA CONDICIÓN</b>
		ALTO CONTENIDO DE GASES EN VAPOR DE ADMISIÓN		RANGO MAYOR 2.5 POR CIENTO

### ALARMA 4

<b>BAJA PRESIÓN VAPOR A EYECTORES</b>	VÁLVULA NEUMÁTICA DE VAPOR A EYECTORES CERRADA		FALTA DE AIRE	FUGAS FALLA SOLENOIDE FALLA COMPRESOR
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MUY ALTO NIVEL POSTCONDENSADOR	DRENAJE A CONDENSADOR INSUFICIENTE TUBERÍA ROTA DRENES BLOQUEADOS
	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL.		TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	FALLA SWITCH DE MUY ALTO NIVEL
			CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO	
		<b>CONECTA CON ALARMA 9, MISMA CONDICIÓN</b>		

### ALARMA 5

<b>ALTA PRESIÓN DE VAPOR A EYECTORES</b>	ALTA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL		<b>CONECTA CON ALARMA 10, MISMA CONDICIÓN</b>	
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO

## ALARMA 6

	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL		<b>CONECTA CON ALARMA 9, MISMA CONDICIÓN</b>
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
			FALLA EN VÁLVULA DE DREN
<b>BAJA TEMPERATURA DE VAPOR A EYECTORES</b>			ALTO NIVEL EN SECADOR
	HUMEDAD EN EL VAPOR (ALTA CONDUCTIVIDAD)		DRENAJE DE TRAMPAS INSUFICIENTE
			EXCESO DE CONDENSADO EN EL VAPOR FALLA EN TRAMPAS
			<b>CONECTA CON ALARMA 9 MISMA CONDICIÓN</b>
	BAJA PRESIÓN VAPOR EYECTORES		<b>CONECTA CON ALARMA 4, MISMA CONDICIÓN</b>

## ALARMA 7

	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
<b>ALTA TEMPERATURA DE VAPOR A EYECTORES</b>			<b>CONECTA CON ALARMA 10, MISMA CONDICIÓN</b>
	ALTA PRESIÓN DE VAPOR		

## ALARMA 8

<b>BAJA TEMPERATURA DE VAPOR ENTRADA A TURBINA</b>	FALLA DE INSTRUMENTO	DESCALIBRACIÓN FALSO CONTACTO O CONTAMINACIÓN DE CONEXIONES APERTURA DE VÁLVULA DE REGULACIÓN Y DESFOGUE OPERACIÓN DE DISCO DE SEGURIDAD INCREMENTO DE GENERACIÓN ARRASTRE DE CONDENSADO
	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL MAL FUNCIONAMIENTO EN DRENES Y TRAMPAS DE CONDENSADO
	HUMEDAD EN EL VAPOR	

## ALARMA 9

<b>BAJA PRESIÓN DE VAPOR ENTRANDO A TURBINA ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL</b>	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL	DISMINUCIÓN DE FLUJO DE VAPOR DE SUMINISTRO	DISCO DE SEGURIDAD OPERADO FALLA EN LAZO DE CONTROL FALLA EN SOLENOIDE BAJA PRESIÓN DE AIRE APERTURAS DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD VAPOR FLUYENDO A UNIDAD 13 POR DIFERENCIA DE PRESIONES RETIRO DE POZOS VAPOR FLUYENDO A UNIDAD 12 POR DIFERENCIA DE PRESIONES
		APERTURA DE VÁLVULAS DE CONTROL	CAMBIO RÁPIDO DE CARGA A INCREMENTAR FALLA EN CONTROL DE TURBINA
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO

## ALARMA 10

<b>ALTA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL ENTRANDO A TURBINA ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL</b>		INCREMENTO SÚBITO DE FLUJO DE VAPOR HACIA LA UNIDAD	CIERRE DE VÁLVULA REGULACIÓN Y DESFOGUE	FALLA EN AUTOMÁTICO DE LAZO DE CONTROL CONSIGNA ALTA DE PRESION
			MANIOBRAS EN POZOS VAPOR FLUYENDO DE UNIDAD 13	
	ALTA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL	CIERRE DE VÁLVULAS DE CONTROL	DISPARO DE UNIDAD	
		TURBINA INCRUSTADA CON SÍLICE	RÁPIDO DESCENSO DE GENERACIÓN	FALLA EN CONTROL TURBINA
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	ALTA CONCENTRACIÓN DE SÍLICE Y FUERA DE SERVICIO SISTEMA DE LAVADO TURBINA	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
			CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	INSTRUMENTO DESCALIBRADO

## ALARMA 11

<b>ALTA TEMPERATURA DE VAPOR PRINCIPAL</b>	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
			CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
	ALTA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL		<b>CONECTA CON ALARMA 10, MISMA CONDICIÓN</b>

## ALARMA 12

<b>BAJA PRESIÓN DE VAPOR DESPUÉS DE LA VÁLVULA DE CONTROL</b>	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL		<b>CONECTA CON ALARMA 9, MISMA CONDICIÓN</b>
		CIERRE DE VÁLVULAS DE CONTROL	DISPARO DE UNIDAD RÁPIDO DESCENSO DE GENERACIÓN FALLA EN CONTROL TURBINA
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO

**ALARMA 13**

	ALTA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL		<b>CONECTA CON ALARMA 10, MISMA CONDICIÓN</b>
<b>ALTA PRESIÓN DE VAPOR DESPUÉS DE VÁLVULA DE CONTROL</b>	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
	TURBINA INCRUSTADA CON SÍLICE		CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO)
	APERTURA DE VÁLVULAS DE CONTROL		INSTRUMENTO DESCALIBRADO
	INCREMENTO SÚBITO DE FLUJO DE VAPOR A LA UNIDAD		ALTA CONCENTRACIÓN DE SÍLICE Y FUERA DE SERVICIO SISTEMA DE LAVADO TURBINA
			CAMBIO RÁPIDO DE CARGA A INCREMENTAR
			<b>CONECTA CON ALARMA 10, MISMA CONDICIÓN</b>

**ALARMA 14**

	BAJO VACÍO		<b>CONECTA CON ALARMA 3, MISMA CONDICIÓN</b>
<b>ALTA TEMPERATURA VAPOR ESCAPE TURBINA</b>	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE
	INCREMENTO DE FLUJO DE VAPOR		CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO)
	FALLA SISTEMA DE ROCIÓ CARCAZA	FALLA DE VÁLVULA DE CONTROL DE TEMPERATURA	INSTRUMENTO DESCALIBRADO
		FALLA SENSOR TÉRMICO	
		FALLA MECÁNICA SISTEMA DE ASPERSIÓN	
		FALTA DE AIRE	<b>CONECTA CON ALARMA 4, MISMA CONDICIÓN</b>
		VÁLVULA ATORADA	
		ASPERSORES TAPADOS	
		TUBERÍA DAÑADA	

## ALARMA 15

<b>BAJA TEMPERATURA DE AGUA DE POZO CALIENTE</b>	BAJA PRESIÓN DE VAPOR DESPUÉS DE LA VÁLVULA DE CONTROL	BAJA PRESIÓN DE VAPOR PRINCIPAL	<b>CONECTA CON ALARMA 12, MISMA CONDICIÓN</b>
		CIERRE DE VÁLVULAS DE CONTROL	<b>CONECTA CON ALARMA 12, MISMA CONDICIÓN</b>
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
	TUBOS ROTOS EN CONDENSADOR	ENTRADA DE AGUA DE CIRCULACIÓN AL POZO CALIENTE	FLUJO DE CONDENSADO MAYOR AL FLUJO DE VAPOR PRINCIPAL

## ALARMA 16

<b>ALTA TEMPERATURA DE AGUA DE CIRCULACIÓN SALIDA DEL CONDENSADOR</b>	BAJA EFICIENCIA EN CONDENSADOR		<b>CONECTA CON ALARMA 3, MISMA CONDICIÓN</b>
	FALLA LAZO DE MEDICIÓN	FALLA INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO
	ALTA CARGA TÉRMICA EN CONDENSADOR		<b>CONECTA CON ALARMA 3, MISMA CONDICIÓN</b>
	BAJA EFICIENCIA TORRE DE ENFRIAMIENTO		<b>CONECTA CON ALARMA 1, MISMA CONDICIÓN</b>

**B.2. Tablas de Recomendaciones o soluciones**

PROBLEMA	SOLUCIÓN
DREN ABIERTO	CERRAR
CERRADO RETORNO ENFRIAMIENTO AUXILIARES	ABRIR
FALLA EN SISTEMA INTERPOSICIÓN LÓGICA	ABRIR VÁLVULA CON MECANISMO MANUAL
FALLA INTERNA DE VÁLVULA	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
SUCIEDAD EN REJILLAS	PROGRAMAR LIMPIEZA DE REJILLAS
RUIDO	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
VIBRACIÓN O CABECEO	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y EVALUAR EL ESTADO OPERATIVO DE LA BOMBA
SEDIMENTOS EN ASPERSORES	PROGRAMAR LIMPIEZA DE ASPERSORES Y AJUSTAR CARGA
VÁLVULA DE CELDA ESTRANGULADA	AJUSTAR CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y PROGRAMAR REPARACIÓN
DISPARO DE INTERRUPTOR DEL MOTOR	AJUSTAR CARGA, EFECTUAR REVISIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROTECCIÓN OPERADA.
DISPARO DE BUS	AJUSTAR CARGA, EFECTUAR REVISIÓN EN FUNCIÓN DE LA PROTECCIÓN OPERADA.
FALLA MECÁNICA VENTILADORES DE TORRE DE ENF.	AJUSTAR CARGA EFECTUAR REVISIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN
FALLA TRAMPAS DE VAPOR	BLOQUEAR TRAMPA Y PROGRAMAR SU REVISIÓN
BY PASS DE TRAMPAS ABIERTO	CERRAR
MAYOR POTENCIA DE GENERACIÓN DE LA UNIDAD	AJUSTAR CARGA

PROBLEMA	SOLUCIÓN
ARRASTRE DE SEDIMENTOS Y/O MICROORGANISMOS AL CONDENSADOR	PROGRAMAR CHOQUE BIOLÓGICO, CHOQUE TÉRMICO O LIMPIEZA MECÁNICA
DESCALIBRACIÓN DE LAZO DE CONTROL DE NIVEL	OPERAR CONTROL DE NIVEL EN MANUAL Y SOLICITAR CALIBRACIÓN
DESCALIBRACIÓN EN LAZO DE CONTROL DE RECIRCULACIÓN DE FLUJO MÍNIMO	OPERAR CONTROL DE NIVEL EN MANUAL Y SOLICITAR CALIBRACIÓN
TUBOS ROTOS EN CONDENSADOR	PONER EN SERVICIO LA BOMBA DE RESPALDO Y PROGRAMAR REPARACIÓN DE TUBOS
DISPARO DE BOMBA DE POZO CALIENTE	PONER BOMBA DE RESPALDO EN SERVICIO Y VERIFICAR CONDICIONES DE DISPARO DE LA BOMBA
VÁLVULA DE DESCARGA CERRADA O ESTRANGULADA	ABRIR VÁLVULA
VÁLVULA DE SUCCIÓN DE BOMBA CERRADA O ESTRANGULADA	ABRIR VÁLVULA
BAJA PRESIÓN DE VACÍO EN SUCCIÓN DE LA BOMBA	REALIZAR CAMBIO DE BOMBA Y VERIFICAR CONDICIONES DE ENTRADA DE AIRE
VÁLVULA DE VENTEO DE LÍNEA IGUALADORA ABIERTA	CERRAR VÁLVULA
PRESIÓN DIFERENCIAL ALTA EN FILTRO DE BOMBA	REALIZAR CAMBIO DE BOMBA Y LIMPIAR FILTRO
FALLA EN LAZO DE CONTROL DE PRESIÓN DE VAPOR A SELLOS	AJUSTAR PRESIÓN EN MANUAL Y SOLICITAR REVISIÓN
FALLA EN MECANISMO	PONER EN SERVICIO EYECTOR DE RESPALDO Y FORZAR EL CIERRE DE VÁLVULA DAÑADA, EN CASO DE NO CERRAR MANTENER EL EYECTOR EN ESA CONDICIÓN
RANGO MAYOR (2.5 POR CIENTO)	SOLICITAR REVISIÓN DE MANIOBRAS EN POZOS

PROBLEMA	SOLUCIÓN
FUGAS	ABRIR BY PASS Y SOLICITAR CORREGIR FUGA
FALLA SOLENOIDE	ABRIR BY PASS Y SOLICITAR CORREGIR FALLA
FALLA COMPRESOR	ABRIR BY PASS Y PONER EN SERVICIO COMPRESOR DE RESPALDO
DRENAJE INSUFICIENTE A CONDENSADOR POR TUBERÍA ROTA	PROGRAMAR SALIDA DE UNIDAD Y REPARACIÓN
POSTCONDENSADOR DRENES BLOQUEADOS	ABRIR
FALLA SWITCH DE MUY ALTO NIVEL	PASAR A MANUAL EL CONTROL DE LA VÁLVULA DE VAPOR A EYECTORES
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
FALLA EN VÁLVULA DE DREN	SOLICITAR CALIBRACIÓN
EXCESO DE CONDENSADO EN EL VAPOR	ABRIR DRENES Y SOLICITAR REVISIÓN DE VAPORDUCTOS Y POZOS PRODUCTORES
FALLA EN TRAMPAS	ABRIR DRENES
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACIÓN
DISCO DE SEGURIDAD OPERADO	AJUSTAR CARGA Y SOLICITAR CAMBIO
FALLA EN LAZO DE CONTROL	AJUSTAR CARGA, REGULAR EN FORMA MANUAL Y SOLICITAR REVISIÓN DEL CONTROL
FALLA EN SOLENOIDE	AJUSTAR CARGA Y TRATAR DE REGULAR MANUALMENTE

PROBLEMA	SOLUCIÓN
DISCO DE SEGURIDAD OPERADO	AJUSTAR CARGA Y SOLICITAR CAMBIO
FALLA EN LAZO DE CONTROL	AJUSTAR CARGA, REGULAR EN FORMA MANUAL Y SOLICITAR REVISIÓN DEL CONTROL
FALLA EN SOLENOIDE	AJUSTAR CARGA Y TRATAR DE REGULAR MANUALMENTE
BAJA PRESIÓN DE AIRE	AJUSTAR CARGA Y TRATAR DE REGULAR MANUALMENTE
APERTURAS DE VÁLVULAS DE SEGURIDAD	BLOQUEAR VÁLVULA Y SOLICITAR REVISIÓN O CALIBRACION
VAPOR FLUYENDO A UNIDAD 13 POR DIFERENCIA DE PRESIONES	AJUSTAR CARGA Y REGULAR PRESIÓN EN AMBAS UNIDADES
RETIRO DE POZOS	AJUSTAR CARGA, REGULAR PRESIÓN Y SOLICITAR SE REALICE MAS LENTA LA MANIOBRA
VAPOR FLUYENDO A UNIDAD 12 POR DIFERENCIA DE PRESIONES	AJUSTAR CARGA Y REGULAR PRESIÓN EN AMBAS UNIDADES
CAMBIO RÁPIDO DE CARGA A INCREMENTAR	AJUSTAR CARGA Y REGULAR PRESIÓN
FALLA EN CONTROL DE TURBINA	LIMITAR LA UNIDAD , REGULAR PRESIÓN Y PROGRAMAR REVISIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACION
FALLA EN AUTOMÁTICO DE LAZO DE CONTROL	PASAR A MANUAL , REGULAR PRESIÓN Y SOLICITAR REVISIÓN DE LAZO
CONSIGNA ALTA DE PRESIÓN	AJUSTAR LA CONSIGNA
MANIOBRAS EN POZOS	AJUSTAR CARGA, REGULAR PRESIÓN Y SOLICITAR SE REALICE MAS LENTA LA MANIOBRA
VAPOR FLUYENDO DE UNIDAD 13 POR DIFERENCIA DE PRESIONES	AJUSTAR CARGA Y REGULAR PRESIÓN EN AMBAS UNIDADES
DISPARO DE UNIDAD	AJUSTAR PRESIÓN
RÁPIDO DESCENSO DE GENERACIÓN	AJUSTAR PRESIÓN Y CARGA
FALLA EN CONTROL TURBINA	REGULAR PRESIÓN Y PROGRAMAR REVISIÓN
ALTA CONCENTRACIÓN DE SÍLICE Y FUERA DE SERVICIO SISTEMA DE LAVADO TURBINA	PONER EN SERVICIO EL SISTEMA DE LAVADO Y VER ALARMA 9
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO)	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR CALIBRACION

PROBLEMA	SOLUCIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUBSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
VÁLVULA ATORADA ASPERSORES TAPADOS TUBERÍA ROTA	SOLICITAR CALIBRACION ABRIR BY PASS, REVISAR Y CORREGIR ATORAMIENTO AJUSTAR GENERACIÓN, PROGRAMAR SE DESTAPEN ASPERSORES. AJUSTAR GENERACIÓN, PROGRAMAR REPARACIÓN
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR (DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
FLUJO DE CONDENSADO MAYOR AL FLUJO DE VAPOR PRINCIPAL	SOLICITAR CALIBRACION PROGRAMAR SALIDA DE UNIDAD Y REPARAR.
TRANSMISOR DAÑADO FÍSICAMENTE	SOLICITAR SUSTITUCIÓN
CONTAMINACIÓN DE CONECTOR(DESTAPAR INSTRUMENTO) INSTRUMENTO DESCALIBRADO	SOLICITAR REVISIÓN Y EFECTUAR CORRECCIÓN
	SOLICITAR CALIBRACION

**B.3. Rangos de Parámetros de Operación de la Planta**

PARÁMETRO	U.M.	MÍNIMO	MÁXIMO
<b>EYECTORES</b>			
MEDICIÓN PRESIÓN DIFERENCIAL VAPOR A EYECTORES	-----	-----	-----
MEDICIÓN TEMPERATURA VAPOR A EYECTORES	°C	164.2	176.0
MEDICIÓN DE PRESIÓN VAPOR A EYECTORES	Bar Abs	6.89	9.16
<b>TURBINA</b>			
MEDICIÓN TEMPERATURA VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/DERECHO ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL	°C	163.1	177.8
MEDICIÓN PRESIÓN VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/DERECHO ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL	Bar Abs	6.71	9.55
MEDICIÓN TEMPERATURA VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/IZQ. ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL	°C	163.1	177.8
MEDICIÓN PRESIÓN VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/DERECHO ANTES DE VÁLVULA DE CONTROL	Bar Abs	6.71	9.55
MEDICIÓN PRESIÓN VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/DERECHO DESPUÉS DE VÁLVULA DE CONTROL	Bar Abs	6.85	8.97
MEDICIÓN PRESIÓN VAPOR ENTRANDO A TURBINA L/IZQUIERDO DESPUÉS DE VÁLVULA DE CONTROL	Bar Abs	6.85	8.97
MEDICIÓN DE TEMPERATURA VAPOR DE ESCAPE TURBINA L/DERECHO	°C	-----	90
MEDICIÓN PRESIÓN VAPOR ESCAPE TURBINA	Bar Abs	-----	0.238
MEDICIÓN TEMPERATURA VAPOR ESCAPE TURBINA LADO IZQUIERDO	°C	-----	90
<b>TUBO VENTURI</b>			
MEDICIÓN PRESIÓN DIFERENCIAL			
MEDICIÓN DE PRESIÓN ANTES DEL TUBO VENTURI			
MEDICIÓN DE TEMPERATURA DESPUÉS DEL TUBO VENTURI			
<b>CONDENSADOR</b>			
MEDICIÓN TEMPERATURA POZO CALIENTE	°C	35	60
MEDICIÓN TEMPERATURA AGUA DE CIRCULACIÓN ENTRADA AL CONDENSADOR LADO "A"	°C	-----	28
MEDICIÓN TEMPERATURA AGUA DE CIRCULACIÓN ENTRADA AL CONDENSADOR LADO "B"	°C	-----	28
MEDICIÓN TEMPERATURA AGUA DE CIRCULACIÓN SALIDA DEL CONDENSADOR LADO "A"	°C	-----	35
MEDICIÓN TEMPERATURA AGUA DE CIRCULACIÓN SALIDA DEL CONDENSADOR LADO "B"	°C	-----	35

## Referencias

- [1] [http://www.reduct.com/About\\_Ai/process%20intelligence.htm](http://www.reduct.com/About_Ai/process%20intelligence.htm)
- [2] [http://www.intelligententerprise.com/021205/601feat2\\_2.jhtml](http://www.intelligententerprise.com/021205/601feat2_2.jhtml)
- [3] <http://www.ebizq.net/topics/bam/features/7475.html?rss>
- [4] <http://www.aic.uniovi.es/ssii/>
- [5] <http://es.wikipedia.org/>
- [6] <http://www.depi.itch.edu.mx/apacheco/lengs/kbs/index.html>
- [7] <http://www.monografias.com>
- [8] <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/iq/gratis/07articulo.pdf>
- [9] [http://www.kepware.com/Menu\\_items/industry\\_OPC\\_Foundation.html](http://www.kepware.com/Menu_items/industry_OPC_Foundation.html)
- [10] <http://the-geek.org/docs/algen/>
- [11] <http://eddyalfaro.galeon.com/geneticos.html>
- [12] <http://technet.microsoft.com/es-es/library/ms175367.aspx>
- [13] <http://www.businessintelligence.com/>
- [14] <http://www.pcanete.com.ar/leer.asp?idx=461>
- [15] <http://www.businessobjects.com/businessintelligence/>
- [16] <http://www.electronica.com.mx/neural/>
- [17] <http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/anntutorial.html>
- [18] <http://www.aaai.org/AITopics/html/expert.html>

- [19] [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_96/journal/vol4/cs11/report.html](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html)
- [20] <http://termodinamica.us.es/termica/examenes/2001/jun2001/node4.html>
- [21] <http://www.textoscientificos.com/quimica/termodinamica/entalpia>
- [22] <http://www.springerlink.com/>
- [23] <http://www.intelligent-systems.com.ar/intsys/intsysSp.htm>
- [24] <http://decsai.ugr.es/~lcv/IncendiosForestales/>
- [25] Hopgood Adrian A. (2001). *Intelligent Systems for Engineers and Scientists*, editado por CRC Press, pp. 467, ISBN: 0-8493-0456-3, Estados Unidos de America.
- [26] Hernández José (2004). *Introducción a la Minería de Datos*, editado por Pearson Prentice Hall, pp. 656, ISBN: 84-205-4091-9, España.
- [27] Harmon Paul (1988), *Sistemas Expertos*, editado por Ediciones Diaz de Santos, pp 378, ISBN 848625194X,
- [28] Turban Efraim (1992). *Expert Systems and Applied Artificial Intelligence*, editado por Macmillan Publishing Company, pp 882, ISBN 0-02-421665-8, New York Estados Unidos
- [29] Weitzenfeld Alfredo. (2005). *Ingenieria de Software (Orientada a objetos con UML, java e internet)*, editado por THOMSON, pp. 678, ISBN: 970-686-190-4, Mexico.
- [30] David J. Ritter (2002), *LabVIEW GUI Essential Techniques*, editado por Mc-Graw-Hill, pp 562, ISBN 0-07-136493-5, New York, EU.
- [31] Antoni Manuel (2002), *Instrumentacion Virtual*, editado por Alfaomega, pp 373, ISBN: 970-15-0777-0, México.
- [32] Robert I. Levine (1990), *AI and Expert Systems*, editado por McGrawHill, pp 288, ISBN: 0-07-037500-3, México.
- [33] Joseph Sack (2006), *SQL Server 2005 T-SQL Recipes*, editado por Apress, pp 731, ISBN: 978-1-59059-570, EU.
- [34] MIGUEL, Adoración; NIETO, Carlos; MARTÍNEZ, Paloma; CASTRO, Elena y otros (2001), *Diseño de Bases de Datos*, editado por alfaomega, pp 489, ISBN: 970-15-0687-1, Colombia.

- 
- 
- [35] Gram. J. Williams (2006), Data Mining, editado por Springer, pp 329, ISBN: 978-3-540-32547-5, Alemania.
- [36] Bitter Rick (2007), LabVIEW advanced programmings techniques. Editado por CRC Press, pp 449, ISBN: 0-8493-3325-3, Florida EU.
- [37] Mary H. Dickson y Mario Fanelli, ¿Qué es la Energía Geotérmica?, Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italia, PDF.
- [38] KemperN., Lara F. y Ochoa L., “Manual para el Desarrollo de Sistemas Expertos”. En proceso de Edición 2007.
- [39] Marcellin Jacques Sergio, Notas del Curso: “*Construcción de Sistemas Expertos*”, Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación, UNAM, 2007.
- [40] Andrew Kusiak (2000). Computational Intelligence in Design and Manufacturing, editado por JOHN WILEY & SONS, INC., pp 535, ISBN 0-471-34879-1, Estados Unidos
- [41] S. Frediani and L. Saitta (1987), Uncertainty in Knowledge-Based Systems, editado por Springer Berlin / Heidelberg, pp 405, ISBN 978-3-540-18579-6
- [42] Toshinori Munakata (2007), Fundamentals of the New Artificial Intelligence, editado por Springer London, pp 255, ISBN 978-1-84628-838-8
- [43] Intech Automatizacion (2007). Retos de la Integracion de Sistemas en Plantas de Procesos, pp 10-33, editado por Intech México.
- [44] Kulikov, V.N., Strategy of Development of the Industrial Information Technologies, Mir Komp"yuternoi Avtomatizatsii, 2001, no. 4, pp. 12–15.
- [45] Hoske, M.T., How to Integrate Software, Control Engineering, 2000, no. 11.
- [46] Nesterova, A., MES--Industrial Control Systems. Make use of Evident Advantages, Mir Komp"yuternoi Avtomatizatsii, 2001, no. 4, pp. 24–26.
- [47] MusaeV, A.A., Virtual Analyzers: The Concept of Design and Use in the Problems of Continuous Process Control, Avtomatiz. Promyshl., 2003, no. 8, pp. 28–33.
- [48] Prokopchina, S.V., Bayes Integrating Technologies based on Intelligent and Soft Measurements, in Dokl. konf. SCM"99 (Proc. Conf. SCM"99), St. Petersburg, 1999, pp. 25–32.

- [49] N. N. Bakhtadze., Virtual Analyzers: Identification Approach, Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia October 7, 2003, pp 19.
- [50] Bezdek J: ‘What is computational intelligence?’, in Zurada J, Marks R and Robinson C (Eds): ‘Computational Intelligence: Imitating Life’, IEEE Press, Piscataway, pp 1-12 (1994).
- [51] B Azvine, D Nauck and C Ho, Intelligent Business Analytics — A Tool to Build Decision-Support Systems for eBusinesses, BT Technology Journal • Vol 21 No 4 • October 2003, pp 7.
- [52] López Quesada Juan A (2006-2007), Fundamentos de Ingeniería de Software, Facultad de Informática, Murcia, PDF.