

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO – CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

PLATAFORMA EMULADA DE MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS

Eduardo Omar Meneses Arancibia

**INFORME FINAL DEL PROYECTO
PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE
LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL
TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL ELECTRÓNICO**

DICIEMBRE DE 2017

PLATAFORMA EMULADA DE MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS

INFORME FINAL

Presentado en cumplimiento de los requisitos
para optar al título profesional de
INGENIERO CIVIL ELECTRÓNICO
otorgado por la
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
de la
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Eduardo Omar Meneses Arancibia

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Profesor Guía: | Sr. Eduardo Alejandro Muñoz Ponce |
| Profesor Correferente | Sr. Abelardo Isaías Muñoz Gamboa |

DICIEMBRE DE 2017

ACTA DE APROBACIÓN

La Comisión Calificadora designada por la Escuela de Ingeniería Eléctrica ha aprobado el texto del Informe Final de Proyecto de Titulación, desarrollado entre el Primer Semestre de 2015 y el Segundo Semestre de 2015 y denominado

PLATAFORMA EMULADA DE MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS

Presentado por el Señor
Eduardo Omar Meneses Arancibia

Sr. Eduardo Alejandro Muñoz Ponce
Profesor Guía

Sr. Abelardo Isaías Muñoz Gamboa
Segundo Revisor

Sr. Sebastián Fingerhuth Massmann
Secretario Académico

Valparaíso, DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por acompañarme siempre en todo lo que hago. A mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin su apoyo y confianza, jamás hubiese podido conseguir este logro. Y a todas esas personas que han contribuido en la construcción de mi persona como hijo, hermano, amigo, alumno y compañero.

PLATAFORMA EMULADA DE MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS

EDUARDO OMAR MENESES ARANCIBIA

Profesor Guía Sr. Eduardo Alejandro Muñoz Ponce

RESUMEN

En el siguiente informe final de proyecto se presenta el estudio, diseño e implementación de una plataforma emulada bajo una arquitectura distribuida.

El uso de esta plataforma proporciona la configuración, el despliegue, la comunicación, la seguridad, la conectividad de datos y otros servicios. Permitiendo la interfaz con cientos de dispositivos de campo y sistemas de planta, lo cual admite una amplia reutilización de ingeniería, alivia la carga de mantenimiento y proporciona una amplia escalabilidad y extensibilidad.

La implementación de la plataforma se lleva a cabo en dos máquinas virtuales utilizadas una como servidor y la otra como cliente, donde ambas máquinas virtuales estarán contenidas en una única máquina física.

La plataforma desarrollada, será utilizada para exhibir las características de la plataforma System Platform de Wonderware. Para lo anterior, se desarrolla un ejemplo de sistema de control HVAC, el cual posee diversos equipos que fueron implementados como objetos del sistema.

Desarrollada la aplicación se realizan pruebas de funcionamiento, las cuales verifican los objetivos planteados.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 1 |
| 1.1 Aspectos Generales | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.2.1 Objetivo General | 2 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.3 Antecedentes | 2 |
| 1.3.1 FactoryTalk View de Rockwell Automation | 2 |
| 1.3.2 Vijeo Citect de Schneider Electric | 3 |
| 1.3.3 Wonderware System Platform de Invensys | 4 |
| 1.4 Conceptos Relacionados | 5 |
| 1.4.1 Plataforma SCADA | 5 |
| 1.4.2 Máquinas Virtuales | 5 |
| 1.4.3 Comunicación | 6 |
| 1.4.4 Controlador Emulado | 6 |
| 1.4.5 Sistema de Control HVAC | 7 |
| 1.4.6 Diagrama del Sistema | 8 |
| | |
| CAPÍTULO 2 | 10 |
| ANTECEDENTES TEÓRICOS | 10 |
| 2.1 Wonderware System Platform | 10 |
| 2.1.1 Modelo de Planta | 12 |
| 2.1.2 Ventajas Wonderware System Platform | 13 |
| 2.2 Aplicaciones Necesarias | 14 |
| 2.2.1 Wonderware Development Studio | 14 |
| 2.2.2 InTouch para System Platform | 15 |
| 2.2.3 Device Integration Server | 17 |
| 2.2.4 Wonderware Historian | 18 |
| 2.2.5 Otras Aplicaciones | 18 |
| 2.3 Archestra IDE | 20 |
| 2.3.1 Galaxia | 20 |
| 2.3.2 Objetos en Archestra | 20 |
| 2.4 Plantillas e Instancias | 21 |
| 2.5 Plantillas Base | 23 |
| 2.5.1 Application Templates | 24 |
| 2.5.2 Device Integration Templates | 24 |
| 2.5.3 System Templates | 24 |
| 2.6 Requerimientos de Sistema | 25 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO 3 | 28 |
| IMPLEMENTACIÓN | 28 |
| 3.1 Hardware | 28 |
| 3.2 Software | 29 |
| 3.3 Configuración del sistema de Supervisión | 29 |
| 3.3.1 Creación de Plantillas | 30 |
| 3.3.2 Configuración de Históricos en Plantilla | 34 |
| 3.3.3 Configuración de Alarmas y Eventos en Plantillas | 34 |
| 3.3.4 Configuraciones de seguridad en Plantillas | 35 |
| 3.3.5 Configuración de Script en Plantillas | 35 |
| 3.3.6 Configuración de UDAS en Plantillas | 39 |
| 3.3.7 Configuración de Gráficos en Plantillas | 39 |
| 3.3.8 Configuración Objeto de Comunicación | 39 |
| 3.3.9 Estados Comunes | 40 |
| 3.3.10 Despliegues | 42 |
| | |
| CAPÍTULO 4 | 56 |
| EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA | 56 |
| 4.1 Evaluación Técnica | 56 |
| 4.1.1 Evaluación de Aplicación | 56 |
| 4.1.2 Evaluación de Comunicaciones | 56 |
| 4.1.3 Prueba de Equipos | 58 |
| 4.1.4 Prueba de Secuencias UMA's | 58 |
| 4.1.5 Prueba de Alarmas | 59 |
| 4.1.6 Prueba de Tendencias | 59 |
| 4.2 Evaluación Económica | 60 |
| 4.2.1 Hardware | 61 |
| 4.2.2 Licencia Software | 61 |
| 4.2.3 Desarrollo | 62 |
| 4.2.4 Análisis Económico del Proyecto | 62 |
| 4.2.5 Flujo de Caja y Cálculo de VAN Y TIR | 65 |
| | |
| CONCLUSIONES | 67 |
| REFERENCIAS | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1-1 FactoryTalk View [3] | 3 |
| Fig. 1-2 Vijeo Citect [4] | 4 |
| Fig. 1-3 Wonderware System Platform [5] | 4 |
| Fig. 1-4 Diagrama del Sistema | 8 |
| Fig. 2-1 Diagrama Wonderware System Platform [10] | 10 |
| Fig. 2-2 Orientación al Objeto [10] | 11 |
| Fig. 2-3 Distribución de la aplicación | 12 |
| Fig. 2-4 Archestra IDE | 15 |
| Fig. 2-5 Editor de Símbolos | 16 |
| Fig. 2-6 InTouch WindowMaker | 16 |
| Fig. 2-7 Arquitectura DA Server [11] | 18 |
| Fig. 2-8 Wonderware Historian [11] | 19 |
| Fig. 2-9 Galaxia [11] | 21 |
| Fig. 2-10 Distribución de Objetos [11] | 22 |
| Fig. 2-11 Plantillas e Instancias [11] | 23 |
| Fig. 3-1 Configuración Niveles de Alarma | 35 |
| Fig. 3-2 Grupos de Usuarios y Usuarios | 36 |
| Fig. 3-3 Diagrama Comunicaciones [11] | 40 |
| Fig. 3-4 Diagrama de Navegación | 42 |
| Fig. 3-5 Barra Principal | 43 |
| Fig. 3-6 Barra de Alarmas | 44 |
| Fig. 3-7 Despliegue UMA | 44 |
| Fig. 3-8 Despliegue de Tendencias Históricas | 45 |
| Fig. 3-9 Despliegue de Alarmas | 46 |
| Fig. 3-10 Despliegue de Comunicaciones | 47 |
| Fig. 3-11 Pop Up de Control de Temperatura | 48 |
| Fig. 3-12 Pop Up Control de Humedad | 49 |
| Fig. 3-13 Pop Up Control de Caudal | 50 |
| Fig. 3-14 Pop Up Partir UMA | 51 |
| Fig. 3-15 Pop Up Persiana | 52 |
| Fig. 3-16 Pop Up Válvula | 53 |
| Fig. 3-17 Pop Up Ventilador | 53 |
| Fig. 3-18 Pop Up Equipo de Medida | 54 |
| Fig. 4-1 Galaxy Status | 57 |
| Fig. 4-2 Comandos en Servidor | 57 |
| Fig. 4-3 Comandos en Cliente | 58 |
| Fig. 4-4 Accionamiento de Alarmas | 59 |
| Fig. 4-5 Prueba de Tendencias | 60 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2-1 OS Windows para Clientes | 26 |
| Tabla 2-2 OS Windows para Servidores | 26 |
| Tabla 2-3 Hardware | 27 |
| Tabla 3-1 Hardware Máquina Física | 28 |
| Tabla 3-2 Hardware VM Servidor GR | 28 |
| Tabla 3-3 Hardware VM Cliente | 29 |
| Tabla 3-4 Software Máquina Física | 29 |
| Tabla 3-5 Software VM Servidor GR | 29 |
| Tabla 3-6 Software VM Cliente | 30 |
| Tabla 3-7 Planillas del Proyecto | 30 |
| Tabla 3-8 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Temperatura | 31 |
| Tabla 3-9 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Temperatura | 31 |
| Tabla 3-10 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Humedad | 31 |
| Tabla 3-11 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Humedad | 32 |
| Tabla 3-12 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Caudal | 32 |
| Tabla 3-13 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Caudal | 32 |
| Tabla 3-14 Atributos de Entrada Plantilla Válvulas | 33 |
| Tabla 3-15 Atributo de Salida Plantilla Válvulas | 33 |
| Tabla 3-16 Atributos de Entrada Plantilla Dámper | 33 |
| Tabla 3-17 Atributos de Salida Plantilla Dámper | 33 |
| Tabla 3-18 Atributos de Entrada Plantilla P. UMAS | 34 |
| Tabla 3-19 Atributos de Salida Plantilla P. UMA | 34 |
| Tabla 3-20 Plantilla de Entrada Instrumentos | 34 |
| Tabla 3-21 UDAs en Plantillas | 39 |
| Tabla 3-22 Estados Comunes Ventiladores | 40 |
| Tabla 3-23 Estados Comunes Válvulas | 41 |
| Tabla 3-24 Estados Comunes Dámper | 41 |
| Tabla 3-25 Estados Comunes Filtros | 41 |
| Tabla 3-26 Estados Comunes Control de UMA | 42 |
| Tabla 3-27 Controles Barra Principal | 43 |
| Tabla 3-28 Visualización Barra Principal | 43 |
| Tabla 3-29 Visualización Barra de Alarmas | 44 |
| Tabla 3-30 Comandos Despliegue UMA | 45 |
| Tabla 3-31 Visualización Despliegue UMA | 45 |
| Tabla 3-32 Comandos Despliegue Tendencias | 46 |
| Tabla 3-33 Visualización Despliegue Tendencias | 46 |
| Tabla 3-34 Bótones Despliegue de Alarmas | 46 |
| Tabla 3-35 Visualización de Despliegue de Alarmas | 47 |
| Tabla 3-36 Comandos Pop Up Control de Temperatura | 48 |
| Tabla 3-37 Visualización Control de Temperatura | 48 |
| Tabla 3-38 Comandos Pop Up Control de Humedad | 49 |
| Tabla 3-39 Visualización Pop Up Control de Humedad | 49 |
| Tabla 3-40 Comandos Pop Up Control de Caudal | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabla 3-41 Visualización Pop Up Control de Caudal | 51 |
| Tabla 3-42 Comandos Pop Up Partir UMA | 51 |
| Tabla 3-43 Visualización Pop Up Partir UMA | 51 |
| Tabla 3-44 Comandos Pop Up Persiana | 52 |
| Tabla 3-45 Visualización Pop Up Persiana | 52 |
| Tabla 3-46 Comandos Pop Up Válvula | 53 |
| Tabla 3-47 Visualización Pop Up Válvula | 53 |
| Tabla 3-48 Comandos Pop Up Ventilador | 54 |
| Tabla 3-49 Visualización Pop Up Ventilador | 54 |
| Tabla 3-50 Comandos Pop Up Equipo de Medida | 54 |
| Tabla 3-51 Visualización Pop Up Equipo de Medida | 55 |
| Tabla 4-1 Especificaciones Hardware | 61 |
| Tabla 4-2 Valoración Hardware | 61 |
| Tabla 4-3 Valoración Licencias Software | 62 |
| Tabla 4-4 Valorización Desarrollo | 62 |
| Tabla 4-5 Valorización Proyecto | 64 |
| Tabla 4-6 Flujo de Caja Proyecto | 66 |

GLOSARIO DE TÉRMINOS

| | |
|----------------|---|
| SCADA: | Supervisory Control And Data Acquisition |
| MES: | Manufacturing Execution System |
| ERP: | Enterprise Resource Planning |
| Pop Up: | Ventana Emergente |
| TCP: | Transmission Control Protocol |
| IP: | Internet Protocol |
| SE: | Site Edition |
| PLC: | Programable Logic Controller |
| HMI: | Human Machine Interface |
| EMI: | Enterprise Manufacturing Intelligence |
| UTP: | Unshielded Twisted Pair |
| AOS: | Automation Object Server |
| VM: | Virtual Machine |
| OS: | Operative Systems |
| OPC: | Ole Proces Control |
| HVAC: | Heating, Ventilating and Air Conditioning |
| UMA: | Unidad Manejadora de Aire |
| DDE: | Dynamic Data Exchange |
| IDE: | Integrated Development Environment |
| IIS: | Internet Information Server |
| GR: | Galaxy Repository |
| IT: | Information Technology |
| UDAs | User Defined Attribute |
| PV | Variable de Proceso |
| CV | Variable de Control |
| SP | Set Point |

INTRODUCCIÓN

En los procesos industriales, el uso de equipos de medición facilita la obtención de datos eléctricos de las distintas variables físicas que son empleadas. Es por este motivo que desde hace ya varios años con ayuda de la tecnología se han desarrollado equipos o programas para la realización de Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA), que por consecuencia han traído una mejora en la supervisión y control de procesos.

Tradicionalmente se han utilizado los SCADA para monitorear y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo [1]. En la industria productiva, especialmente en la que están involucrados procesos químicos, los sistemas SCADA han tenido un constante desarrollo, el cual ha favorecido la creación de estándares de equipamiento de software y hardware que permiten la masificación y robustez de estos sistemas.

Los programas para el desarrollo de sistemas de supervisión han pasado a ser una tecnología que apoya y mejora los SCADA que ayudan a realizar una operación más detallada de los procesos que se desarrollan en una planta obteniendo productos y servicios de mejor calidad a menor costo.

En la actualidad las empresas han comenzado a implementar sistemas de tipo MES, un sistema de información que reside en la propia planta e integra los sistemas de información de gestión empresarial ERP, de supervisión SCADA y de control de planta. Esto implica que los niveles más altos de la empresa tengan una visual completa de la empresa, obteniendo una información relevante para las acciones a tomar [2].

La instalación, cambio o remplazo de un sistema de supervisión se debe a algunas de las siguientes causas: la construcción o ampliación de una planta, la necesidad de registrar y reportar las condiciones de producción, la necesidad de supervisar la totalidad de los procesos, considerando en esto desde el ingreso de las materias primas hasta la salida del producto terminado.

Otras causas pueden ser problemas con el soporte o reemplazo de hardware, tiempo de respuesta extensos del sistema existente y escasa posibilidad de generar cambios o la inclusión de nuevas herramientas operacionales.

Por consiguiente las empresas desde el punto de la continuidad operacional requieren y/o solicitan un sistema de fácil soporte y/o mantenimiento, un sistema que permita tener distintos niveles de seguridad, un sistema estándar, de rápida respuesta, que permita la visualización de tendencia y de datos históricos para su posterior análisis, que tenga posibilidades de expansión y que permita la comunicación con los distintos protocolos de comunicación presentes en planta.

Es por esto que últimamente surgen muchos proyectos para la actualización de sistemas de supervisión, en donde las empresas desean controlar de forma segura y en tiempo real los distintos procesos que en ella ocurren.

En este proyecto se desarrolla una plataforma para exhibición bajo la arquitectura del software de supervisión distribuida de Wonderware denominado System Platform, la plataforma será implementada para un ejemplo de sistema de control HVAC.

El ser un sistema distribuido implica poder acceder a las distintas áreas del sistema a través de un o más servidores HMI. Es por esto que la implementación tiene como

finalidad un sistema en el cual se mantiene toda una planta con las mismas herramientas, limitando los esfuerzos y los costes de mantenimiento.

Finalmente se evalúa técnica y económicamente este proyecto, respaldándolo así como un medio para obtener beneficios en el mejoramiento de la calidad propuesto.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Aspectos Generales

La idea principal del proyecto nace debido a la necesidad de contar con una plataforma de supervisión que pueda ser exhibido a potenciales clientes o en ferias. Los potenciales clientes son empresas que se ven en la necesidad de implementar, cambiar y/o actualizar las plataformas de supervisión. Entre algunos factores que influyen en la elección de una plataforma de supervisión se encuentran los siguientes:

- a) Fácil soporte y/o mantenimiento. Al presentarse problemas en el hardware después de algunos años, se tienen problemas para la reposición de partes y piezas de controladores, estaciones de trabajo y servidores (procesador, memorias, dispositivos de almacenamiento). En cuanto al software se puede dar como ejemplo que el sistema Operativo Windows XP no cuenta con soporte ni actualizaciones desde el año 2014.
- b) Distintos niveles de seguridad. Es necesario tener diferenciado los niveles de acceso a pantallas, controles, reconocimiento de alarmas, etc. Esta diferenciación en lo posible con el nombre del operador, mantenedor y supervisor quienes interviene el sistema.
- c) Sistema estándar. La estandarización reduce costos y genera consistencia y calidad, y disminuye la confusión potencial causada por diversas interfaces y comportamiento de las aplicaciones en toda la empresa.
- d) Visualización tendencias e históricos. El sistema debe permitir visualizar gráficos de tendencia de las magnitudes relevantes o críticas del sistema, con su consiguiente revisión y análisis del comportamiento en el pasado.
- e) Expansión de sistema. La expansión del sistema debe permitir el crecimiento de sí mismo, ya sea agregando más hardware o adquiriendo nuevas licencias con mayor número de entradas y salidas.
- f) Comunicación. La interacción con distintos equipos implica diferencias de protocolos de comunicación, Modbus TCP, Profibus, Ethernet/IP, etc.

Para que estos ítems sean cubiertos o tratados en una misma aplicación es necesario que esta sea robusta y de uso intuitivo. Es por esto que se propone utilizar la plataforma de Wonderware System Platform.

Debido a que la plataforma implica un sistema básico, necesita de al menos dos equipos, un servidor y un cliente. Por esto, se desea implementar esta plataforma en máquinas virtuales, reduciendo la plataforma a una máquina física

1.2 Objetivos

En el desarrollo del presente proyecto, se pretende alcanzar los objetivos que se describen a continuación.

1.2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una plataforma emulada para exhibición bajo la arquitectura del software de supervisión distribuida de Wonderware denominado System Platform.

1.2.2 Objetivos Específicos

Los Objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Estudio de la plataforma Wonderware System Platform.
- Desarrollar una plataforma sobre Máquinas Virtuales simulando un servidor y un cliente.
- Desarrollar los típicos de equipos comunes como motores, válvulas, equipos de medida y controladores con sus respectivos Pop Up
- Desarrollar pantallas de operación, tendencia, alarmas y comunicaciones.
- Realizar las configuraciones necesarias para establecer las comunicaciones entre cliente, servidor y el controlador emulado.
- Probar el funcionamiento del sistema a través de un entorno emulado.
- Conocer los costos asociados a la implementación de un sistema con la plataforma Wonderware System Platform.

1.3 Antecedentes

En este apartado se trata de las tecnologías similares que se encuentran hoy disponibles en el mercado. A partir de la información disponible en internet, se encuentran tres empresas extranjeras que ponen a disposición información, y especificaciones de sus productos, estas son Rockwell Automation, Schneider Electric e Invensys.

1.3.1 FactoryTalk View de Rockwell Automation

La empresa Rockwell Automation diseña, fabrica y distribuye equipos y software para la automatización e informática industrial. En el mundo es reconocida por sus marcas Allen-Bradley y Rockwell Software, sinónimos de innovación y excelencia.

En el área de las interfaces graficas figura el software FactoryTalk View SE que proporciona una funcionalidad robusta y fiable en un solo paquete de software que escala desde un sistema HMI independiente a una solución de visualización distribuida.

La arquitectura distribuida y escalable acepta aplicaciones de servidores distribuidos multiusuario, con lo que le ofrece control y acceso máximos a la información de una planta.

En los últimos años el constante desarrollo de FactoryTalk View SE permite tomar ventaja de la movilidad, virtualización y otras nuevas tecnologías, frente a los desafíos del operador en el proceso, por lotes y aplicaciones discretas y entregar visibilidad crítica cuando y donde se necesite. [3]

En la Fig. 1-1 se muestra logo del software FactoryTalk View en su versión de desarrollo Studio.



Fig. 1-1 FactoryTalk View [3]

1.3.2 Vijeo Citect de Schneider Electric

Schneider Electric desarrolla tecnologías y soluciones conectadas para gestionar la energía y procesarla de manera segura, fiable, eficiente y sostenible.

En el área de productos de automatización y control, en el apartado de Operación y Monitoreo se encuentra el software Vijeo Citect, el cual está diseñado para ingenieros de control, gerentes de producción e integradores de sistemas que buscan un SCADA potente y flexible totalmente integrado con los equipos Schneider. Además se encuentra íntegramente sincronizado con las aplicaciones de PLC Unity para brindar una visualización del objeto coherente con el sistema.

Tanto la centralización como la localización se reconcilian con el agrupamiento. El costo de las salas de control y la mano de obra se optimizan sin comprometer la funcionalidad del sistema cercana a los procesos.

El agrupamiento también puede dividir los sitios en subgrupos para aumentar la capacidad general del sistema o extender la carga del mismo [4].

En la Fig. 1-2, se muestra logo del software Vijeo Citect.



Fig. 1-2 Vijeo Citect [4]

1.3.3 Wonderware System Platform de Invensys

Invensys es una compañía de tecnología global con tres segmentos de negocio: Software, Automatización Industrial y Controles de energía. En 1987 establece a Wonderware como pionero en el uso del sistema operativo Windows de Microsoft como base para un software de automatización HMI / SCADA, el cual estaría orientado a la producción y gestión de operaciones de diversas empresas e industrias.

Es así como Wonderware ofrece una plataforma única y escalable para todas las necesidades de información y automatización industrial relacionadas con Soluciones de Software de supervisión HMI / SCADA, MES y EMI.

En el centro de la Wonderware System Platform se encuentra el "modelo de la planta", que es una representación lógica de los procesos físicos que están siendo controlados y supervisados.

La tecnología de objetos Orchestra hace que la configuración, el registro de datos, la entrega y el mantenimiento de información histórica y en tiempo real, sea muy sencilla, por ende de fácil adaptabilidad por parte de los usuarios [5].

En la Fig. 1-3 se muestra logo de la plataforma de Wonderware System Platform.



Fig. 1-3 Wonderware System Platform [5]

1.4 Conceptos Relacionados

La automatización como parte de la electrónica considera aspectos que sobrepasan al sistema de control, abarcando desde la instrumentación industrial (sensores y transductores de campo), sistemas supervisión, sistema de transmisión y obtención de datos, y las aplicaciones de software en tiempo real para la supervisión y control de las operaciones de plantas o procesos industriales.

Es así como las nuevas tecnologías creadas especialmente para tareas de automatización y control, han conducido a la optimización y mejoramiento de los sistemas de supervisión y adquisición de datos, los cuales nos ayudan a realizar un estudio más versátil de procesos industriales.

A continuación se presentan los conceptos que engloban el presente proyecto.

1.4.1 Plataforma SCADA

Una plataforma de SCADA tiene tres elementos principales en su estructura, los cuales permiten cumplir el objetivo de adquirir datos desde dispositivos remotos, proporcionar una estrategia de control y permitir la supervisión o monitoreo de datos y alarmas desde una pantalla. A continuación se indican estos tres elementos:

- a) Los equipos de control: Se encargan de realizar el control del proceso teniendo en su tabla de datos la información necesaria y descriptiva del proceso que controla. Siendo un sistema electrónico, para el control industrial, tiene como mayor beneficio la capacidad de cambiar y replicar la operación, o proceso programado, mientras se encuentra en ejecución. Por otra parte los modelos de controladores modulares permiten el uso de diversos tipos de módulos, como los son de entradas, salidas, comunicaciones y de operaciones específicas entre otros.
- b) El sistema de Supervisión o HMI: Permite al operador supervisar y controlar el proceso a través de distintos despliegues o Pop Up con diagramas representativos del sistema y equipos respectivamente. La estación de operación que contiene este sistema puede estar ubicada en un equipo, conformando un pequeño SCADA, o en múltiples servidores y/o estaciones de operación en un gran SCADA.
- c) La red de comunicación: Se destina a gestionar el intercambio de información producido entre los equipos de control y la HMI. Con los distintos activos distribuidos en una gran área geográfica, la red de comunicación es parte esencial en el funcionamiento de una plataforma SCADA. Actualmente, para cumplir este fin, es ampliamente utilizada la tecnología denominada Ethernet, la cual entrega un equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de implementación [6].

1.4.2 Máquinas Virtuales

Una máquina virtual (VM) es un sistema operativo o un programa instalado y ejecutado en una aplicación bajo un sistema operativo anfitrión en un equipo físico. La aplicación emula el ambiente de hardware CPU, memoria, disco duro, red y otros

recursos, las cuales son gestionadas por una capa de virtualización que traduce estas solicitudes a la infraestructura de hardware físico subyacente.

Una máquina virtual pueden proporcionar un sin número de ventajas, entre ellas el aislamiento, el cual asegura que las aplicaciones y servicios no interfieran con el sistema operativo (OS) anfitrión ni con otras VM. Las VM también se pueden mover, copiar y reasignar con facilidad entre servidores anfitriones a fin de optimizar la utilización de recursos del hardware.

La elección VMware como la máquina virtual, se realiza debido a que es un potente software que permite tener varios sistemas operativos instalados sin necesidad de particiones, además de poder cambiar de uno a otro sencillamente, de igual forma como se abriría un programa en el escritorio de Windows.

Otra de sus ventajas es que una vez instalados los sistemas operativos adicionales a través de VMware, es posible utilizarlos de forma individual y trasladarlos a otros computadores [7].

1.4.3 Comunicación

Para realizar la comunicación entre la plataforma y el emulador del controlador es necesaria la utilización de otros softwares como lo son RSLinx de Rockwell Automation y la aplicación data server OPCClient de Archestra.

- a) RSLinx Classic para redes y dispositivos de Rockwell Automation es una solución completa para comunicaciones industriales que puede utilizarse con los sistemas operativos Windows. Permite al controlador programable Allen-Bradley tener acceso a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley. Además, RSLinx Classic utiliza técnicas de optimización de datos avanzadas y dispone de una serie de diagnósticos para el reconocimiento de errores [8].
- b) El objeto OPCClient es un miembro clave del conjunto básico de Automation Objects de Archestra. Esta tecnología de comunicación utilizada en el campo del control y supervisión de procesos, permite la integración o intercambio de comunicación entre los sistemas, en su respectivo protocolo por medio de diferentes contenedores de información o también llamados servidores OPC Data Server [9].

1.4.4 Controlador Emulado

RSLogix Emulate 5000, es un software para la emulación de los controladores CompacLogix y ControlLogix. Se utiliza en combinación con el software RSLogix 5000 para ejecutar y probar códigos de programa sin la necesidad de contar con el hardware físicamente. Acepta todos los lenguajes de programación (diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloques de funciones, texto estructurado y diagrama de función secuencial). RSLogix Emulate 5000 no permite el control de E/S reales [9].

Para la utilización de este emulador son necesarios dos (2) requisitos.

- a) Software de Programación: RSLogix 5000 o Studio 5000, es un software de programación para los PLC Allen Bradley CompacLogix y ControlLogix. Este software cumple con la normativa IEC 61131-3 y cuenta con editores de lógica de escalera, texto estructurado, diagramas de bloques de funciones y diagramas de funciones secuenciales para el desarrollo de aplicaciones. En este caso es requerido para programar el emulador y observar su funcionamiento [9].
- b) Software de Comunicación o Data Server: RSLinx Classic, versión 3.71 o superior, requerido para la comunicación entre el software de programación y el emulador [8].

1.4.5 Sistema de Control HVAC

El ejemplo que se toma para el desarrollo de una Plataforma bajo Wonderware System Platform, es un sistema de control para HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning), el cual se basa en el control de variables críticas del ambiente de un edificio o áreas de producción.

Los sistemas HVAC permiten que el aire de un edificio no se caliente o enfríe demasiado. Son bastante complejos, por lo que suelen instalarse durante la construcción del edificio.

El sistema implica tres ciclos diferentes: la circulación de aire por los conductos interiores, el flujo de aire por el elemento situado en el exterior y la circulación del refrigerante entre los elementos exterior e interior.

El acondicionamiento de aire es un proceso de tratamiento de aire que controla la humedad, vapor, la renovación, el movimiento y la limpieza del aire; algo más que enfriar solamente.

Cualquier sistema de acondicionamiento de aire deberá realizar las siguientes funciones:

- Controlar la temperatura.
- Controlar la humedad relativa.
- Eliminar las impurezas del aire.
- Controlar el movimiento del aire.
- Renovar el aire interior con aire nuevo exterior.

El manejo de estas variables es importante en industrias como la farmacéutica o empresas elaboradoras de alimentos, que necesitan en sus áreas de producción unidades de control HVAC. La importancia es tal, que el control de estas variables influye en las decisiones de validación de lotes de producción.

1.4.6 Diagrama del Sistema

A continuación se presenta un diagrama tipo del sistema, indicando cómo se relacionan los conceptos presentados anteriormente. En la Fig. 1-4, se muestra la división del sistema en dos subsistemas uno de supervisión y otro de Control de HVAC.

El Subsistema de supervisión contiene los equipos necesarios para la realización de una plataforma bajo System Platform. Entre ellos tenemos los distintos servidores de datos de comunicación e históricos, estaciones de ingeniería y la estación de visualización del cliente. Si bien es una red algo compleja es posible que sean contenidas en un mismo equipo. En el caso de este proyecto, este Subsistema estará alojado en máquinas virtuales.

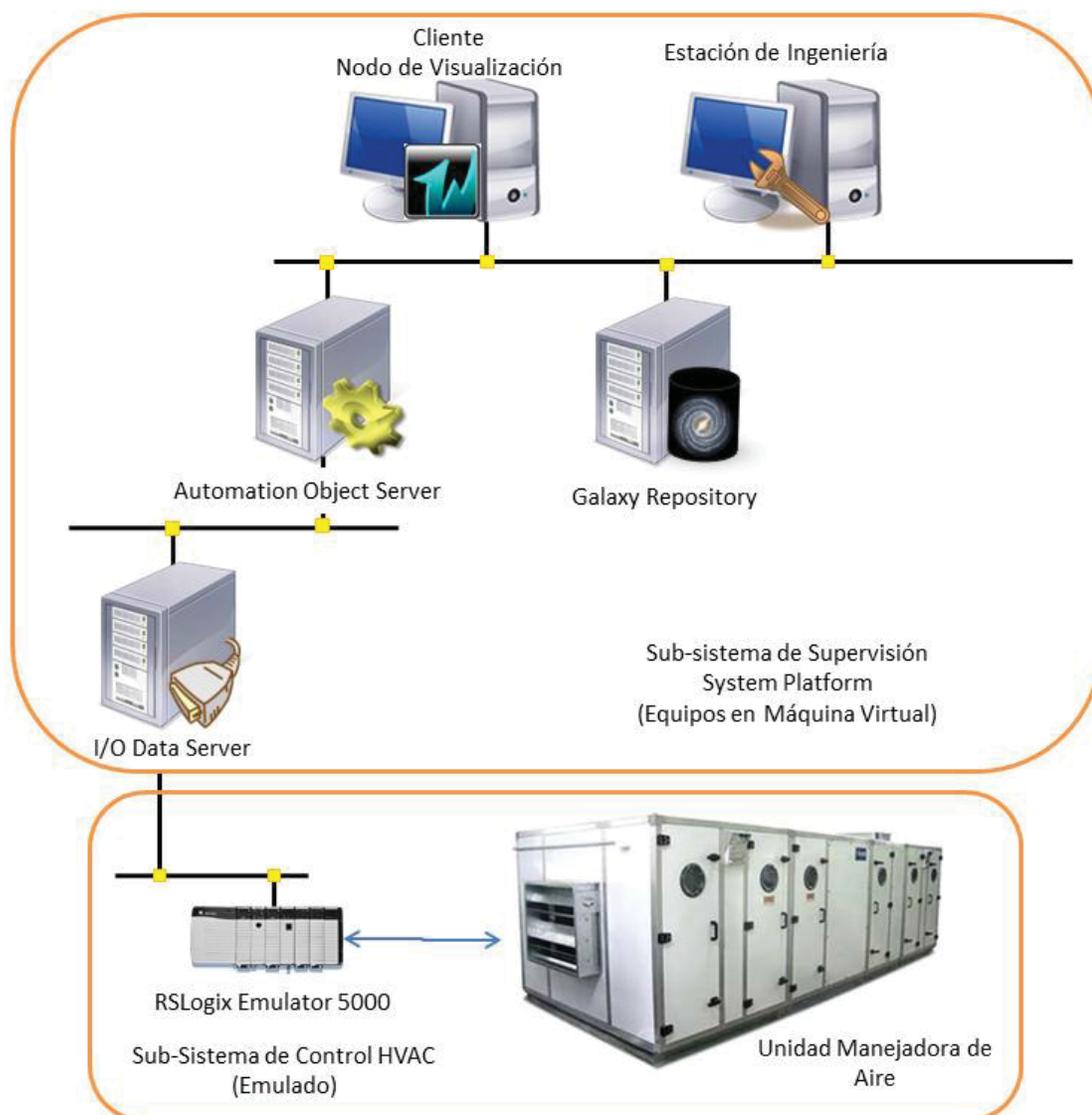


Fig. 1-4 Diagrama del Sistema

El Subsistema de control HVAC contiene los equipos necesarios para representar de forma emulada dicho sistema de control, para esto se utiliza el Software RSLogix Emulate 5000 que contiene un programa de control tipo para sistemas HVAC. Lo anterior es necesario para contar con las funcionalidades mínimas necesarias para gestionar la operación de los procesos de este tipo de sistema.

El trabajo en este sistema trajo consigo el adquirir nuevos conocimientos en algunas aplicaciones contenidas en el entorno Wonderware y en especial en las utilizadas para el desarrollo de este proyecto en una arquitecturas de supervisión distribuida.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1 Wonderware System Platform

Wonderware System Platform es una plataforma de aplicaciones de software industrial estratégica que está construida sobre la tecnología Archestra para el control, supervisión y soluciones de gestión en la producción. Está diseñado para integrar las necesidades del personal de automatización e informática industrial. Wonderware System Platform es el eje y administrador de todas las capacidades funcionales requeridas para las soluciones de software industrial. Este provee distintos servidores como lo son el servidor de aplicaciones industriales (Application Server), el servidor histórico (Historian Server), el servidor de información (Information Server), entre otros, todo específicamente construido para entornos industriales exigentes en tiempo real.

En la siguiente Fig. 2-1 se muestra una representación funcional del sistema System Platform, que incorpora el marco de referencia Archestra.

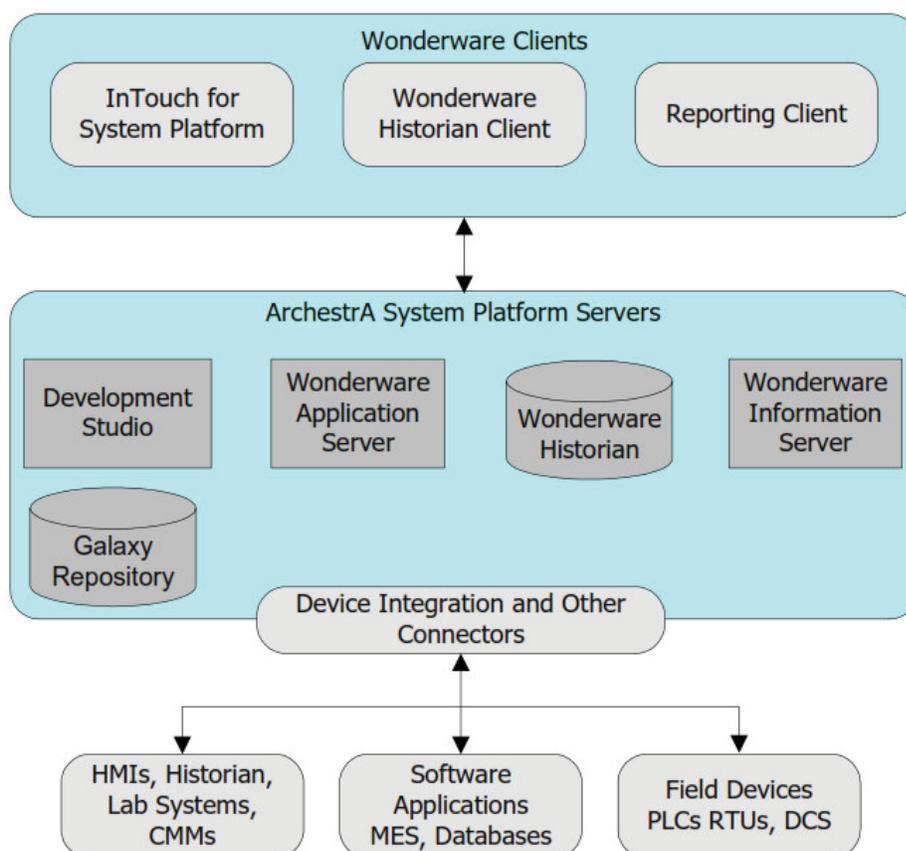


Fig. 2-1 Diagrama Wonderware System Platform [10]

Esta plataforma soporta operaciones simplificadas y consistentes a través de un amplio rango de instalaciones y operaciones industriales al eliminar prácticas y mediciones inconsistentes utilizando un modelo único de objeto. Al presentar un conjunto común de servicios de aplicaciones de software, los estándares se crean una vez como plantillas para ser reutilizados en cualquier aplicación con funcionalidades similares. Esto permite que se establezcan y utilicen estándares consistentemente a través de la misma empresa.

En la siguiente Fig. 2-2 se muestra un objeto con los múltiples servicios disponibles en Wonderware System Platform.



Fig. 2-2 Orientación al Objeto [10]

Las empresas y operaciones industriales tienen el desafío de responder con mayor velocidad a la competitividad internacional, y al mismo tiempo identificar costos ocultos en la producción y la cadena de suministros, creando un entorno más simple con menor capital circulante. Los servidores disponibles comercialmente son en su mayoría utilizados por las áreas de Tecnologías de la Información o TI para aplicaciones, bases de datos y servidores web, y no han sido construidos para satisfacer las exigentes necesidades de operaciones industriales y en tiempo real. System Platform, Wonderware provee un conjunto industrializado de servicios comunes construidos específicamente para estos entornos exigentes en tiempo real.

Finalmente, System Platform provee un marco que simplifica el desarrollo, la implementación, el mantenimiento y la administración de aplicaciones de automatización e información distribuidas. La arquitectura subyacente de aplicaciones de automatización e información industrial, ofrece los medios para adaptarse y evolucionar dinámicamente. Brinda además a los usuarios, ya sean grandes o pequeños, una flexibilidad completa en elecciones y topología de la arquitectura, ambas durante la fase inicial de diseño del sistema y a través del tiempo de vida del sistema instalado. La topología y las arquitecturas pueden ser modificadas y reorganizarse sin la necesidad de rediseñar las propiedades de sus aplicaciones, dándole la ventaja de realizar mejoras con libertad y velocidad [11].

2.1.1 Modelo de Planta

En el centro Wonderware System Platform está el modelo de planta; la representación lógica de los procesos físicos que se controlan y supervisan con el software de aplicaciones Wonderware.

El modelo de planta provee un modelo de trabajo de la fábrica, consistente en el equipamiento físico, la obtención de datos, la definición de alarmas y de quién tiene acceso a ellas, en términos significativos y organizados como plantillas. Lo anterior a través de un modelo jerárquico de operaciones industriales. El modelo de planta presenta una conveniente abstracción de su equipamiento físico y sistemas, dentro de un entorno de desarrollo de aplicaciones más poderoso y productivo, incluyendo equipamiento, áreas, procesos de trabajo, cálculos, interfaces, computadoras, controladores, bases de datos o cualquier cosa que pueda ser modelada en forma de plantilla.

El modelo de planta otorga un contexto esencial a los datos, confirmando en el diagnóstico y la resolución de problemas, así como también ofreciendo valiosa documentación durante la puesta en servicio y a través del ciclo de vida del sistema. Al proveer una representación vital y precisa de los recursos operacionales, independientemente de los medios físicos de informática utilizados para ejecutar el sistema, el modelo de planta le brinda mayor flexibilidad de aplicaciones para disminuir los riesgos asociados con las implementaciones iniciales, así como también la adopción de cambios a través del tiempo [11].

Es así como Wonderware System Platform nos permite organizar una aplicación distribuida, lo cual se puede apreciar en la Fig. 2-3.

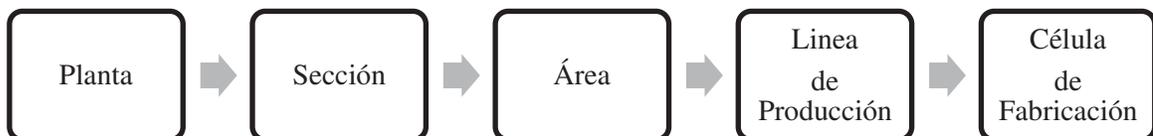


Fig. 2-3 Distribución de la aplicación

2.1.2 Ventajas Wonderware System Platform

Al ser un sistema operativo industrial para el apoyo de aplicaciones, Wonderware System Platform ofrece muchas ventajas, con lo que mejora las operaciones más tradicionales, incluyendo el desarrollo, implementación, mantenimiento y seguridad asociada con múltiples aplicaciones que se ejecutan en múltiples sitios; esto reduce significativamente la carga de su organización.

A continuación se indican las ventajas que posee esta plataforma:

- a) En el Desarrollo: Es posible configurar todas las aplicaciones desde un entorno de desarrollo centralizado. El uso de un solo entorno de desarrollo significa que los equipos de ingeniería son más productivos y eficientes. El desarrollo basado en objetos permite a los ingenieros crear funciones de aplicación específicas y guardarlas como plantillas de aplicación. Una vez que una plantilla es desarrollada y probada, puede ser utilizado por cualquier ingeniero para agregar funcionalidad a cualquiera de sus aplicaciones a través de todo su sitio. Las funciones y cálculos se pueden encapsular en las plantillas de la aplicación y se utilizan en todos los sitios. Los errores se reducen y la normalización es, finalmente, una meta realizable. Es por esto que se puede llegar a ahorrar más de 70% en los costos de ingeniería.
- b) En la Implementación: Al utilizar Wonderware System Platform no es necesario contar con personal para la instalación de la aplicación en cada máquina que se tenga como estación de operación. La implementación centralizada permite a un equipo de ingeniería implementar sistemas completos o tan solo pequeños cambios en cualquier momento y sin impacto negativo en la producción o en las operaciones. Los cambios o mejoras se pueden hacer desde cualquier estación conectada a la red de supervisión y prácticamente en cualquier momento, lo cual trae ventajas en el mayor retorno de la inversión para una empresa. La agilidad operativa mejora y se puede operar con mayor flexibilidad el negocio.
- c) En el Mantenimiento: Mientras más proveedores de aplicaciones industriales se tenga, son más los procedimientos de mantenimiento a realizar. Las actualizaciones del sistema, revisiones y nuevas versiones implican la utilización de costosos recursos de TI. El enfoque basado en objetos de Wonderware System Platform simplifica y reduce las actividades de mantenimiento. Por ejemplo la implementación de un cambio en la funcionalidad de un objeto puede ser efectuada desde la ubicación central. La versión exacta de cada objeto de la aplicación está disponible para los administradores de sistemas, los cuales pueden estar seguros de lo que se desplegó en el campo.
- d) En la seguridad: La seguridad cibernética nunca ha sido más importante de lo que es hoy. Wonderware System Platform es un software de desarrollo y despliegue altamente seguro que se puede configurar para controlar el acceso al sistema por medio de los derechos de usuarios, junto con el seguimiento de los eventos o cambios en el sistema ejecutados por un usuario. Wonderware System Platform soporta Microsoft Integrated Security, SmartCard y otros protocolos y métodos de seguridad. Dado que las aplicaciones se gestionan desde una ubicación central, no existen los problemas de seguridad asociados con múltiples aplicaciones que se ejecutan en

múltiples sitios, lo cual reduce significativamente la carga de las áreas de TI en una organización [12].

2.2 Aplicaciones Necesarias

Para la configuración de un sistema de supervisión son necesarias diversas aplicaciones o herramientas, a continuación se presentan las principalmente utilizadas en este proyecto.

2.2.1 Wonderware Development Studio

Wonderware Development Studio ofrece un conjunto integrado de herramientas para el desarrollo rápido de aplicaciones y el despliegue de Wonderware System Platform.

El corazón de Development Studio es el Ambiente Integrado de Desarrollo o IDE. Al interior del IDE, los ingenieros pueden diseñar, desarrollar y mantener cualquier aplicación industrial. Sin tener que salir de Archestra IDE, el usuario puede desarrollar sofisticados gráficos e incorporarlos a aplicaciones de Inteligencia de Operaciones, HMI, SCADA o MES. Una vez que el diseño se ha completado, es necesario seguir solo algunos pasos para implementar una aplicación, los objetos y la lógica correspondiente a la diversa gama de dispositivos que podemos encontrar en una empresa. [11]

Los beneficios que se obtienen con la utilización de Wonderware Development Studio son:

- Ambiente unificado para aplicaciones HMI, SCADA, MES y EMI.
- Simplicidad de uso.
- Desarrollo de aplicaciones centralizadas y con multiusuarios.
- Reutilización de trabajos de ingeniería anteriores.
- Rápido implementación de cambios a través de la red.
- Mejoras operativas y de productividad.

Las condiciones o cualidades que permiten el desarrollo de Wonderware Development Studio:

- Desarrollo de objetos y gráficos a base de plantillas.
- Extensible por medio de Microsoft .NET y APIs de Wonderware.
- Galería de gráficos completa y personalizable.
- Seguridad y seguimiento de la historia documentada de un cambio o audit trails.
- Gestión de todas las entradas y salidas, historia, alarmas, eventos, gráficos, scripts y más con una sola herramienta.

En las Fig. 2-4 y Fig. 2-5 se muestran dos ventanas de las aplicaciones Archestra IDE y del editor de símbolos (gráficos del sistema) respectivamente.

2.2.2 InTouch para System Platform

La aplicación InTouch es una herramienta con la cual rápida y fácilmente se pueden crear aplicaciones de interfaz hombre máquina (HMI) sobre los sistemas operativos Windows de Microsoft. Las aplicaciones InTouch son utilizadas en una multitud de mercados alrededor del mundo, incluyendo la elaboración de alimentos, los semiconductores, petróleo y gas, automotriz, química, farmacéutica, entre otras.

Mediante el uso de InTouch, se pueden crear potentes aplicaciones, con todas las funciones que se aprovechan de las características clave de Microsoft Windows, incluidos los controles ActiveX, OLE, gráficos, redes y mucho más. InTouch también se puede ampliar mediante la adición de ActiveX, objetos de Archestra, y la creación de extensiones o secuencias de comandos rápidos.

En la Fig. 2-6, se aprecia la pantalla de InTouch WindowMaker.

InTouch se compone principalmente de dos programas, WindowMaker y WindowViewer.

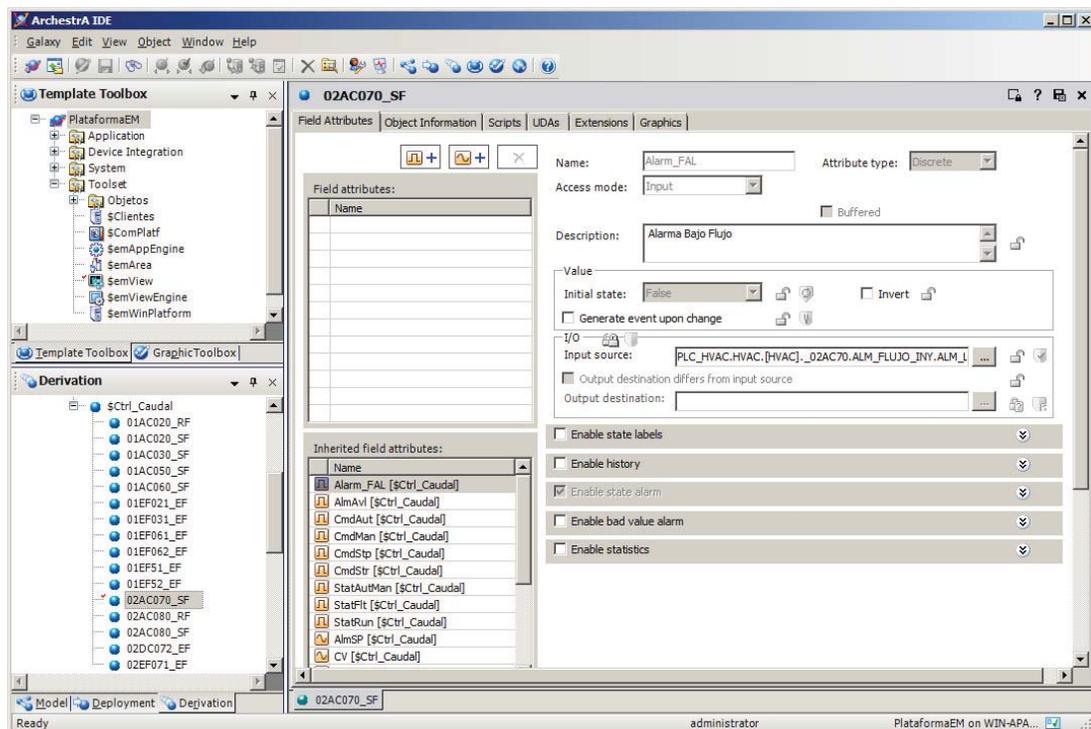


Fig. 2-4 Archestra IDE

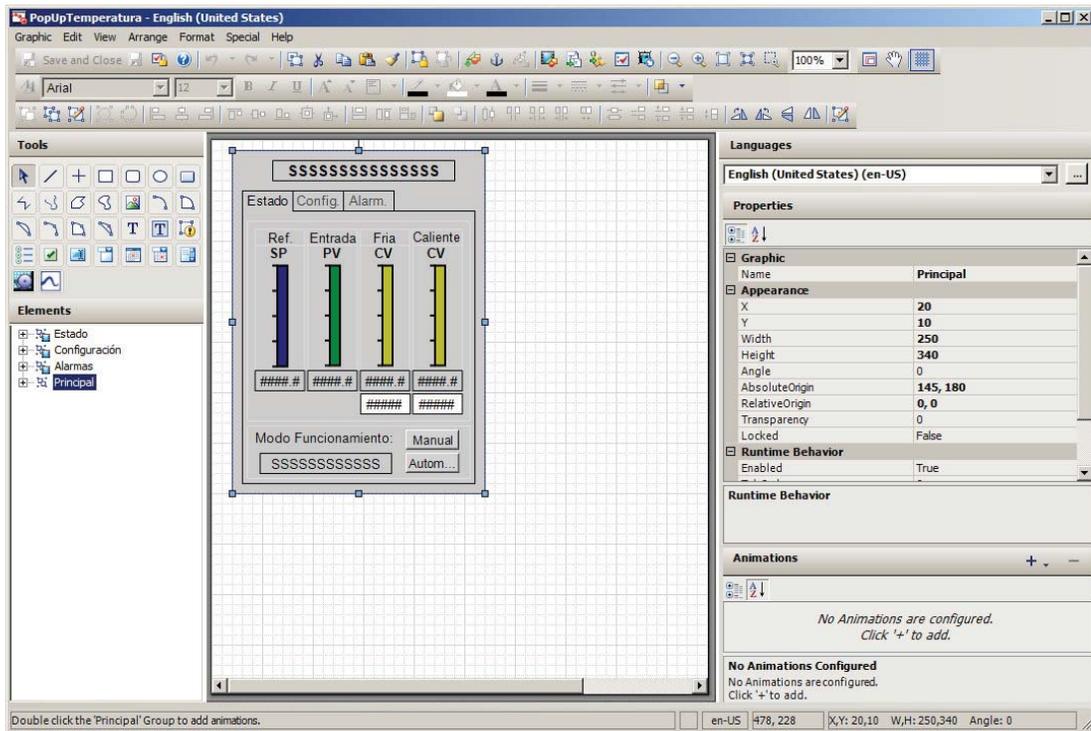


Fig. 2-5 Editor de Símbolos

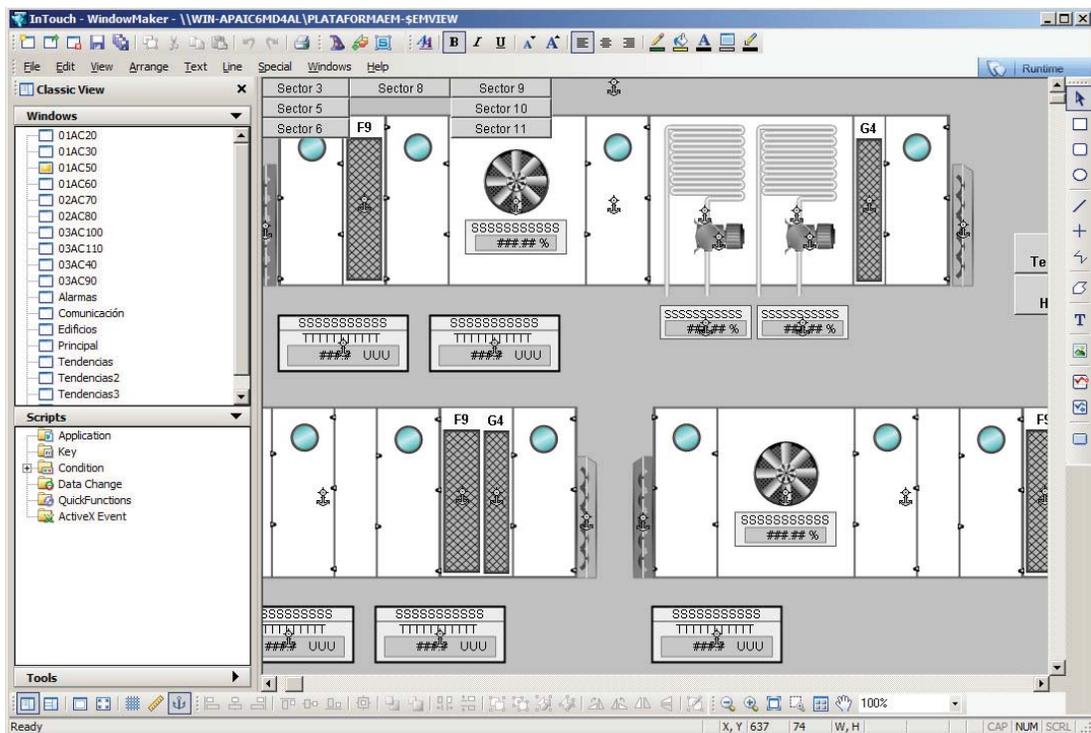


Fig. 2-6 InTouch WindowMaker

- a) WindowMaker es el entorno de desarrollo, donde se utilizan gráficos orientados a objetos para crear animaciones, pantallas de Windows sensibles al tacto. Estas ventanas de visualización se pueden conectar a sistemas industriales de entradas y salidas y otras aplicaciones de Microsoft Windows.
- b) WindowViewer es el entorno de ejecución utilizado para mostrar en tiempo real las ventanas gráficas desarrolladas en WindowMaker.

Con InTouch se puede ejecutar secuencias de comandos rápidos, realizar el registro de los datos históricos del proceso, registro y notificación de alarma. Por otra parte individualmente puede funcionar como un cliente o un servidor OPC, proveer acceso a información por medio de la tecnología OPC, el protocolo SuiteLink o por medio del intercambio dinámico de datos (DDE) de Microsoft. [11]

Los beneficios que se obtienen con la utilización de InTouch son:

- Simplicidad de uso.
- De forma individual presenta conectividad con una amplia gama de dispositivos y sistemas.
- Buena representación gráfica.

Entre sus capacidades podemos contar con:

- Sofisticada secuencias de comandos (Script) para ampliar y personalizar las aplicaciones para necesidades específicas.
- De forma individual consta de una distribución de alarmas en tiempo real con vistas históricas para el análisis.
- Controles Activex .NET de Microsoft para integración.
- Extensible biblioteca de más de 500 gráficos y objetos inteligentes pre diseñados y personalizables.

2.2.3 Device Integration Server

La capacidad de los dispositivos de poder ser conectados a otro dispositivo de planta, a través de una forma autónoma, es clave para la coordinación de la información, tan necesaria y que debe ser en tiempo real. Es así como Wonderware permite aumentar considerablemente las posibilidades, a través de una amplia variedad de opciones, de comunicación para dispositivos de información y automatización.

Existe una gran cantidad de empresas o desarrolladores que colaboran en una gran cantidad de opciones de conectividad a cientos de sistemas de control tales como PLC, RTU, DCS y dispositivos con electrónica dedicada a una función o proceso determinado.

Una de los puntos más destacables es que esta plataforma adopta la apertura de la tecnología OPC, es decir la plataforma utiliza el cliente OPC para exponer los datos de cualquier servidor OPC sin importar el desarrollador o el fabricante.

Wonderware hace que la integración de los dispositivos sea más sustentable a través del Device Integration Objects (DI Objects). Este se ubica en la plataforma, lo cual implica una conectividad sin problemas a cualquier fuente de datos.

Wonderware también ofrece el set de herramientas del Data Access Server (DA Server), servidor de datos de acceso, el cual permite crear un servidor de conectividad. [11]

En la Fig. 2-7 se muestra la arquitectura DA Server.

2.2.4 Wonderware Historian

El Historian de System Platform es una base de datos para información histórica de alto desempeño en tiempo real. Combina el poder y la flexibilidad de una base de datos relacional con la velocidad y la compresión de un verdadero historiador de proceso, integrando a la oficina con la zona de producción de la fábrica o cualquier operación industrial. Wonderware Historian está diseñado para recolectar una amplia variedad de datos de planta a resolución completa y a alta velocidad, garantizando que los tomadores de decisiones a todos los niveles cuenten con los datos que necesitan para impulsar iniciativas de mejoramiento de la productividad. [11]

En la Fig. 2-8 se aprecia la pantalla de Trend de Historian.

2.2.5 Otras Aplicaciones

En Wonderware System Platform se tiene otras aplicaciones para tareas o funciones específicas de visualización web y manejo de lotes de producción, las cuales son presentadas a continuación.

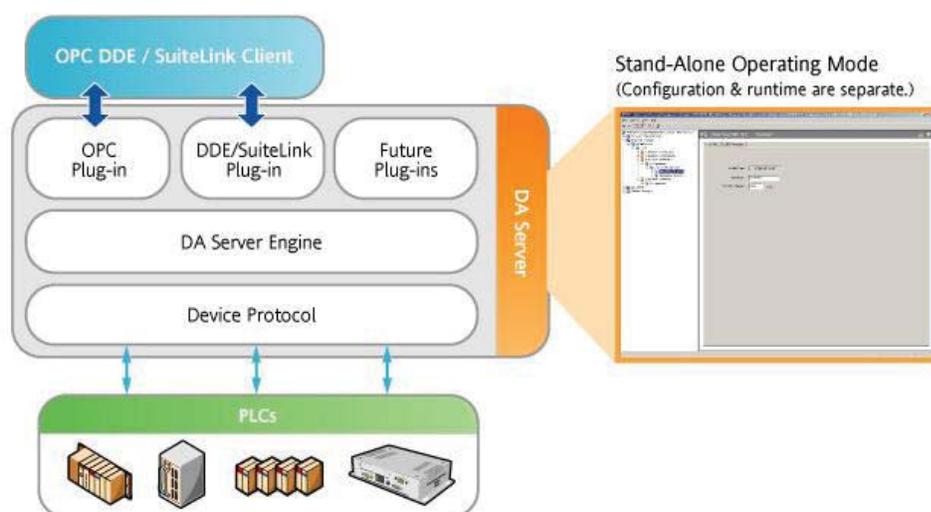


Fig. 2-7 Arquitectura DA Server [11]

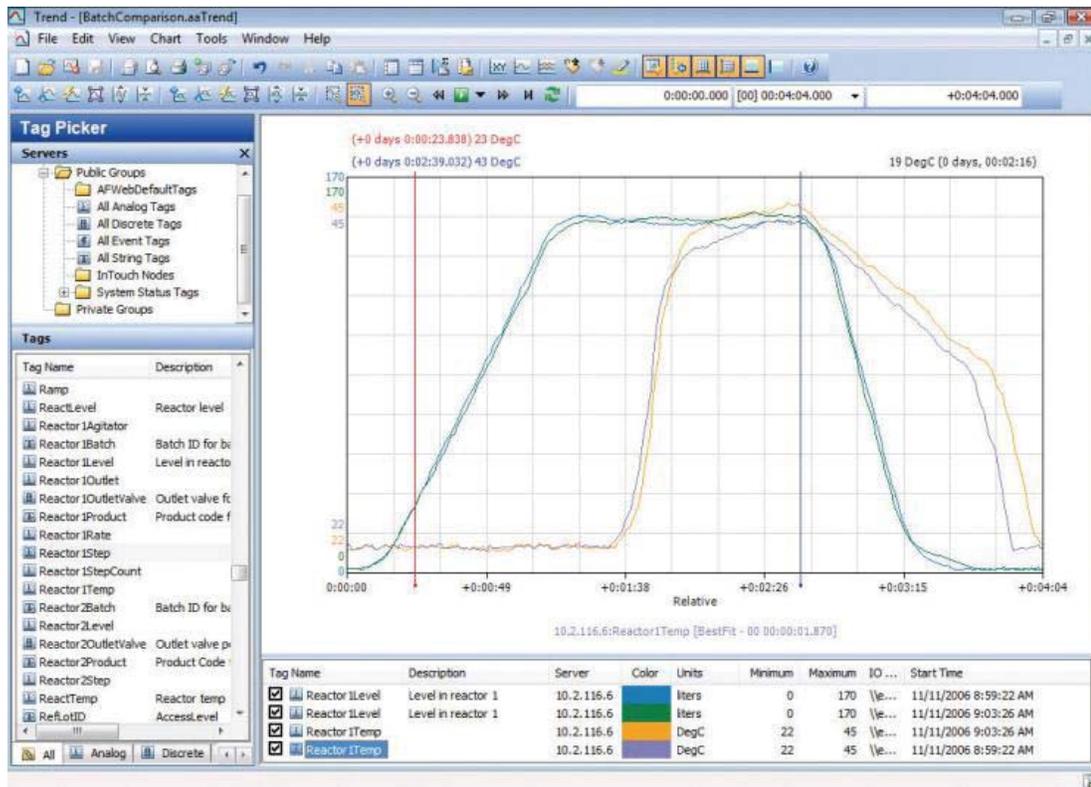


Fig. 2-8 Wonderware Historian [11]

a) Wonderware Información Server es el servidor de contenido de System Platform, utilizado para obtener información de la fábrica vía web. Information Server muestra la información de la planta obtenida de aplicaciones HMI, bases de datos de alarma, entrada y salida de servidores y el Wonderware Historian. Los usuarios pueden acceder a la información de Wonderware Information Server utilizando Internet Explorer sin requisitos de hardware y software adicionales. Wonderware Information Server trabaja con varias tecnologías, incluyendo Wonderware Historian, Microsoft SQL Server, Servidor de información de Internet o IIS, .NET Framework, Servicio SharePoint e Internet Explorer. [11]

b) Wonderware InBatch es un software flexible para el manejo de lotes que aprovecha el potencial de Wonderware System Platform, optimizando la gestión de un proceso por lotes. InBatch es excelente para automatizar aquellas aplicaciones de procesos por lotes que exigen flexibilidad, desde las más simples hasta las más complejas. Consistente con el estándar de procesos por lotes flexibles ISA S88, el software InBatch ofrece completas capacidades de historia de equipamiento y ejecución de lotes, genealogía de materiales, estricta seguridad, y generación de reportes vía web a través del uso de Wonderware Information Server, facilitando el diseño y la implementación de sistemas que cumplan con las regulaciones FDA 21 CFR Parte 11. [11]

2.3 Archestra IDE

Archestra es la arquitectura para el control de supervisión y fabricación de sistemas de información. Es un sistema abierto y extensible de componentes basados en un diseño orientado a objetos distribuidos.

El entorno de desarrollo integrado, o en sus siglas IDE, es la herramienta de diseño y desarrollo en el que se configura y despliegan todos los objetos Archestra en equipos de destino. Mantiene y configura los objetos de la aplicación y la infraestructura subyacente.

Con IDE se puede importar nuevos tipos de objetos (Templates o plantillas) en la aplicación, configurar las instancias de la plantilla y desplegar en los equipos de su red. Es posible que varios usuarios puedan trabajar simultáneamente en el mismo entorno de producción, denominado Galaxia, en diferentes conjuntos de objetos procedentes de diferentes entornos de desarrollo.

2.3.1 Galaxia

Una Galaxia representa todo el entorno de producción, incluyendo todos los equipos y componentes que se ejecutan en una aplicación. Es un conjunto de plataformas (plataform), motores (engines), plantillas (templates), instancias (instances), y los atributos que definen una aplicación específica. La información permanente de la colección de objetos se almacena en la base de datos de la Galaxia. Por otra parte la base de datos de una Galaxia reside en un único equipo de la red, el cual debe contar con 3 elementos como mínimo: Microsoft SQL Server, Bootstrap, y la Galaxy Repository (GR). Este último corresponde al equipo donde se encuentra la base de datos, y es solamente en este equipo donde puede residir.

Por otra parte, es posible implementar componentes de la Galaxia en varios equipos, ya sea plataformas y motores, con el fin de compartir el trabajo mientras se encuentra en ejecución las aplicaciones. El conjunto único de objetos e identificadores de productos de una Galaxia es el namespace. El namespace y los valores de cada uno de sus identificadores definen una aplicación Wonderware Application Server, pudiendo ser visitada por los clientes del sistema de configuración. Un beneficio clave del namespace del Application Server es que permite a los objetos y datos de proceso, hacer referencia a las secuencias de comandos y enlaces de animación desde cualquier ordenador de la Galaxia sin la necesidad de especificar la ubicación del objeto [11].

En la Fig. 2-9 se muestra la Galaxia y los componentes que la conforman.

2.3.2 Objetos en Archestra

Para poder modelar una aplicación en el Application Server es necesario comprender lo que es una plantilla (Template) y las instancias (Instances) de objetos.

Las plantillas son elementos de Application Server, que contienen parámetros de configuración comunes para las instancias de objetos, las cuales pueden ser utilizadas varias veces en una aplicación.

Como ejemplo, se puede crear una plantilla de válvulas, a la cual se le agregan atributos comunes de las válvulas. Luego se puede utilizar esta plantilla para crear instancias y/o agregar otros atributos de manera específica para un modelo particular de válvula.

Las instancias de objetos son los dispositivos específicos en su entorno, tales como diagrama de válvulas, motores o dispositivos más complejos.

La creación de plantillas e instancias es similar a la programación orientada a objetos. Las plantillas e instancias tienen una relación padre / hijo, existen atributos o propiedades que son heredadas desde una plantilla a una instancia.

En conjunto, las plantillas y las instancias se denominan objetos. En la siguiente Fig. 2-10 se muestra los diferentes tipos de objetos y cómo se organizan en la Galaxia.

2.4 Plantillas e Instancias

A continuación se especifican dos conceptos fundamentales para el desarrollo de una aplicación.

- a) **Instancias (Instances):** Las instancias son objetos en tiempo de ejecución, creadas a partir de plantillas en el Application Server. Las instancias son los equipos específicos en un entorno como procesos, válvulas, cintas transportadoras, tanques de almacenamiento, y sensores. Las instancias pueden obtener información de los sensores en el dispositivo en el mundo real o de la lógica de aplicación. En una Galaxia es posible tener cientos de equipos iguales o similares.

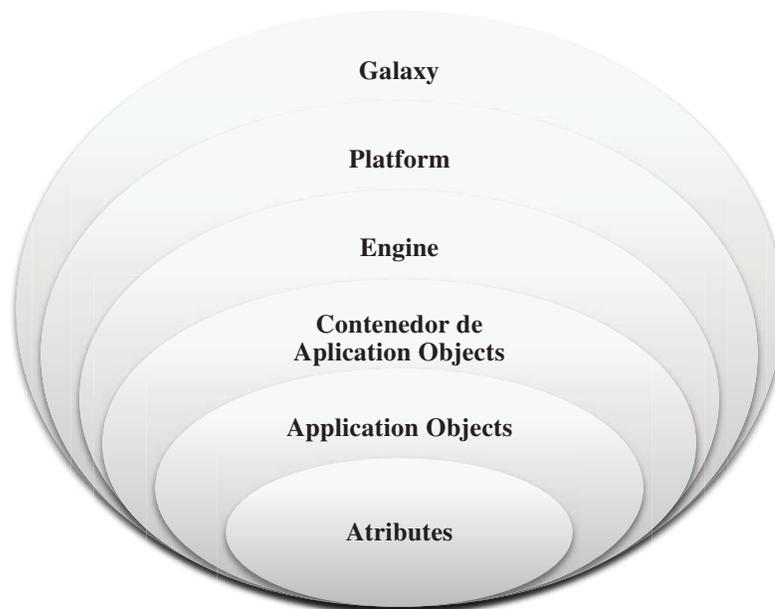


Fig. 2-9 Galaxia [11]

La creación de cada equipo desde cero se hace innecesario con las instancias, lo cual se debe a que las instancias usan una plantilla definida para un tipo de equipo, pues en la creación se trae consigo los atributos heredados.

b) Plantillas (Templates): Las plantillas son las definiciones de alto nivel de los dispositivos en su entorno. Las plantillas son un molde desde donde se puede obtener muchas réplicas de un mismo tipo de equipo. En el Application Server se define una plantilla para un objeto (equipo) una vez y luego se utiliza esa plantilla cuando sea necesario definir otra instancia de dicho elemento. Los nombres de plantillas tienen un signo de peso (\$) como el primer carácter de su nombre. Una plantilla puede especificar lógica de la aplicación, alarmas, seguridad y datos históricos de un objeto. Una plantilla puede definir también un área de su medio ambiente. En ella se puede ampliar y personalizar una plantilla mediante la adición de atributos definidos por el usuario (UDAs), guiones, o extensiones para satisfacer las necesidades específicas de su entorno. Los objetos heredan los atributos de sus padres. Application Server viene con plantillas predefinidas, denominadas plantillas base. [11]

En la Fig. 2-11 se muestra un ejemplo donde se cuenta con una plantilla de una válvula de la cual derivan dos o más instancias.

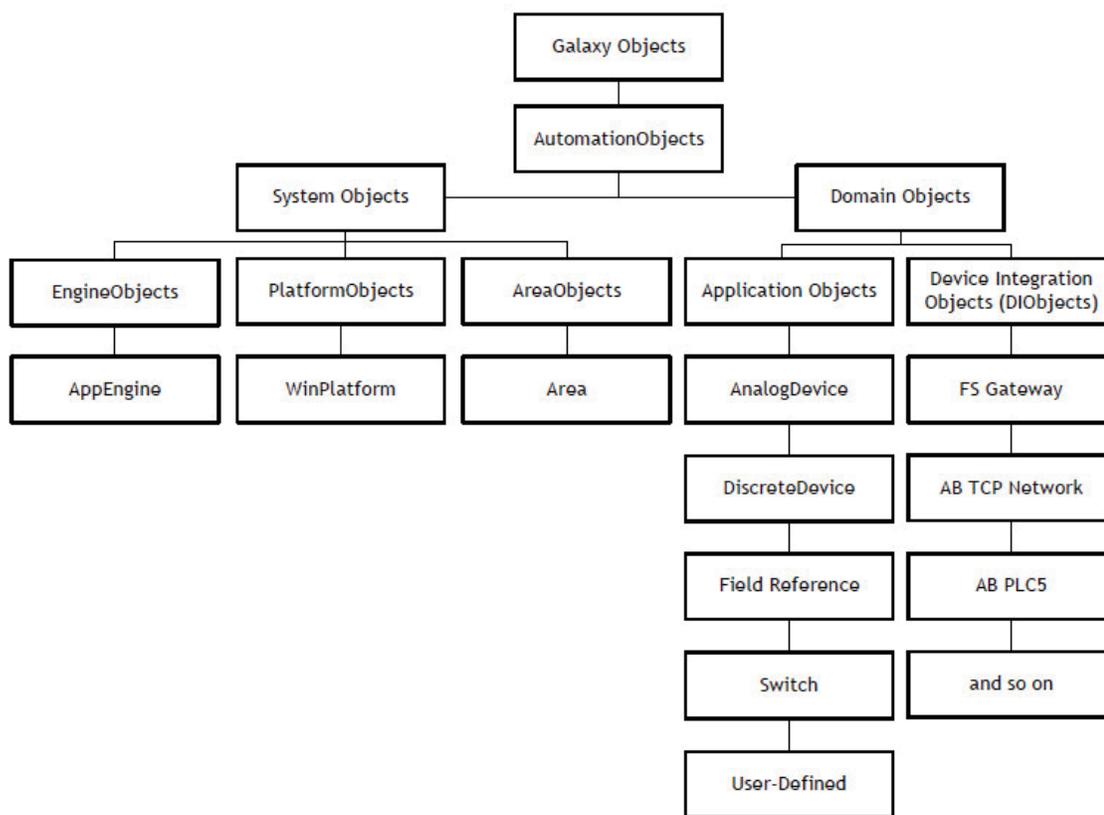


Fig. 2-10 Distribución de Objetos [11]

2.5 Plantillas Base

En el Application Server (Servidor de Aplicaciones) de Wonderware se incluye un conjunto de plantillas predefinidas, denominadas plantillas base, las cuales se encuentran en el Template ToolBox (caja de herramientas) del editor IDE. Estas plantillas corresponden a la raíz de la jerarquía derivada, por lo que cada plantilla generada en una Galaxia, deriva de una plantilla base.

Las plantillas base no se pueden modificar directamente, pero se puede utilizar para crear plantillas derivadas, que son copias de las plantillas base, desde las cuales podemos generar instancias para la aplicación. Cada plantilla base tiene un conjunto de atributos y valores por defecto, los cuales son heredados por las plantillas derivadas y/o instancias creadas en la plataforma.

Una plantilla hijo o deriva de una plantilla base puede ser altamente personalizada, pudiendo agregar una serie de atributos definidos por quien diseña la aplicación, secuencias de comandos, alarmas y extensiones de históricos, entre otros. Estas características permiten la generación de una aplicación de una forma más rápida y fácil. [13]

Las clases de plantilla son las siguientes:

- Application Templates.
- Device Integration.
- System Templates.

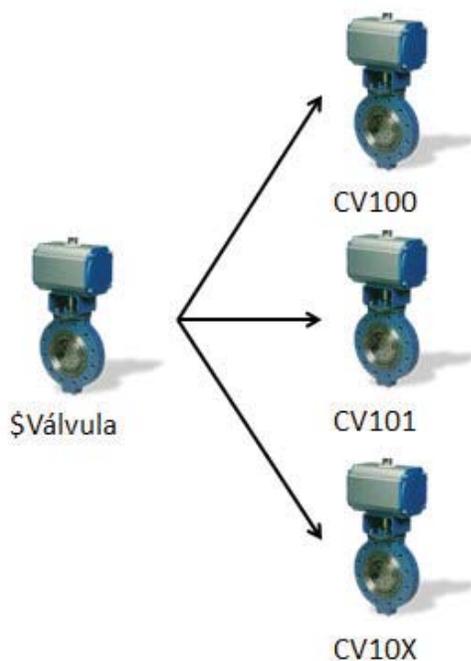


Fig. 2-11 Plantillas e Instancias [11]

2.5.1 Application Templates

Estas plantillas de base permiten crear fácilmente dispositivos de una Galaxia. Contienen las propiedades que debe establecer para cada tipo de dispositivo. Por ejemplo, un dispositivo DiscreteDevice contiene todos los ajustes que se necesita especificar para un dispositivo on / off. Por supuesto, el uso de UDAs, guiones, y la extensión, puede extender y personalizar cualquier dispositivo escogido.

2.5.2 Device Integration Templates

Estas plantillas de base representan la comunicación con dispositivos externos a la plataforma. Los dispositivos externos se ejecutan en el engine (motor) de la aplicación.

Por ejemplo, se tienen los siguientes objetos:

- a) DINetwork Object: Se refiere al objeto que representa el puerto de interfaz de red al dispositivo a través del Servidor de Acceso de Datos. El objeto proporciona diagnósticos y la configuración para esa tarjeta específica.
- b) DIDevice Object: Se refiere al objeto que representa el dispositivo externo real, ya sea un controlador o una unidad remota (PLC o RTU), que se asocia al objeto Object DINetwork.

2.5.3 System Templates

Estos objetos representan las partes de una Galaxia y no el dominio que están controlando o monitoreando. Estas plantillas de base permiten crear distintas agrupaciones y equipos a nivel de sistema, con los cuales se puede organizar la Galaxia en base de una estructura ordenada de objetos, los cuales ayudan en la interacción con la aplicación.

- a) WinPlatform Object: Este objeto de base es clave para la plataforma, debido a que alberga todos los objetos que se están modelando. Dentro de las funciones que tiene este objeto se tiene:
 - Calcular y monitorear diversas estadísticas relacionadas con el nodo que se implementa. Estos atributos pueden ser monitoreados alarmados e historizados.
 - Iniciar y detener los motores.
 - Supervisar el estado de ejecución de los motores desplegados.
- b) AppEngine Object: El objeto AppEngine debe tener una plataforma en la que se ejecutará. Dentro de las funciones que tiene este objeto se tiene:
 - Aloja el ApplicationObjects, objetos de integración de dispositivos y zonas.
 - Contiene la lógica para configurar e inicializar objetos cuando se despliegan.
 - Contiene la lógica para eliminar objetos del motor cuando no se encuentran desplegado.

- Determina el tiempo de exploración para todos los objetos dentro de un particular motor en ejecución.

c) Area Object: Es un grupo de objetos de lógica que representa una parte de la disposición de la planta física en una Galaxia. Por ejemplo, el área de recepción, área de proceso, área de empaquetado y área de despacho, son algunas de las representaciones lógicas de un área física de planta. Los objetos de área proporcionan un papel clave en la organización de la información de alarmas, permitiendo clasificar y proporcionar un listado de alarmas enfocado a un área específica de supervisión.

d) Objeto ViewEngine: El objeto ViewEngine debe tener una plataforma donde se ejecutará. Dentro de las funciones que tiene este objeto se tiene:

- Aloja al objeto InTouchViewApp.
- Contiene la lógica para configurar e inicializar objetos cuando se despliegan.
- Contiene la lógica para eliminar los objetos cuando están sin desplegar.
- Determina el tiempo de exploración para todos los objetos dentro de un particular motor en ejecución.

e) InTouchViewApp Object: El objeto InTouchViewApp debe tener una ViewEngine donde se ejecutará. Dentro de las funciones que tiene este objeto se tiene:

- Gestiona la sincronización y la entrega de los archivos requeridos por la aplicación asociada InTouch.
- Proporciona acceso en tiempo de ejecución de las etiquetas en la aplicación asociada InTouch.
- Inicia WindowMaker para editar la aplicación asociada InTouch.

2.6 Requerimientos de Sistema

Los requerimientos de sistema para la versión 2015 de Wonderware System Platform los podemos encontrar en la matriz de compatibilidad. En las Tabla 2-1 y Tabla 2-2 se detalla la compatibilidad de sistemas operativos para nodos clientes y nodos servidores respectivamente.

En las tablas se detalla con Y a la aplicación que es soportada y con N las aplicaciones no soportadas. Además se clasifica un sistema como compacto (1-500 I/O por nodo), pequeña (1-5000 I/O por nodo), media (5000-50.000 I/O por nodo) y alta (50.000-400.000 I/O por nodo).

Se puede ver que el sistema operativo recomendado es Windows 8.1 para los nodos cliente y Windows Server 2014 R2 para nodos de Servidores.

Tabla 2-1 OS Windows para Clientes

| Wonderware System Platform 2014 R2 | 7 SP1 Prof., Enterprise, Ultimate (32/64-bit) | 8 Prof., Enterprise (32/64-bit) | 8.1 Prof., Enterprise (32/64-bit) |
|--|---|---------------------------------|-----------------------------------|
| Application Server v4.1 | Y | Y | Y |
| Application Server Runtime v4.1 | Y | Y | Y |
| InTouch v11.1 | Y | Y | Y |
| Historian v11.6 | Y | Y | Y |
| Historian Client v10.6 | Y | Y | Y |
| Information Server Portal and Client (5.6) | Y | Y | Y |
| FS Gateway 3.0 SP2 Sistema | Y | Y | Y |
| Instalación Compacta | N | N | N |
| Instalacion Pequeña | Y | Y | Y |
| Instalación Media | Y | Y | Y |
| Instalación Alta | N | N | N |

Tabla 2-2 OS Windows para Servidores

| Wonderware System Platform 2014 R2 | 2008 R2 SP1 Standard, Enterprise (64-bit) | Server 2012 Standard and Data Center (64-bit) | Server 2012 R2 Standard and Data Center (64-bit) |
|---|---|---|--|
| Application Server v4.1 | Y | Y | Y |
| Application Server Runtime v4.1 | Y | Y | Y |
| InTouch v11.1 | Y | Y | Y |
| Historian v11.6 | Y | Y | Y |
| Historian Client v10.6 | Y | Y | Y |
| Information Server Portal and Client v5.6 | Y | Y | Y |
| FS Gateway 3.0 SP2 Sistema | Y | Y | Y |
| Instalación Compacta | N | N | N |
| Instalacion Pequeña | Y | Y | Y |
| Instalación Media | Y | Y | Y |
| Instalación Alta | Y | Y | Y |

La instalación de los productos de Wonderware no se verá afectada por la utilización de versiones más recientes de Service Packs (SP).

- a) El Galaxy Repository o Deposito de la Galaxia (nodo GR) puede ejecutarse en un sistema operativo Windows cliente sólo en una configuración de un solo nodo. Para un entorno de varios nodos, el GR de la Galaxia debe instalarse en un equipo con un sistema operativo Windows Server.

- b) Los nodos de aplicación y desarrollo son considerados como clientes del nodo GR.
- c) Cuando se actualiza el sistema operativo en un ordenador, los productos Wonderware System Platform existentes deben ser desinstalados antes de la actualización y luego reinstalado después de la actualización.

La siguiente Tabla 2-3 indica las directrices para la configuración de hardware adecuado para los software de Wonderware System Platform 2014 R2, la cual se basa en el tamaño de instalación, este es aplicable para sistemas de 32 y 64 bit, la cual se basa en el tamaño.

Tabla 2-3 Hardware

| | CPU (GHz) | Cores (Min) | RAM (GB) | Storage (GB) | Monitor Resolution | Network (MBPS) |
|----------------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Instalación Compacta | 1.6 | 1 | 1 | 30 | 1024x768 | 100 |
| Instalacion Pequeña | 1.8 | 2 | 2 | 30 | 1024x768 | 100 |
| Instalación Media | 2.8 | 4 | 8 | 500 | 1280x1024 | 1000 |
| Instalación Alta | 2.8 | 8 | 16 | 1000 | 1280x1024 | 1000 |

CAPÍTULO 3

IMPLEMENTACIÓN

3.1 Hardware

A pesar de que en los sistemas SCADA tiene un gran peso la parte software, este se ve acotado por las capacidades con la que cuenta el hardware, por lo que no se debe menos preciar los elementos físicos que lo componen.

Un sistema SCADA tradicional, en cuanto a hardware, se compone de un interfaz hombre-máquina, un ordenador central, una red de comunicación, una instrumentación de campo entre otros.

Dependiendo de las necesidades o exigencias, puede ser necesario contar con más dispositivos, como por ejemplo ordenadores remotos o RTUs (Remote Terminal Unit), servidores, dispositivos de almacenamiento de datos, etc.

Para la realización de la plataforma System Platform de este proyecto ha sido necesario un ordenador tipo notebook con características de hardware que se detallan en la Tabla 3-1. Este equipo recibirá las Máquinas Virtuales o Sistemas Operativos huésped.

Tabla 3-1 Hardware Máquina Física

| Ítem | Máquina Física |
|-----------------------|--------------------|
| Procesador | Intel Core i3-4005 |
| Frecuencia Procesador | 1,7 GHz |
| Memoria RAM | 12 GB |
| Disco Duro | 500 GB |

Debido a las características de la máquina física, se utiliza Wonderware System Platform 2014. Esta versión posee exigencias levemente menores a la versión 2014 R2 que corresponde a la versión del año 2015.

Con lo anterior se contemplan dos Máquinas Virtuales, una de ellas hace las veces de Servidor y la otra de Cliente. El valor de los parámetros se escoge pensando que se manejarán menos de 500 I/O.

En las Tabla 3-2 y Tabla 3-3, se muestran las características de hardware de los equipos Servidor y Cliente.

Tabla 3-2 Hardware VM Servidor GR

| Ítem | Servidor GR |
|-----------------------|--------------------|
| Procesador | Intel Core i3-4005 |
| Frecuencia Procesador | 1,7 GHz |
| Memoria RAM | 4 GB |
| Disco Duro | 50 GB |

Tabla 3-3 Hardware VM Cliente

| Ítem | Cliente |
|-----------------------|--------------------|
| Procesador | Intel Core i3-4005 |
| Frecuencia Procesador | 1,7 GHz |
| Memoria RAM | 2 GB |
| Disco Duro | 40 GB |

3.2 Software

Los programas de desarrollo abarcan todas las utilidades de creación y edición de las ventanas de la aplicación de control, así como de sus características: textos, dibujos, colores, entre otros. Además de herramientas para la creación de gráficos, Bótones, barras deslizadoras, despliegues, indicadores, etc.

Estos programas se ejecutan en un ordenador y contienen una serie de elementos que le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión mediante protocolos de comunicación como Modbus, Profibus o Ethernet. Estos programas se denominan controladores o drivers de comunicaciones, y suelen estar incluidos en estos paquetes de software.

Los softwares que posee la máquina física son detallados en la Tabla 3-4. En la

Tabla 3-5 y Tabla 3-6 muestran los softwares utilizados en las correspondientes máquinas virtuales de los equipos Servidor y Cliente respectivamente.

Tabla 3-4 Software Máquina Física

| Ítem | Máquina Física |
|-------------------|-----------------------|
| Sistema Operativo | Windows 8.1 |
| Máquina Virtual | VMWare Workstation 10 |

Tabla 3-5 Software VM Servidor GR

| Ítem | Servidor GR |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Sistema Operativo | Windows Server 2008 R2 |
| Wonderware System Platform 2012 R2 | Development Studio |
| | Aplication Server Platform |
| | Device Integration Server |
| | Historian Server |
| | Microsoft SQL Server |
| Rockwell Softwares | Intouch for System Platform |
| | RSLinx Classic |
| | RSLogix 5000 |
| | RSLogix Emulate 5000 |

3.3 Configuración del sistema de Supervisión

Con los programas indicados ya instalados se deben iniciar las configuraciones de la plataforma.

Tabla 3-6 Software VM Cliente

| Ítem | Cliente |
|----------------------------|-----------------------------|
| Sistema Operativo | Windows Server 2008 R2 |
| Wonderware System Platform | Intouch for System Platform |

El primer paso consiste en crear una Galaxia para que sea conectada con el Archestra IDE, el cual corresponde al software de desarrollo utilizado para el generar la aplicación.

A continuación se indican los pasos para la configuración de la plataforma, creación de plantillas e instancias y pantallas de operación.

3.3.1 Creación de Plantillas

Para la creación de plantillas se debe identificar cada uno de los equipos del proceso, junto con lo anterior se debe conocer su funcionalidad. Esto es necesario para poder clasificar los distintos equipos. Esta clasificación de equipos puede incluir distintos tipos de señales de entrada o salida, discretas o análogas, o incluso otros equipos que actúan en forma común.

En el ejemplo seguido se tienen las Plantillas de equipos de control, indicadas en la en la Tabla 3-7.

La clasificación toma como centro el control de las variables de temperatura, humedad y caudal de aire, en el caso de las válvulas se genera otra plantilla. Esto se debe a que en algunas áreas se utiliza el control de la válvula de agua fría para manejar la humedad y en otras la temperatura del interior de las salas de producción.

A continuación se indican los atributos que se asignaron a cada una de las Plantillas indicadas en la Tabla 3-7.

- a) Plantilla Control de Temperatura: En la Tabla 3-8 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$Ctrl_Temperatura. Estos atributos se utilizan como estados y medidas de las válvulas de vapor. En la Tabla 3-9 se indican los atributos de salida, tanto discretos como análogos, de la plantilla. Estos atributos se utilizan como comandos y consignas de las válvulas y la sintonización del PID.

Tabla 3-7 Planillas del Proyecto

| Plantillas | Padre | Descripción |
|--------------------|-----------------|--|
| \$Ctrl_Temperatura | \$User_Defined | Controlador de Temperatura |
| \$Ctrl_Humedad | \$User_Defined | Control Humedad |
| \$Ctrl_Caudal | \$User_Defined | Controlador de Caudal de Aire |
| \$UMA_Valvulas | \$User_Defined | Control de Válvulas |
| \$UMA_Dampers | \$User_Defined | Control de Dampers |
| \$Ctrl_UMA | \$User_Defined | Control de Partida detención UMA |
| \$Instrumentos | \$Analog Device | Instrumentos Temperatura,Humedad y Caudal. |

b) Plantilla Control de Humedad: En la Tabla 3-10 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$Ctrl_Humedad. Estos atributos se utilizan como estados y medidas de las válvulas de agua fría. En la Tabla 3-11 se indican los atributos de salida, tanto discretos como análogos, de la plantilla. Estos atributos se utilizan como comandos y consignas de las válvulas de agua fría.

Tabla 3-8 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Temperatura

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| Alarm_TAH | Discrete | N/A | Alarma Nivel Alto Activada |
| Alarm_TAL | Discrete | N/A | Alarma Nivel Bajo Activada |
| SP | Analog | Integer | Medida de Set Point |
| PV | Analog | Integer | Medida del Valor de Proceso |
| CVF | Analog | Integer | Medida de Consigna Válvula Agua Fría |
| CVC | Analog | Integer | Medida de Consigna Válvula Vapor |

Tabla 3-9 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Temperatura

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|-----------|------------------|--------------|---|
| CmdMan | Discrete | N/A | Comando Manual |
| CmdAut | Discrete | N/A | Comando Automatico |
| AlmHAvl | Discrete | N/A | Alarma Nivel Alto de Temperatura Habilitada |
| AlmLAvl | Discrete | N/A | Alarma Nivel Bajo de Temperatura Habilitada |
| CVFMan | Analog | Integer | Consigna Válvula Agua Fría |
| CVCMan | Analog | Integer | Consigna Válvula Vapor |
| KP | Analog | Float | Consigna de Constante Proporcional |
| KI | Analog | Float | Consigna de Constante Integrativa |
| KD | Analog | Float | Consigna de Constante Derivativa |
| T_ExtMin | Analog | Integer | Set Point Temperatura Exterior Mínima |
| T_ExtMax | Analog | Integer | Set Point Temperatura Exterior Máxima |
| SPTMin | Analog | Integer | Set Point Temperatura Interior Mínima |
| SPTMax | Analog | Integer | Set Point Temperatura Interior Máxima |
| ALMH(L)SP | Analog | Integer | Set Point Alarma Nivel Alto (Bajo) de Temperatura |

Tabla 3-10 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Humedad

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|-----------------------------|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| StatOC | Discrete | N/A | Estado Abierto o Cerrado |
| Alarm_MAH | Discrete | N/A | Alarma Nivel Alto Activada |
| SP | Analog | Integer | Medida de Set Point |
| PV | Analog | Integer | Medida del Valor de Proceso |
| OUT | Analog | Integer | Retorno de Set Point |

c) Plantilla Control de Caudal: En la Tabla 3-12 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$Ctrl_Caudal. Estas se utilizan como estados y medidas de los equipos de ventilación de inyección, retorno y extracción. En la Tabla 3-13 se indican los atributos de salida, tanto discretos como análogos, de la plantilla. Estas se utilizan como comandos y consignas de los ventiladores de Inyección, Retorno y Extracción.

Tabla 3-11 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Humedad

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|--------------------------------|
| AlmAvl | Discrete | N/A | Alarma de Humedad Habilidadada |
| CmdMan | Discrete | N/A | Comando Manual |
| CmdAut | Discrete | N/A | Comando Automatico |
| CmdOpn | Discrete | N/A | Comando Abrir |
| CmdCls | Discrete | N/A | Comando Cerrar |
| ALMSP | Analog | Integer | Set Point Alarma de Humedad |
| CmdSP | Analog | Integer | Consigna Manual demSet Point |

Tabla 3-12 Atributos de Entrada Plantilla Ctrl. Caudal

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|-----------------------------------|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| StatFLT | Discrete | N/A | Estado Falla Ventilador |
| StatRUN | Discrete | N/A | Estado Ventilador Funcionando |
| Alarm_FAL | Discrete | N/A | Alarma Nivel Bajo Activada |
| SP | Analog | Integer | Medida de Set Point |
| PV | Analog | Integer | Medida del Valor de Proceso |
| CV | Analog | Integer | Consigna Ventilador en Automatico |
| OUT | Analog | Integer | Retorno de Set Point |

Tabla 3-13 Atributos de Salida Plantilla Ctrl. Caudal

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|------------------------------------|
| AlmAvl | Discrete | N/A | Alarma de Humedad Habilidadada |
| CmdMan | Discrete | N/A | Comando Manual |
| CmdAut | Discrete | N/A | Comando Automático |
| CmdStr | Discrete | N/A | Comando Partir Ventilador |
| CmdStp | Discrete | N/A | Comando Parar Ventilador |
| AlmSP | Analog | Integer | Set Point Alarma de Caudal |
| CVMan | Analog | Integer | Consigna Ventilador Manual |
| KP | Analog | Float | Consigna de Constante Proporcional |
| KI | Analog | Float | Consigna de Constante Integrativa |
| KD | Analog | Float | Consigna de Constante Derivativa |
| SPMan | Analog | Integer | Set Point Manual |

d) Plantilla Válvulas: En la Tabla 3-14 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$UMA_Valvulas. Estas se utilizan como estados y medidas de las válvulas de vapor y agua fría. En la Tabla 3-15 se indican los atributos de salida, tanto discretos como análogos, de la plantilla. Estas se utilizan como comandos y consignas de las válvulas de vapor y agua fría para su operación manual y automática.

e) Plantilla Dámper: En la Tabla 3-16 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$UMA_Damper. Estas se utilizan como estados de apertura y cierre de los dámpers. En la Tabla 3-17 se indican los atributos de salida discretas de la plantilla. Estas se utilizan como comandos para la apertura y cierre de cada uno de los dámpers.

Tabla 3-14 Atributos de Entrada Plantilla Válvulas

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|--------------------------|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| SP | Analog | Integer | Medida de Set Point |
| OUT | Analog | Integer | Retorno de Set Point |

Tabla 3-15 Atributo de Salida Plantilla Válvulas

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|------------------------------|
| CmdMan | Discrete | N/A | Comando Manual |
| CmdAut | Discrete | N/A | Comando Automatico |
| CmdSP | Analog | Integer | Consigna Manual demSet Point |
| SPMan | Analog | Integer | Set Point Manual |

Tabla 3-16 Atributos de Entrada Plantilla Dámper

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|--------------------------|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| StatOC | Discrete | N/A | Estado Abierto o Cerrado |

Tabla 3-17 Atributos de Salida Plantilla Dámper

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|----------------|
| CmdOpn | Discrete | N/A | Comando Abrir |
| CmdCls | Discrete | N/A | Comando Cerrar |

f) Plantilla Partida de UMA's: En la Tabla 3-18 se indican los atributos de entrada, tanto discretos como análogos, de la plantilla \$Ctrl_UMA. Estas se utilizan como estados del modo de operación y etapa en la que se encuentra la secuencia de partida / parada. En la Tabla 3-19 se indican los atributos de las salidas discretas de la plantilla.

Estas se utilizan como comandos para la partida y detención de las secuencias de las UMA's.

g) Plantilla Instrumentos: En la Tabla 3-20 se indican los atributos de las entradas análogas de la plantilla \$Instrumentos. Corresponde al valor de la medida de instrumento.

Tabla 3-18 Atributos de Entrada Plantilla P. UMAS

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|------------|------------------|--------------|--|
| StatAutMan | Discrete | N/A | Estado Automático Manual |
| State | Analog | Integer | Estados de la Secuencia/Partir Parar UMA |

Tabla 3-19 Atributos de Salida Plantilla P. UMA

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|--------------------------|
| Reset | Discrete | N/A | Comando Reset |
| Start | Discrete | N/A | Comando Partir Secuencia |
| Stop | Discrete | N/A | Comando Parar Secuencia |

Tabla 3-20 Plantilla de Entrada Instrumentos

| Nombre | Tipo de Atributo | Tipo de Dato | Descripción |
|--------|------------------|--------------|-----------------------------|
| PV | Analog | Integer | Medida del Valor de Proceso |

3.3.2 Configuración de Históricos en Plantilla

Se configuran señales como las medidas de instrumentos, alarmas, set point para ventiladores o para válvulas entre otros, donde cada uno de los datos son almacenados en el Historiador Wonderware.

Con los datos historizados es posible generar informes o reportes con el fin de reconocer o identificar puntos críticos que son necesarios controlar.

3.3.3 Configuración de Alarmas y Eventos en Plantillas

Entre los atributos hay indicaciones, medidas o límites que implican una condición de alarma. En el caso de las medidas análogas se pueden seleccionar entre uno o varios niveles de alarma: bajo-bajo (LL), bajo (L), alto (H) o alto-alto (HH), en la Fig. 3-1 podemos observar este caso, en ella se indica la configuración para una señal de temperatura de la UMA número 2.1. En el caso de estados discretos las alarmas dependen del valor del estado. La alarma generada se indica en la barra de alarmas y en la pantalla de alarma.

En tanto los eventos representan ocurrencias normales del sistema, aplicación o usuario que producen los mensajes de estado. Un caso típico se produce cuando un operador inicia sesión en una aplicación al inicio de un turno de trabajo o cuando este modifica algún parámetro de alarma.

3.3.4 Configuraciones de seguridad en Plantillas

Cada atributo en el editor de objetos puede ser modificado por el operador en tiempo de ejecución y puede tener un control de seguridad asociado, que se utiliza para modificar su clasificación de seguridad en tiempo de ejecución.

Por omisión se utiliza el permiso Operate, el cual permite escribir valores en los atributos como punto de ajuste o enviar comandos. Para acceder a cambiar este ajuste o comando es necesario que el usuario pertenezca al grupo de seguridad con permisos sobre los objetos.

Además se puede configurar directamente, en el interior de un gráfico o en el diseño de las pantallas, permisos de visualización con el AccessLevel (Nivel de Acceso) de cada grupo de usuarios presente en la aplicación.

En la siguiente Fig. 3-2 se muestra la ventana de configuración de usuario, en ella se puede apreciar que a un usuario se asigna a un grupo de usuarios o roles y que a su vez los roles tienen distintos niveles de AccessLevel.

The screenshot shows the 'Alarms' tab in the 'UMA21_TE' configuration window. It contains several settings for alarm generation and detection, and a table for configuring level alarms.

Settings:

- Generate event upon PV change
- Detect PV level(limit) alarms

Level alarms configuration table:

| Level | Limit | Priority | Alarm Message |
|--|-------|----------|---------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> HiHi | 23.0 | 500 | me.ShortDesc |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hi | 20.0 | 500 | me.ShortDesc |
| <input checked="" type="checkbox"/> Lo | 12.0 | 500 | me.ShortDesc |
| <input checked="" type="checkbox"/> LoLo | 10.0 | 500 | me.ShortDesc |

Alarm deadband: 0.0

Fig. 3-1 Configuración Niveles de Alarma

3.3.5 Configuración de Script en Plantillas

Los Scripts pueden llevar a cabo las tareas simples como comparaciones, funciones matemáticas simples, y tareas complejas como realizar operaciones lógicas utilizando funciones del tipo IF-THEN-ELSE.

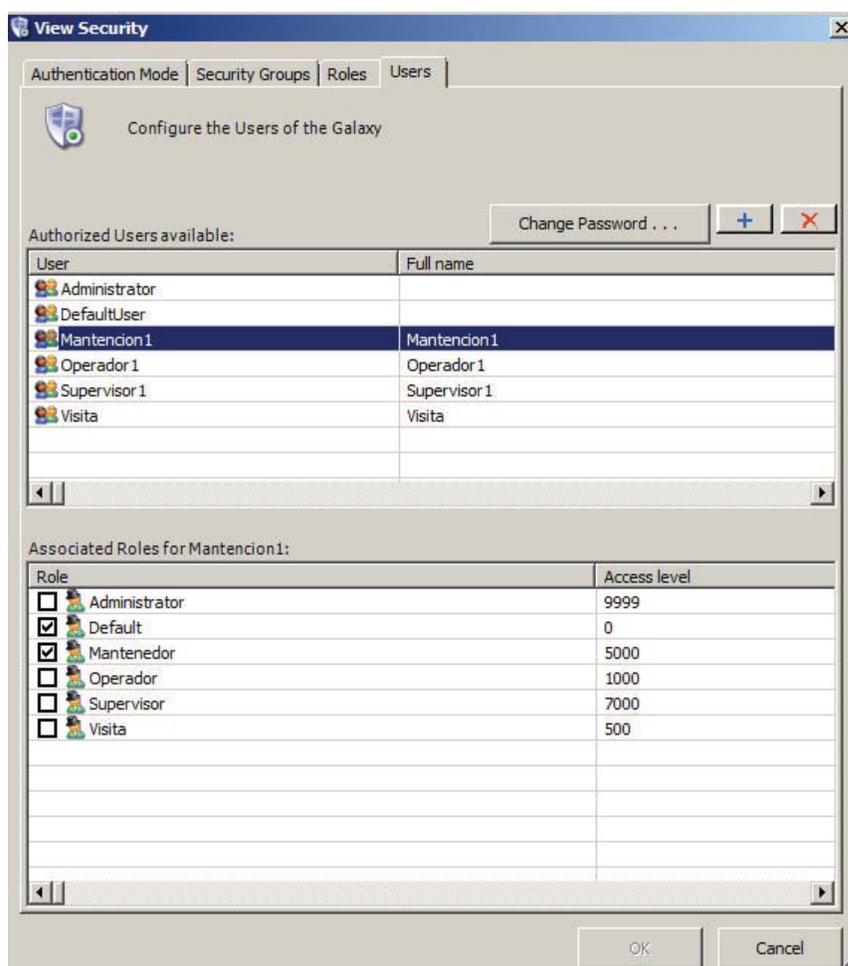


Fig. 3-2 Grupos de Usuarios y Usuarios

En el caso de este proyecto los Scripts son utilizados solo en las instancias con el fin de asignar a cada atributo su ruta (path) o camino hacia la correspondiente dirección de memoria del PLC. Esta operación se realiza en el tipo de ejecución OnScan que se llaman la primera vez que un AppEngine llama a esta instancia.

A continuación se indica un ejemplo de script por cada tipo de atributo.

- a) Instancias de Control de Temperatura: En este caso se presenta código de Script del control de temperatura de la UMA 1.2.

```
Dim Stat As String;
'Camino de acceso al controlador
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.StatAutMan.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.ESTADO_MA";
Me.Alarm_TAH.input.inputsource = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.ALM_H";
Me.Alarm_TAL.input.inputsource = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.ALM_L";
Me.SP.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.xs1";
Me.PV.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.T_Ref";
Me.CVF.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.CC_OUT";
Me.CVC.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.HC_OUT";
```

```
'Salidas
Me.CmdMan.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.sel_man";
Me.CmdAut.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.sel_auto";
Me.AlmHAvl.output.outputdest = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.HAB_H";
Me.AlmLAvl.output.outputdest = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.HAB_L";
Me.CVfMan.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.CC_OUT_MAN";
Me.CVCMan.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.HC_OUT_MAN";
Me.KP.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.KP";
Me.KI.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.KI";
Me.KD.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.KD";
Me.T_ExtMin.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.T_ExtMin";
Me.T_ExtMax.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.T_ExtMax";
Me.SPTMin.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.XS1_min";
Me.SPTMax.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.XS1_max";
Me.ALMHSP.output.outputdest = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.VALOR_H";
Me.ALMLSP.output.outputdest = Stat + "_UMA12.ALM_TEMP.VALOR_L";
```

b) Instancia de Control de Humedad: En este caso se presenta código de Script del control de humedad de la UMA 2.1.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.Alarm_MAH.input.inputsource = Stat + "_UMA21.ALM_HUM.ALM_H";
Me.StatAutMan.input.inputsource = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.ESTADO_MA";
Me.StatOC.input.inputsource = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.OUT";
Me.OUT.input.inputsource = Stat + "_UMA21.AOFR";
Me.PV.input.inputsource = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.AIHE";
Me.SP.input.inputsource = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.SP";

'Salidas
Me.CmdAut.output.outputdest = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.SEL_AUTO";
Me.CmdMan.output.outputdest = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.SEL_MAN";
Me.CmdOpn.output.outputdest = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.ON_MAN";
Me.CmdCls.output.outputdest = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.OFF_MAN";
Me.AlmAvl.output.outputdest = Stat + "_UMA21.ALM_HUM.HAB_H";
Me.CmdSP.output.outputdest = Stat + "_UMA21.CTRL_HUM.SP";
Me.AlmSP.output.outputdest = Stat + "_UMA21.ALM_HUM.VALOR_H";
```

c) Instancia de Control de Caudal: En este caso se presenta código de Script del control de caudal de la UMA 3.1.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.Alarm_FAL.input.inputsource = Stat + "_UMA31.ALM_FLUJO_RET.ALM_L";
Me.StatAutMan.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.ESTADO_MA";
Me.StatFlt.input.inputsource = Stat + "_UMA31.RF.ENCs";
Me.StatRun.input.inputsource = Stat + "_UMA31.RF.FUNC";
Me.CV.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.OUT";
Me.OUT.input.inputsource = Stat + "_UMA31.AOVR";
Me.SP.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.SP";
Me.PV.input.inputsource = Stat + "_UMA31.AICR";

'Salidas
Me.AlmAvl.output.outputdest = Stat + "_UMA31.ALM_FLUJO_RET.HAB_L";
Me.CmdStr.output.outputdest = Stat + "_UMA31.RF.PARTIR_REM";
Me.CmdStp.output.outputdest = Stat + "_UMA31.RF.PARAR_REM";
Me.CmdAut.output.outputdest = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.SEL_AUTO";
Me.CmdMan.output.outputdest = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.SEL_MAN";
Me.AlmSP.output.outputdest = Stat + "_UMA31.ALM_FLUJO_RET.VALOR_L";
Me.CVMan.output.outputdest = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.OUT_MAN";
Me.SPMan.output.outputdest = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.SP";
```

```
Me.KP.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.KP";
Me.KI.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.KI";
Me.KD.input.inputsource = Stat + "_UMA31.CTRL_FRET.KD";
```

d) Instancia de Válvulas: En este caso se presenta código de Script de la válvula de agua fría de la UMA 1.2.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.StatAutMan.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.ESTADO_MA";
Me.OUT.input.inputsource = Stat + "_UMA12.AOFR";
Me.SP.input.inputsource = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.CC_OUT";

'Salidas
Me.CmdAut.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.SEL_AUTO";
Me.CmdMan.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.SEL_MAN";
Me.CmdSP.output.outputdest = Stat + "_UMA12.TDUCTOS.CC_OUT_MAN";
```

e) Instancia de Dámper: En este caso se presenta código de Script del dámper 1 de la UMA 2.2.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.StatAutMan.input.inputsource = Stat + "_UMA22.CTRL_FINY.ESTADO_MA";
Me.StatOC.input.inputsource = Stat + "_UMA22.DOPI";

'Salidas
Me.CmdOpn.output.outputdest = Stat + "_UMA22.XS_PI_01";
Me.CmdCls.output.outputdest = Stat + "_UMA22.XS_PI_02";
```

f) Instancia de Partida y Parada de UMA's: En este caso se presenta código de Script de la partida/parada de la UMA 3.2.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entradas
Me.StateAutMan.input.inputsource = Stat + "SEC90_AUT";
Me.State.input.inputsource = Stat + "SEC_AC90";

'Salidas
Me.Start.output.outputdest = Stat + "_UMA32.XS_AC_01";
Me.Stop.output.outputdest = Stat + "_UMA32.XS_AC_02";
Me.Reset.output.outputdest = Stat + "_UMA32.RESET";
```

g) Instancia de Instrumentos: En este caso se presenta código de Script del sensor de caudal de extracción de la UMA 2.2.

```
Dim Stat As String;
Stat = "PLC_HVAC.HVAC.[HVAC].";

'Entrada
Me.PV.input.inputsource = Stat + "_UMA22.AICE";
```

3.3.6 Configuración de UDAS en Plantillas

Los UDAs (Atributos Definidos por el Usuario) son una forma de agregar nuevos atributos a una instancia, pero en este caso como variable de tipo local. En este proyecto se utilizan UDAs en dos Plantillas, estas son las de Control de Caudal y en los Instrumentos.

En la siguiente Tabla 3-21 se presentan los atributos asignados a cada plantilla.

Tabla 3-21 UDAs en Plantillas

| Plantilla | UDAS | Descripción |
|----------------|-----------|---|
| \$Ctrl_Caudal | Marca | Fabricante del Instrumento |
| \$Ctrl_Caudal | Modelo | Identificador de Instrumento |
| \$Ctrl_Caudal | Voltaje | Dato de Placa de Nivel de Voltaje |
| \$Ctrl_Caudal | Corriente | Dato de Placa de Nivel de Corriente |
| \$Ctrl_Caudal | Potencia | Dato de Placa de Nivel de Caudal |
| \$Instrumentos | Marca | Fabricante del Instrumento |
| \$Instrumentos | Modelo | Identificador de Motor |
| \$Instrumentos | Rango | Rango de Operatividad de la señal |
| \$Instrumentos | Señal | Tipo de señal del Instrumento 0-20mA; 4-20mA; 0-10V, etc. |

3.3.7 Configuración de Gráficos en Plantillas

A cada Plantilla configurada se le asignan gráficos: Bótones, Pop Up, mímicos de equipos, indicadores de medida de instrumentos, etc.

Los gráficos utilizados en el desarrollo de este proyecto se indican en los estados comunes y despliegues de este capítulo.

3.3.8 Configuración Objeto de Comunicación

En las comunicaciones con los equipos externos se usa el objeto Device Integration o DI, en particular el objeto OPCClient, el cual toma la información desde RSLinx OPC Server, el Servidor OPC incluido en RSLinx Classic.

En la Fig. 3-3 se muestra un diagrama de comunicaciones, el cual representa desde que se presiona un botón en pantalla de un cliente InTouch hasta que la acción llega al equipo de proceso.

Desde RSLinx Classic se genera un tópico que identifica el controlador específico. Este tópico es escaneado por el objeto OPCCliente, quien toma los datos seleccionados en cada path, camino o direcciones de entrada y salida seleccionadas en las instancias.

Un ejemplo sería: PLC_HVAC.HVAC.[HVAC]._UMA12.AICE. Donde cada ítem representa lo siguiente: PLC_HVAC corresponde a la instancia, HVAC corresponde al ScanGroup, [HVAC] es el tópico del servidor OPC y _UMA12.AICE corresponde a la dirección de PLC.

3.3.9 Estados Comunes

Dentro de la aplicación, existen elementos comunes que se describen por cada tipo de equipo. Para comprensión y representación de los estados de forma gráfica de los equipos, existe un estándar común dentro de la aplicación. Estos estándares se dividen según equipo y estados.

- a) Motores: En la Tabla 3-22 se muestran los estados comunes de los ventiladores o extractores. Se indican los estados de motor funcionando, detenido y en falla.
- b) Válvulas: En la Tabla 3-23 se muestran los estados comunes de las válvulas. Se indican los estados de válvula abierta y cerrada.
- c) Dámper: En la Tabla 3-24 se muestran los estados comunes de los dámpers. Se indican los estados de dámper abierto y cerrado.

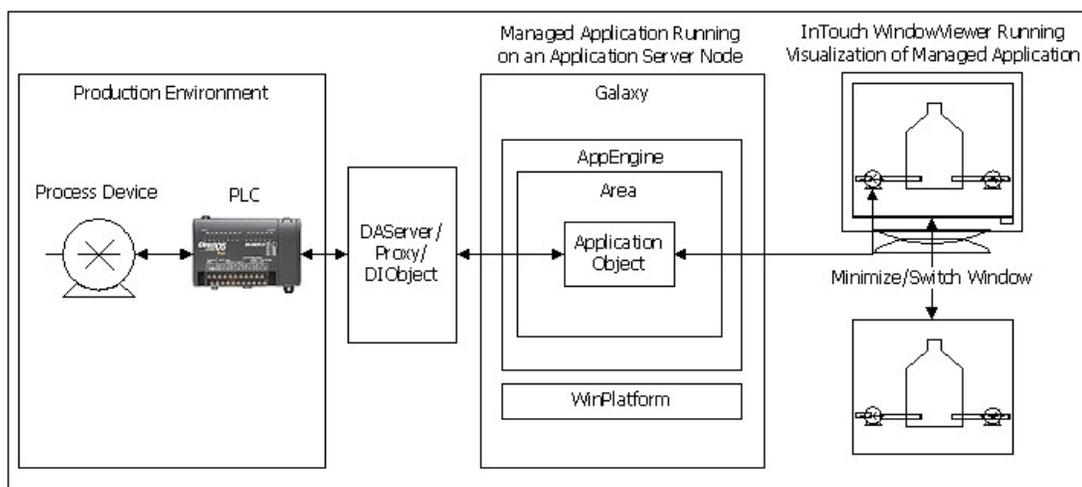


Fig. 3-3 Diagrama Comunicaciones [11]

Tabla 3-22 Estados Comunes Ventiladores

| Equipo | Imagen | Descripción |
|------------------------|--------|--------------------------------------|
| Ventilador o Extractor | | En falla o alarma por secuencia |
| Ventilador o Extractor | | Detenido |
| Ventilador o Extractor | | Funcionando. (valores mayores al 1%) |

d) Filtro: En la Tabla 3-25 se muestran los estados comunes de los filtros. Se indican los estados de filtro limpio y sucio.

e) Control UMA: En la siguiente Tabla 3-26 se muestran los estados comunes del control de UMA. Se indican los estados de la secuencia: detenida, Abriendo Dámper, Partiendo, Funcionando, Parando, Cerrando Dámper y Falla.

Tabla 3-23 Estados Comunes Válvulas

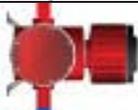
| Equipo | Imagen | Descripción |
|---------|---|---------------------------------|
| Válvula |  | Cerrada (0%) |
| Válvula |  | Abierta (valores mayores al 1%) |

Tabla 3-24 Estados Comunes Dámper

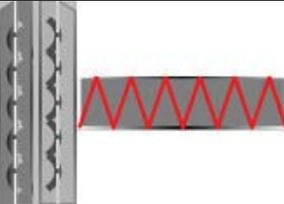
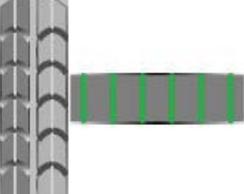
| Equipo | Imagen | Descripción |
|----------|---|-------------|
| Persiana |  | Cerrada |
| Persiana |  | Abierta |

Tabla 3-25 Estados Comunes Filtros

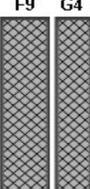
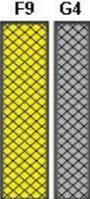
| Equipo | Imagen | Descripción |
|--------|---|---------------|
| Filtro |  | Limpio |
| Filtro |  | Sucio (Blink) |

Tabla 3-26 Estados Comunes Control de UMA

| Estado | Imagen | Descripción |
|------------------|--------|--|
| Detenido y listo | | La UMA está detenida y lista para partir |
| Abriendo Dámper | | Después de dar partida, inicia la apertura de los Dámper. |
| UMA Partiendo | | Al abrir los dámper, inicia la partida del ventilador |
| UMA Funcionando | | Los dámper están abiertos y los ventiladores funcionando |
| UMA Parando | | Después de dar detención, el ventilador empieza de detenerse |
| Cerrando Dámper | | Al detenerse el ventilador, los dámper empiezan a cerrar |
| Falla Secuencia | | Falla en la secuencia de partida o detención de la UMA. |

3.3.10 Despliegues

Para comprender la navegación por los despliegues del sistema de control, se debe considerar los despliegues generales y los específicos por UMA.

Por medio del siguiente diagrama mostrado en la Fig. 3-4, se describe la navegación entre los despliegues del sistema de supervisión.

Para la representación gráfica del sistema, existe una gran variedad de pantalla o despliegues que muestran los estados de los distintos subsistemas entre ellos las manejadoras por las distintas áreas, los gráficos de tendencia, estado de las comunicaciones y las alarmas y eventos del sistema.

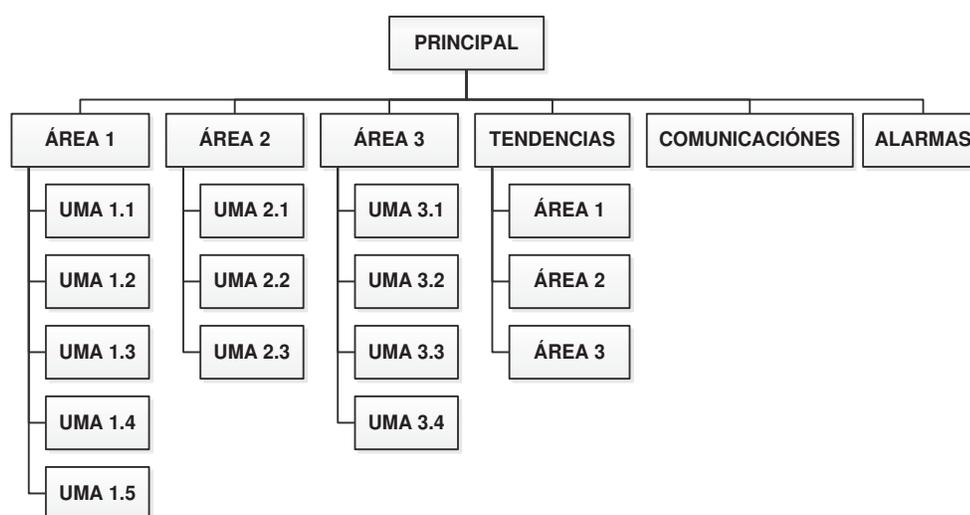


Fig. 3-4 Diagrama de Navegación

a) Barra principal: La barra principal, está ubicada en la parte superior de los despliegues o pantallas dentro de la aplicación. Permite la posibilidad de navegar de una manera más rápida entre los distintos edificios del sistema de Supervisión, la visualización de tendencias, alarmas y los estados de las comunicaciones. Junto a lo anterior se tiene el login y logout, los cuales permiten iniciar o cerrar sesión de usuario. La barra principal se muestra en la Fig. 3-5. En la Tabla 3-27 se presentan los comandos que se incluyen en la barra Principal y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-28 se presentan las visualizaciones que se incluyen en la Barra Principal.



Fig. 3-5 Barra Principal

Tabla 3-27 Controles Barra Principal

| Comandos | Acción |
|--------------|---|
| Login/Logout | Permite ingresar y salir con el Usuario y Password. |
| Área "A" | Muestra el despliegue con las manejadoras del área A. |
| Área "B" | Muestra el despliegue con las manejadoras del área B. |
| Área "C" | Muestra el despliegue con las manejadoras del área C. |
| Tendencias | Permite ingresar al despliegue de tendencias por áreas. |
| Alarmas | Permite Ingresar al despliegue de alarmas generales. |
| Comunicacion | Permite ingresar al despliegue de tendencias generales. |

Tabla 3-28 Visualización Barra Principal

| Displays | Visualización |
|----------|--|
| Usuario | Indica el nombre de usuario ingresado actualmente. |
| Hora | Indica la hora que tiene el sistema |
| Fecha | Indica la fecha que tiene el sistema |

b) Barra de Alarmas: La barra de alarmas, está ubicada en la parte inferior de algunos despliegues dentro de la aplicación. Permite la posibilidad de visualizar las alarmas activas dentro del sistema, sin tener la necesidad de abrir el despliegue de alarma generales. La Barra de Alarmas se muestra en la Fig. 3-6. En la Tabla 3-29 se presentan las visualizaciones que se incluyen en la Barra de Alarmas.

c) Despliegues de UMAs: Permite el control y ver el estado actual de la UMA, entregando los datos de las variables críticas, estados de motor, persiana, filtros, entre otros; junto con el acceso a despliegue fundamentales para la manipulación necesaria dentro de la UMA. El despliegue de UMA se muestra en la Fig. 3-7. En la Tabla 3-30 se presentan los comandos que se incluyen en el despliegue de UMAs. En tanto en la Tabla 3-31 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el despliegue de UMAs.

| TimeLCT | State | Type | Priority | Name | Group | AlarmComment |
|----------------------|-----------|------|----------|-------------|-------|------------------------|
| 16 Jan 2017 02:59:59 | UNACK | H | 500 | UMA12_TR.H | UMA12 | Temperatura Retorno |
| 16 Jan 2017 03:00:19 | UNACK_RTN | HH | 500 | UMA22_TE.HH | UMA22 | Temperatura Extracción |
| 16 Jan 2017 03:00:19 | UNACK_RTN | HH | 500 | UMA12_TR.HH | UMA12 | Temperatura Retorno |

Fig. 3-6 Barra de Alarmas

Tabla 3-29 Visualización Barra de Alarmas

| Display | Visualización |
|-----------------------------|---|
| Logos | En los extremo izquierdo y derecho muestra espacios con la leyenda Logo, para incluir logo de empresas asociadas. |
| Hora | Indica la hora que se activó o desactivo la alarma. |
| Nombre | Indica el Tag asociado a la alarma activa o desactivada. |
| Descripción | Indica una descripción de la alarma activada o desactivada. |
| Alarma Activa no Reconocida | Fondo: Intermitente Blanco / Rojo; Texto: Intermitente Rojo / Blanco |
| Alarma Activa Reconocida | Fondo: Rojo; Texto: Blanco |
| Alarma No Presente | Fondo: Blanco; Texto: Rojo |

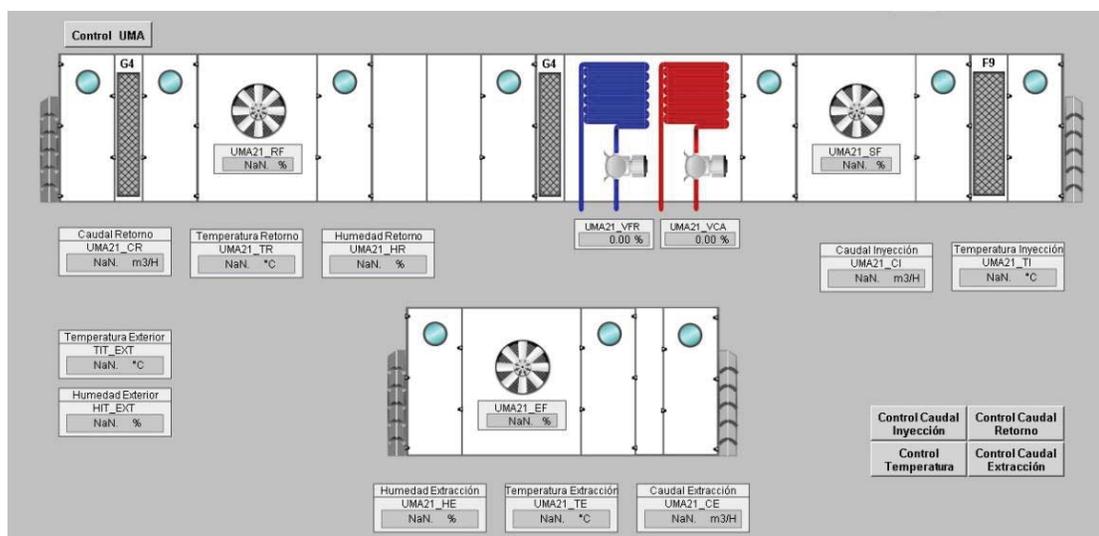


Fig. 3-7 Despliegue UMA

d) Despliegue Tendencias: Permite el acceso a visualizar todas las tendencias históricas del sistema. Muestra las tendencias de las variables temperatura, humedad y caudal del área seleccionada. El despliegue de Tendencias históricas se muestra en la Fig. 3-8. En la Tabla 3-32 se presentan los comandos que se incluyen en el despliegue de Tendencias y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-33 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el despliegue de Tendencias.

Tabla 3-30 Comandos Despliegue UMA

| Comandos | Acción |
|---------------------|---|
| Control Caudal | Pop Up de controlador de caudal de inyección, retorno y extracción. |
| Control Temperatura | Pop Up de controlador de temperatura. |
| Control UMA | Abre Pop Up encargado de dar partida/detención a la UMA. |
| Equipos de Medidas | Pop Up de Equipo de medida. |
| Persiana | Pop Up de persiana para su manipulación manual |
| Válvula Agua Fría | Pop Up de válvula para su manipulación manual |
| Válvula Vapor | Pop Up de válvula para su manipulación manual |
| Ventiladores | Pop Up de ventiladores SF, RF y EF para su manipulación manual |

Tabla 3-31 Visualización Despliegue UMA

| Display | Visualización |
|---------------------------------|--|
| Equipo de Medida de Temperatura | Indica el valor de proceso de la temperatura en la unidad de grados celsius (°C). |
| Equipo de Medida de Caudal | Indica el valor de proceso del caudal en la unidad de metros cúbicos por hora (m3/h) |
| Válvulas | Indica el porcentaje (%) de apertura de la válvula de vapor y agua fría, según controlador de temperatura y/o humedad. |
| Consigna Velocidad | Indica el porcentaje (%) de funcionamiento del ventilador, según controlador de caudal. |
| Filtros | Indica el estado de los filtro F9 pos ventilador y filtro G4. |
| Ventiladores. | Indica el estado del ventilador SF, RF y EF.. |
| Persianas | Indica el estado de las persianas de inyección, retorno y exterior. |

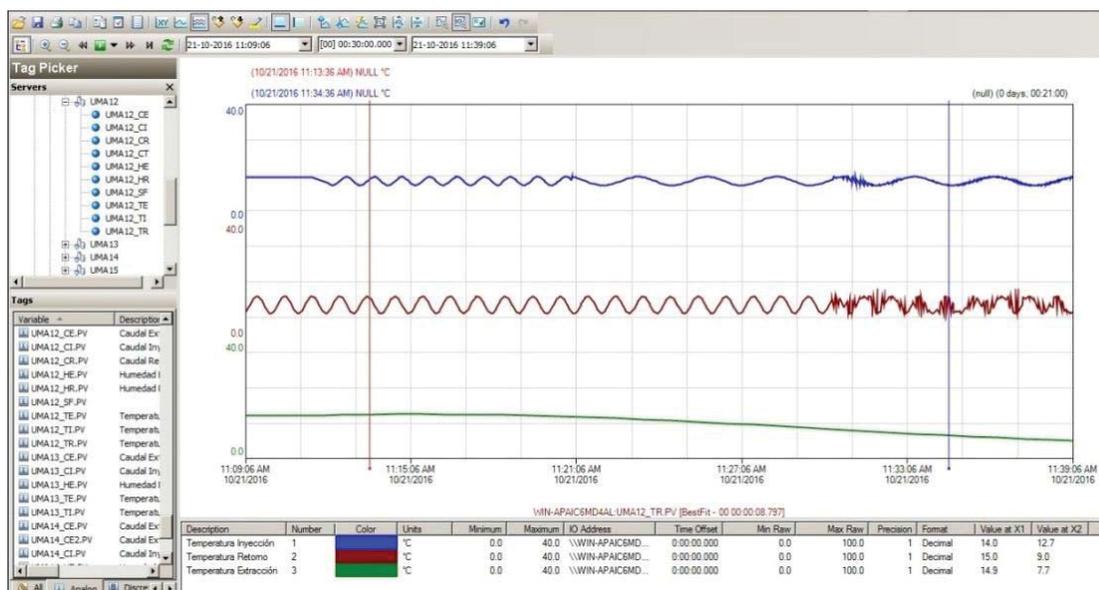


Fig. 3-8 Despliegue de Tendencias Históricas

e) Despliegue Alarmas: Muestra el estado de todas las alarmas del sistema. El despliegue de alarmas se muestra en la Fig. 3-9. En la Tabla 3-34 se presentan los comandos que se incluyen en el despliegue de Tendencias y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-35 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el despliegue de Tendencias.

Tabla 3-32 Comandos Despliegue Tendencias

| Comandos | Acción |
|-----------------|--|
| Selección de PV | Selección de Variable de Proceso a Visualizar. |
| Rango de Tiempo | Selección de Tiempo de Visualización de la Tendencia. |
| Zoom | Selección de distintos tipos de Acercamiento a las Tendencias. |

Tabla 3-33 Visualización Despliegue Tendencias

| Display | Visualización |
|-------------------|---|
| Servers | Cuadro de Selección de Servidor Historico o fuente de datos. |
| Tags | Cuadro de Selección de Tag correspondientes al servidor Seleccionado. |
| Graphical Display | Cuadro donde se visualizan las tendencias. |

| Estado | Fecha Y Hora | Tag | Descripción | Valor | usuario |
|--------|--------------------|-------------------|------------------------|-------|---------------|
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA23_TRJH | Temperatura Retorno | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA22_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA12_TRJH | Temperatura Retorno | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA31_TRJH | Temperatura Retorno | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA13_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA14_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA34_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | |
| UNACK | 18-01-2017 5:12:32 | UMA32_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | |
| ACK | 18-01-2017 3:28:95 | UMA34_CHAlarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:28:95 | UMA34_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:28:95 | UMA34_TLHHH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA31_TEJH | Temperatura Extracción | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA31_TLHHH | Temperatura Extracción | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA32_CHAlarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA31_CHAlarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA23_TEJH | Temperatura Extracción | 21.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA23_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA23_TLHHH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA31_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA31_TLHHH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:36 | UMA32_CHAlarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:34 | UMA32_CHAlarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:34 | UMA32_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:34 | UMA32_TLHHH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:34 | UMA33_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:27:34 | UMA33_TLHHH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |
| ACK | 18-01-2017 3:26:34 | UMA14_TLJH | Temperatura Inyección | 58.0 | Administrator |

Fig. 3-9 Despliegue de Alarmas

Tabla 3-34 Bótones Despliegue de Alarmas

| Comandos | Acción |
|------------------|---|
| Reconocer Una | Reconoce la alarma seleccionada. |
| Reconocer Todo | Reconoce todas las alarmas. |
| Filtro | Filtra las alarmas según requerimiento. |
| Ordenar | Ordena las alarmas según se requiera. |
| Alarma y Eventos | Cambia a despliegue de eventos. |

f) Despliegue de Comunicaciones: Muestra la arquitectura del sistema con los equipos relacionados en ella. El Despliegue de Comunicaciones se muestra en la Fig. 3-10.

g) Pop Up Control de Temperatura: El Pop Up Control de Temperatura permite realiza la sintonía del controlador de temperatura, por medio de ingreso de valores de sintonía. Además permite realizar la configuración de los límites de alarmas del controlador de temperatura, por medio de ingreso de valores brutos. El Pop Up de Control de Temperatura se muestra en la Fig. 3-11, a la izquierda se encuentra el estado del controlador, al centro la configuración de sintonía y set point, y a la derecha se encuentran las alarmas del controlador. En la Tabla 3-36 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up Control de Temperatura y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-37 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up Control de Temperatura.

Tabla 3-35 Visualización de Despliegue de Alarmas

| Display | Visualización |
|-----------------------------|--|
| Nombre | Indica el Tag asociado a la alarma activa o desactivada. |
| Descripción | Indica una descripción de la alarma activada o desactivada. |
| Usuario | Indica el usuario que ha reconocido la Alarma |
| Alarma Activa no Reconocida | Fondo: Intermitente Blanco / Rojo; Texto: Intermitente Rojo / Blanco |
| Alarma Activa Reconocida | Fondo: Rojo; Texto: Blanco |
| Alarma No Presente | Fondo: Blanco; Texto: Rojo |

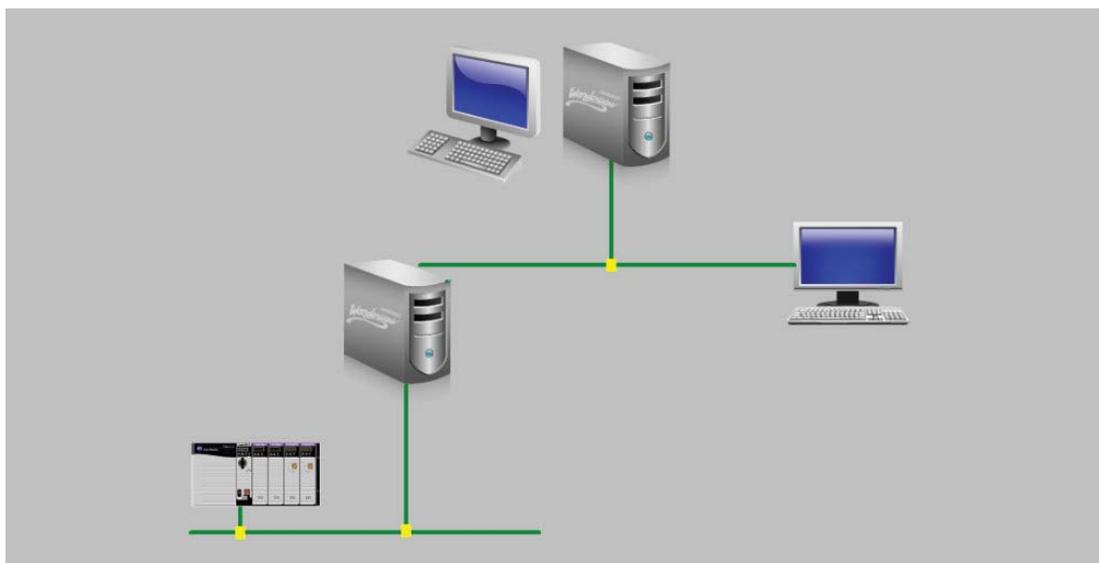


Fig. 3-10 Despliegue de Comunicaciones

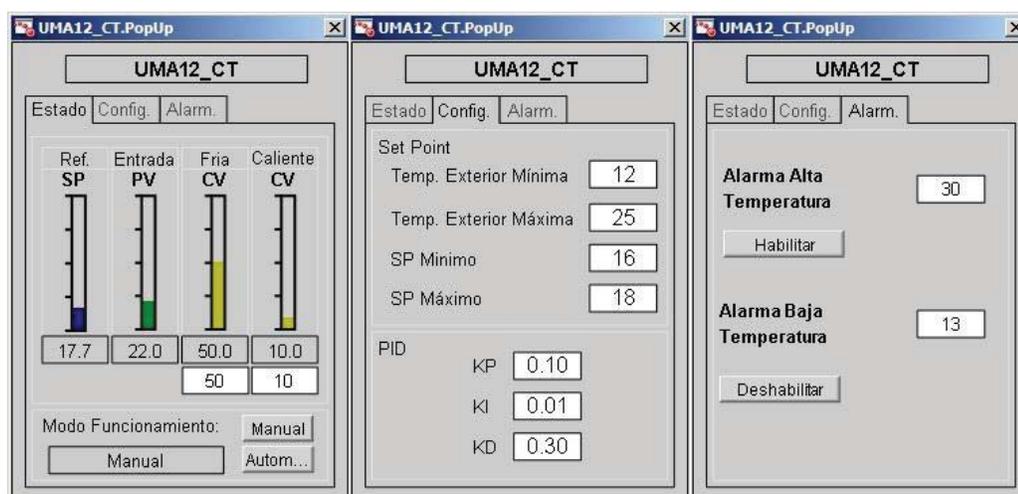


Fig. 3-11 Pop Up de Control de Temperatura

Tabla 3-36 Comandos Pop Up Control de Temperatura

| Comando y Consignas | Acción |
|---------------------|---|
| CV Caliente | Cambio del valor de salida de la válvula de vapor en modo manual. |
| CV Fría | Cambio del valor de salida de la válvula de agua fría en modo manual. |
| Kp | Cambio del valor de la ganancia proporcional del controlador. |
| Ki | Cambio del valor de la ganancia integrativa del controlador. |
| Kd | Cambio del valor del tiempo derivativo del controlador. |
| Auto | Cambia el controlador en modo automático. |
| Man | Cambia el controlador en modo manual. |
| Set Point | Cambio de valor de los Set Points. |
| Alarmas | Habilitar o deshabilitar niveles de alarmas. |

Tabla 3-37 Visualización Control de Temperatura

| Display | Visualización |
|------------------|--|
| UMA | Configuración de lazo de temperatura según UMA. |
| Modo Controlador | El modo de trabajo en que se encuentra el controlador.. |
| Referencia (SP) | SP de temperatura en barra.. |
| Temperatura (PV) | Temperatura de retorno en barra. |
| Caliente CV | Salida de control para calefaccionar en porcentaje (%) en barra. |
| Fría CV | Salida de control para enfriar en porcentaje (%) en barra. |
| Kp | Valor de Kp. |
| Ki | Valor de Ki. |
| Kd | Valor de Kd. |
| Alarmas | Valor del limite de alarma. |

h) Pop Up Control de Humedad: El Pop Up permite realiza la sintonía del controlador de humedad, por medio de ingreso de valores de set point. Además permite realiza la configuración de los límites de alarmas del controlador de humedad, por medio de ingreso de valores brutos. El Pop Up de Control de Humedad se muestra en la Fig. 3-12, a la izquierda se encuentra el estado del controlador y Set Point, y a la derecha se encuentra la alarma del controlador. En la Tabla 3-38 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up Control de Humedad y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-39 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up Control de Humedad.

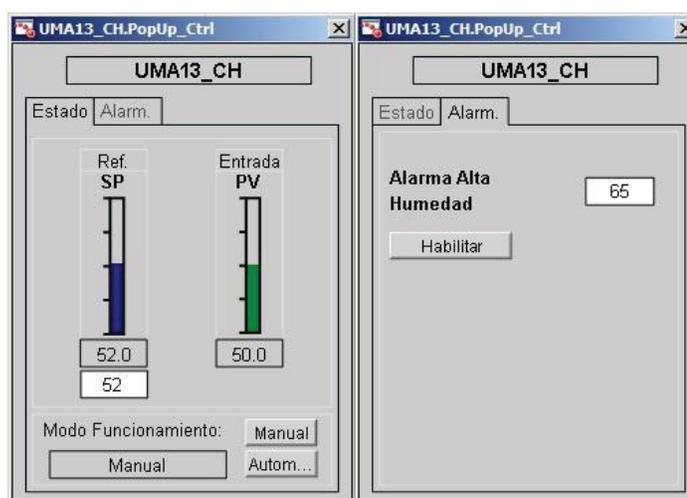


Fig. 3-12 Pop Up Control de Humedad

Tabla 3-38 Comandos Pop Up Control de Humedad

| Comandos y Consignas | Acción |
|----------------------|--|
| Referencia (SP) | Cambio del set point de humedad. |
| Abrir | Abre la válvula en el modo manual. |
| Cerrar | Cierra la válvula en el modo manual. |
| Auto | Cambia el controlador en modo automático. |
| Man | Cambia el controlador en modo manual. |
| Alarmas | Habilitar o deshabilitar niveles de alarmas. |

Tabla 3-39 Visualización Pop Up Control de Humedad

| Display | Visualización |
|------------------|--|
| Modo Controlador | El modo de trabajo en que se encuentra el controlador. |
| Válvula | Estado de la válvula moduladora motorizada |
| Referencia (SP) | SP de humedad en la barra. |
| Humedad (PV) | Humedad de retorno en barra.. |
| Alarmas | Valor del limite de alarma. |

i) Pop Up Control de Caudal: El Pop Up Control de Caudal permite realizar la sintonía del controlador de caudal, por medio de ingreso de valores de sintonía. Además permite realizar la configuración de los límites de alarmas del controlador de caudal, por medio de ingreso de valores brutos. El Pop Up de Control de Caudal se muestra en la Fig. 3-13, a la izquierda se encuentra el estado del controlador, al centro la configuración de sintonía y set point, y a la derecha se encuentran las alarmas del controlador. En la Tabla 3-40 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up Control de Caudal y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-41 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up Control de Caudal.

j) Pop Up Partir UMA: El Pop Up Partir UMA permite visualizar la etapa en que se encuentra la secuencia de partir / parar, además de permitir la ejecución de comandos de Partir, Parar y Reset de secuencia. El Pop Up de Control UMA se muestra en la Fig. 3-14. En la Tabla 3-42 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up Control de Temperatura y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-43 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up Control de Temperatura.

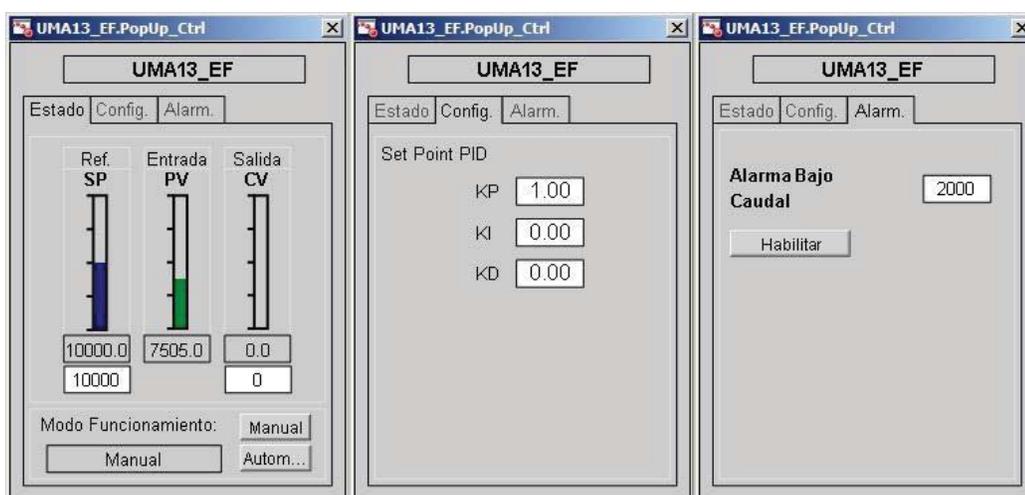


Fig. 3-13 Pop Up Control de Caudal

Tabla 3-40 Comandos Pop Up Control de Caudal

| Comando y Consignas | Acción |
|---------------------|---|
| CV Salida | Cambio del valor de salida del controlador en modo manual. |
| Referencia (SP) | Cambio del set point de caudal. |
| Kp | Cambio del valor de la ganancia proporcional del controlador. |
| Ki | Cambio del valor de la ganancia integrativa del controlador. |
| Kd | Cambio del valor del tiempo derivativo del controlador. |
| Auto | Cambia el controlador en modo automático. |
| Man | Cambia el controlador en modo manual. |
| Alarmas | Habilitar o deshabilitar niveles de alarmas. |

Tabla 3-41 Visualización Pop Up Control de Caudal

| Display | Visualización |
|------------------|---|
| Modo Controlador | El modo de trabajo en que se encuentra el controlador. |
| Referencia (SP) | SP de caudal en la barra como en tendencia, color amarillo. |
| Caudal (PV) | Caudal de inyección en barra y en tendencia, color celeste. |
| Salida (CV) | Salida de control para el caudal de inyección en porcentaje (%) en barra. |
| Kp, Ki y Kd | Valor de Kp. |
| Ki | Valor de Ki. |
| Kd | Valor de Kd. |
| Alarmas | Valor del limite de alarma. |

**Fig. 3-14 Pop Up Partir UMA****Tabla 3-42 Comandos Pop Up Partir UMA**

| Comando | Acción |
|---------|---|
| Partir | Permite dar inicio a la secuencia de funcionamiento. |
| Parar | Permite dar termino a la secuencia de Funcionamiento. |
| Reset | Reset de fallas producidad durante la secuencia. |

Tabla 3-43 Visualización Pop Up Partir UMA

| Display | Visualización |
|------------------------|---|
| Estados | Indica el estado en el que se encuentra la secuencia. |
| Modo de Funcionamiento | Indica el modo de funcionamiento de los equipos y controladores durante la secuencia. |

k) Pop Up Persiana: El Pop Up de Persiana permite visualizar el estado de la persiana seleccionada, además de permitir la ejecución de comandos de apertura y cierre en modo manual. El Pop Up de Persiana se muestra en la Fig. 3-15. En la Tabla 3-44 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up Persiana y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-45 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up persiana.

l) Pop Up Válvula: El Pop Up Válvula permite visualizar el estado, modo de operación y nivel de apertura de la válvula, además de permitir la ejecución de comandos Manual Automático y el ingreso de consigna en modo Manual. Permite entregar el estado de la válvula junto con el ingreso de consigna en modo manual. El Pop Up de Válvula se muestra en la Fig. 3-16. En la Tabla 3-46 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up válvula y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-47 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up Control de Caudal.

m) Pop Up Ventilador: El Pop Up Ventilador permite visualizar el estado del ventilador junto con la ejecución de comandos de partida y detención en modo manual. El Pop Up de Ventilador se muestra en la Fig. 3-17, a la izquierda se encuentra el estado del controlador, al centro la o las alarmas y a la derecha se encuentran los datos de placa del motor. En la Tabla 3-48 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up ventilador y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-49 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up ventilador.

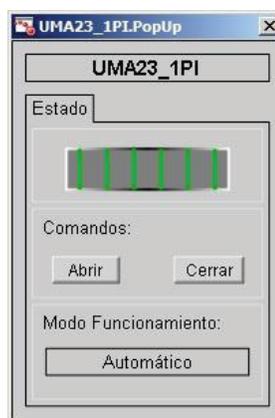


Fig. 3-15 Pop Up Persiana

Tabla 3-44 Comandos Pop Up Persiana

| Bóton | Acción |
|--------|---|
| Abrir | Acciona la apertura de la Persiana en modo manual.. |
| Cerrar | Acciona el cierre de la Persiana en modo manual. |

Tabla 3-45 Visualización Pop Up Persiana

| Display | Visualización |
|------------------------|--|
| Estado de Equipo | Permite Visualizar el estado del equipo entre Abierto o Cerrado. |
| Modo de Funcionamiento | Permite Visualizar el modo de funcionamiento Automático o Manual |



Fig. 3-16 Pop Up Válvula

Tabla 3-46 Comandos Pop Up Válvula

| Bóton | Acción |
|---------------------|---|
| Ingreso de Consigna | Permite ingresar consigna de apertura en modo automático. |
| Auto | Cambia la válvula a modo automático. |
| Man | Cambia la válvula a modo manual. |

Tabla 3-47 Visualización Pop Up Válvula

| Display | Visualización |
|------------------------|--|
| Estado de equipo | Permite visualizar el estado del equipo entre Abierto o Cerrado. |
| Apertura | Permite visualizar el porcentaje de apertura de la válvula. |
| Modo de funcionamiento | Permite visualizart el modo de funcionamiento de la válvual Local o Remoto y Automático o Manual |

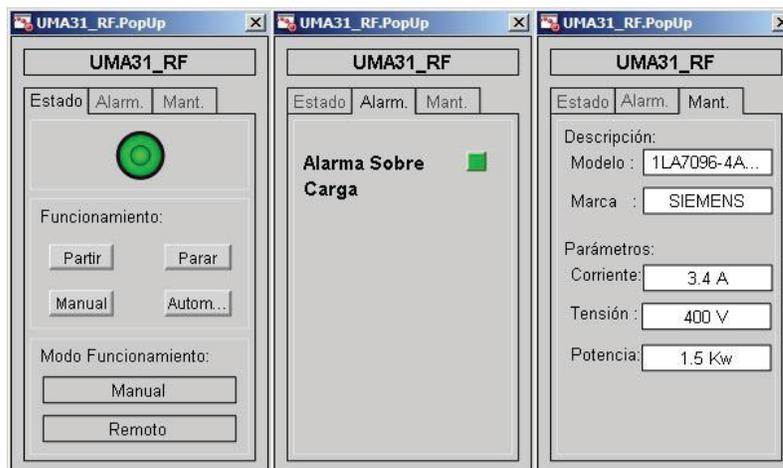


Fig. 3-17 Pop Up Ventilador

n) Pop Up Equipo de Medida: El Pop Up Equipo de Medida permite entregar el estado del equipo de medida, se considera como equipo de medida a los display de medidas análogas de Temperatura, Humedad y Caudal. El Pop Up de Equipo de Medida se muestra en la Fig. 3-18, a la izquierda se encuentra el estado del controlador, al centro la o las alarmas y a la derecha se encuentran los datos de sensor. En la Tabla 3-50 se presentan los comandos que se incluyen en el Pop Up equipo de medida y las acciones que generan. En tanto en la Tabla 3-51 se presentan las visualizaciones que se incluyen en el Pop Up equipo de medida.

Tabla 3-48 Comandos Pop Up Ventilador

| Bóton | Acción |
|--------|---|
| Partir | Acciona la partida del ventilador en modo manual. |
| Parar | Acciona la detencion del ventilador en modo manual. |
| Auto | Cambia el controlador en modo automático. |
| Man | Cambia el controlador en modo manual. |

Tabla 3-49 Visualización Pop Up Ventilador

| Display | Visualización |
|------------------------|--|
| Estado de Equipo | Permite Visualizar el estado del equipo entre Abierto o Cerrado. |
| Modo de Funcionamiento | Permite visualizart el modo de funcionamiento de la válvual Local o Remoto y Automático o Manual |
| Alarma | Permite visualizar las alarmas asociadas a un ventilador y su estado. |
| Datos de Placa | Permite Visualizar algunos datos de Placa de un ventilador. |

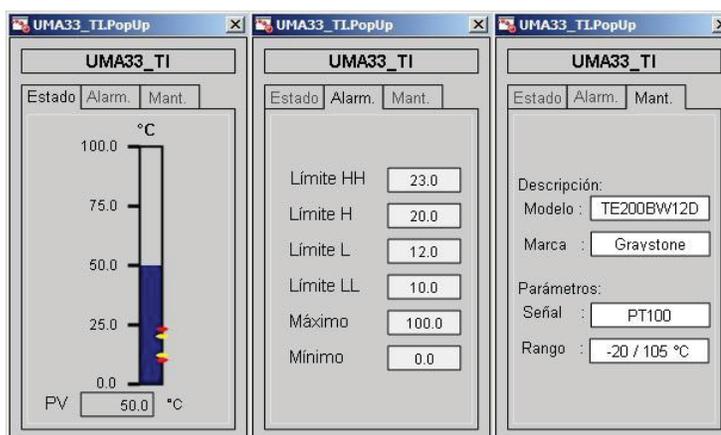


Fig. 3-18 Pop Up Equipo de Medida

Tabla 3-50 Comandos Pop Up Equipo de Medida

| Botón | Acción |
|---------|--|
| Alarmas | Valor del limite de alarmas Alta Alta, Alta, Baja y Baja Baja. |
| Mín | Valor minimo escalamiento del instrumento. |
| Máx | Valor maximo escalamiento del instrumento. |

Tabla 3-51 Visualización Pop Up Equipo de Medida

| Display | Visualización |
|------------------|---|
| Estado de Equipo | Permite visualizar el estado del equipo. |
| Alarma | Permite visualizar las alarmas asociadas a un ventilador y su estado. |
| Datos de Placa | Permite visualizar algunos datos de placa del instrumento. |

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

4.1 Evaluación Técnica

Con la instalación, programación y configuración de la plataforma Wonderware System Platform en los equipos servidor y cliente, se procede a realizar un conjunto de pruebas, los cuales tienen como fin determinar la funcionalidad y estabilidad del proyecto plataforma emulada de monitoreo y control de procesos. Para la realización de las siguientes pruebas se considera un programa de PLC con las modificaciones necesarias para emular el funcionamiento de los equipos que componen el sistema. Como ejemplo para el caso de los ventiladores se manejó las señales de retorno y fallas, dándole características de una operación normal del equipo.

4.1.1 Evaluación de Aplicación

Para validar la aplicación basta con ingresar a la opción Galaxy Status, que nos indica un resumen de la condición de la Galaxia. Se puede visualizar cuantas instancias están en alerta (warning) o error. La información indicada corresponde a los totales de: las plantillas, las instancias desplegadas con cambios, las instancias no activadas con cambios, los objetos que tienen un error o estado en alerta, los objetos que están desprotegidos, y el objeto que ha obtenido.

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condición Inicial: Los equipos servidor GR y cliente.
- Acción a Tomar: Se debe ingresar al Galaxy Status.
- Resultado: Se visualizan rangos normales para operación del sistema.

En la Fig. 4-1 se muestra la pantalla de estados de la Galaxia.

La captura de pantalla fue tomada en desarrollo, por lo cual se indica un total 72 plantillas y 240 instancias. Se debe indicar que de las 72 plantillas 42 son utilizadas de forma directa o indirecta y 30 se consideran como plantillas bases no usadas.

4.1.2 Evaluación de Comunicaciones

Para validar las comunicaciones es necesario realizar una serie de comandos entre los equipos involucrados.

Se realizan dos comandos en cada equipo, servidor y cliente, el primer comando es el HostName, el cual entrega el nombre de la máquina en que se ejecuta y el segundo comando es el Ping, el cual nos indica si hay conexión con un host o equipo conectado a la red.

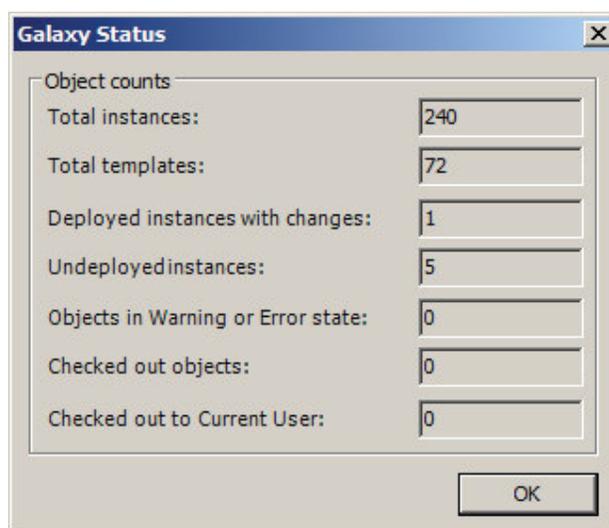


Fig. 4-1 Galaxy Status

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condición Inicial: Los equipos servidor GR y cliente encendidos y con dirección IP perteneciente a la misma red.
- Acción a Tomar: Se debe entrar al símbolo del sistema y generar el comando HOSTNAME y luego el comando PING entre servidor y cliente y vice versa.
- Resultado: Con el comando HOSTNAME se identifica correctamente el equipo y con el comando PING se indica la existencia de accesibilidad desde cada uno de los equipos.

En la Fig. 4-2 y Fig. 4-3 se muestra la ejecución de ambos comandos en los equipos cliente y servidor respectivamente.

```

Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Administrator>hostname
WIN-APAIC6MD4AL

C:\Users\Administrator>ping 192.168.10.10

Pinging 192.168.10.10 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.10: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.10.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\Users\Administrator>

```

Fig. 4-2 Comandos en Servidor

```

Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Administrator>hostname
WIN-CLIENT

C:\Users\Administrator>ping 192.168.10.2

Pinging 192.168.10.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

```

Fig. 4-3 Comandos en Cliente

4.1.3 Prueba de Equipos

Para verificar el correcto enlace entre cada una de los estados, comandos, medidas y consignas incluidas en la plataforma se realiza un pruebas con cada uno de las instancias creadas. Estas Pruebas se deben realizar con la aplicación desde el servidor y el cliente.

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condición Inicial: Prueba de comunicación ejecutada y exitosa. Software RSLogix Emulate 5000 abierto y en modo de operación RUN, programa en Software RSLogix5000 online con el emulador.
- Acción a Tomar: Desde Pop Up de cada equipo generar comandos y consignas hacia el PLC. Conjuntamente forzar valores de estados y medidas en el PLC.
- Resultado: En PLC se visualiza la correcta llegada de los comandos y consignas. En HMI se visualizan los valores de estados y medidas generados en el PLC.

4.1.4 Prueba de Secuencias UMA's

Para verificar el correcto funcionamiento de las secuencias, se debe realizar una prueba consistente en la partida de cada una de las UMAs. Como se indica en el capítulo anterior existe un control de partida y parada por cada UMA, para acceder a él es necesario un nivel mínimo de operador.

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condición Inicial: Prueba de equipos ejecutada y exitosa. Software RSLogix Emulate 5000 abierto y en modo de operación RUN, programa en Software RSLogix5000 online con el emulador.
- Acción a Tomar: Desde Pop Up control de UMA dar Partida. Terminada la secuencia y después de algún tiempo dar Parada

- Resultado: Se visualiza en HMI el accionamiento de cada uno de los equipos, siguiendo la secuencia. Esta consiste en: apertura de dámper de inyecci3n y extracci3n, luego dar partida a los ventiladores de inyecci3n, en el mismo instante pasar los controladores de temperatura, humedad y caudal a automático, para finalizar con la partida de los ventiladores de extracci3n. Cada una de las etapas de la secuencia son indicadas en el Pop Up de control de UMA.

4.1.5 Prueba de Alarmas

Para verificar el correcto funcionamiento de las alarmas, es necesario que se ejecuten cada una de ellas, estas deben ser mostradas tanto en el banner de alarmas como en la pantalla de alarmas.

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condici3n Inicial: Prueba de equipos ejecutada y exitosa. Software RSLogix Emulate 5000 abierto y en modo de operaci3n RUN, programa en Software RSLogix5000 online con el emulador. Ingresar con usuario de operador o con nivel de acceso mayor.
- Acci3n a Tomar: Desde PLC forzar estados y medidas para la generaci3n de alarmas.
- Resultado: Se visualiza en Banner y pantalla de Alarmas la indicaci3n de la alarma presente, al reconocerse la alarma sigue la indicaci3n presente pero pasa a alarma reconocida, al desaparecer alarma esta queda registrada en el hist3rico.

En la Fig. 4-4 se muestra parte de la pantalla de alarmas donde se generan ciertas alarmas, las primeras son reconocidas por el administrador luego por el usuario mantenci3n.

| Estado | Fecha Y Hora | Tag | Descripci3n | Valor | usuario |
|--------|---------------------|----------------------|------------------------|-------|---------------|
| ACK | 16-12-2015 17:29:59 | 01AC20_CLLo.Acked | Caudal Inyecci3n | true | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 16:53:50 | 01AC020_RF.Alarm_FAL | Alarma Bajo Flujo | true | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 16:53:50 | 02AC080_CH.Alarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 16:53:50 | 03AC040_CH.Alarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 16:53:50 | 03AC100_CH.Alarm_MAH | | true | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 17:43:21 | 01AC20_TRLo | Temperatura Retorno | 24.0 | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 17:43:21 | 01AC20_TRLoLo | Temperatura Retorno | 24.0 | Administrator |
| ACK | 16-12-2015 17:50:44 | 03AC40_TR.Hi | Temperatura Retorno | 21.0 | Mantencion |
| ACK | 16-12-2015 17:50:44 | 01AC30_TE.Hi | Temperatura Extracci3n | 21.0 | Mantencion |
| ACK | 16-12-2015 17:50:44 | 01AC50_TE.Hi | Temperatura Extracci3n | 21.0 | Mantencion |
| UNACK | 16-12-2015 17:50:56 | 03AC40_TR.HiHi | Temperatura Retorno | 24.0 | |
| UNACK | 16-12-2015 17:50:56 | 01AC30_TE.HiHi | Temperatura Extracci3n | 24.0 | |
| UNACK | 16-12-2015 17:50:56 | 01AC50_TE.HiHi | Temperatura Extracci3n | 24.0 | |

Fig. 4-4 Accionamiento de Alarmas

4.1.6 Prueba de Tendencias

Para verificar el correcto funcionamiento de las tendencias se debe generar una señal en el PLC, la cual es una onda triangular realizada con contadores y timer.

El detalle de la prueba se indica en los siguientes puntos

- Condición Inicial: Prueba de equipos ejecutada y exitosa. Software RSLogix Emulate 5000 abierto y en modo de operación RUN, programa en Software RSLogix5000 online con el emulador.
- Acción a Tomar: Dar partida al generador.
- Resultado: En pantalla de Tendencia se visualiza la generación de la onda según lo especificado en el generador.

En la Fig. 4-5 se muestra parte de la pantalla de alarmas donde se genera la señal triangular.

4.2 Evaluación Económica

La evaluación económica se enfoca en los supuestos bajo los cuales se evalúa la rentabilidad o factibilidad de implementación de la plataforma emulada, la cual se compone de una máquina física utilizada como contenedor de dos máquinas virtuales, servidor y cliente. Lo anterior como base de la arquitectura distribuida de Wonderware System Platform y con la finalidad de tener un equipo disponible para ser utilizado como demo ante posibles clientes, en la inducción del nuevo personal o como una estación de desarrollo de aplicaciones. Bajo estas apreciaciones se plantea la necesidad de adquirir el hardware y software preciso para montar la estructura mostrada en la Fig. 1-4.

A continuación se indican los costos asociados a hardware, software y desarrollo de la aplicación.

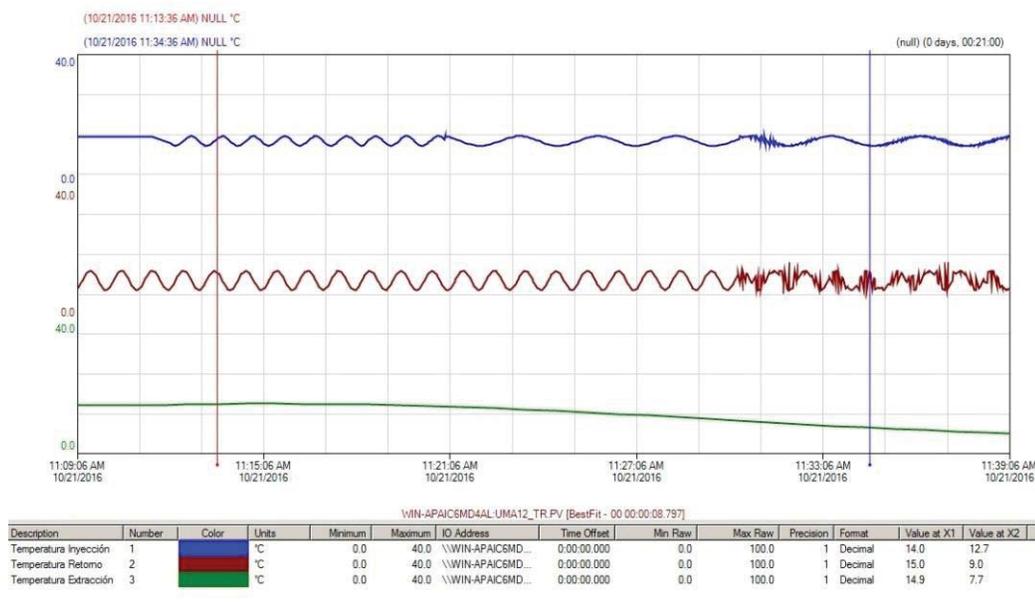


Fig. 4-5 Prueba de Tendencias

4.2.1 Hardware

Para la realización de este proyecto es necesaria la adquisición de un equipo, máquina física, en el cual se ejecutara la aplicación. La característica de este equipo debe permitir que se ejecuten las máquinas virtuales y la correspondiente aplicación bajo Wonderware System Platform. En la Tabla 4-1 se presenta la descripción del hardware necesario para montar la aplicación.

Para la valorización del hardware se utiliza como referencia los valores de tres empresas PCFactory, Tecnoglobal y SP Digital. En las cuales se buscan equipos con características similares. En la Tabla 4-2 se presenta el detalle del costo de los equipos asociados a la implementación, los valores se encuentran en pesos chilenos.

4.2.2 Licencia Software

La mayoría de las aplicaciones utilizadas en este proyecto tienen derechos de propietarios por lo que es necesario contar con las licencias correspondientes. En el caso de los productos Wonderware los valores son obtenidos desde Artaron, distribuidor autorizado para Chile de los productos y softwares de Wonderware.

En la Tabla 4-3 se presenta el detalle del costo de los softwares necesarios para la implementación. Para el cambio de divisa se considera que un dólar es equivalente a 665 pesos.

Tabla 4-1 Especificaciones Hardware

| Ítem | Concepto | Equipo |
|------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | Marca | Dell |
| 2 | Modelo | Vostro 3459 |
| 3 | Procesador | Intel Core i5-6200U |
| 4 | Velocidad del Procesador | 2.3 GHz hasta 2.8GHz |
| 5 | Cantidad de Nucleos | Dual Core |
| 6 | Memoria Ram | 8 GB |
| 7 | Velocidad Memoria Soportada | 1600 MHz DDR3L SDRAM |
| 8 | Disco Duro | 1 TB; 5400 rpm |
| 9 | Comunicaciones | Lan 10/100; Wi-Fi; Bluetooth |
| 10 | Tamaño de Pantalla | 14'' |
| 11 | Resolución máxima | 1366x768 |
| 12 | Sistema Operativo | Windows 7 Professional |

Tabla 4-2 Valoración Hardware

| Ítem | Concepto | Precio Unitario (s/IVA) |
|------|-------------|----------------------------|
| 1 | PCFactory | \$ 462.176 |
| 2 | Tecnoglobal | \$ 449.360 |
| 3 | SP Digital | \$ 489.235 |

Los costos asociados a los ítems 3 y 4, de la Tabla 4-3, corresponden a valores fijos anuales. Esto es debido a que la licencia ToolKit de Wonderware tienen un periodo de duración de un (1) año.

4.2.3 Desarrollo

En cuanto a recursos humanos se han identificado tres perfiles: especificador, diseñador y desarrollador. El número de horas se ha calculado sin tener en cuenta el tiempo de la fase de formación en la utilización de los distintos softwares.

En la Tabla 4-4 se indica la valorización de los conceptos de desarrollo, de la gestión de compra de Hardware y Software. Para el cambio de unidad de fomento se considera que una unidad de fomento UF es equivalente a 26.024,32 pesos.

En síntesis se tiene un total de 202 horas hombre (HH), las cuales implica un mes y medio aproximadamente, lo anterior considerando una jornada laboral de 9 horas por día.

4.2.4 Análisis Económico del Proyecto

Sabiendo los costos en los que se incurriría en este proyecto, se debe evaluar económicamente esta alternativa. Para ello se realizara un desglose de cada ítem del flujo de caja.

Tabla 4-3 Valoración Licencias Software

| Ítem | Concepto | Precio Unitario | Cant. | Total (s/IVA) |
|------|--|-----------------|-------|---------------|
| 1 | WinPro 10 SNGL OLP NL Legalization GetGe | 210 | 2 | 420,00 |
| 2 | VMWare Workstation 12.5 Pro | 249,99 | 1 | 249,99 |
| 3 | ToolKit Wonderware 2012R2 | 3.500,00 | 1 | 3.500,00 |
| 4 | ArchestrA System Platform 2012 CD Case | 15,00 | 1 | 15,00 |
| | Total Final (USD) | --- | --- | \$4.184,99 |
| | Total Final (\$) | --- | --- | \$2.783.018 |

Tabla 4-4 Valorización Desarrollo

| Ítem | Concepto | Precio Unitario UF | Cant. HH | Total |
|------|--|--------------------|----------|-------------|
| 1 | Gestión de compras: Hardware y Software | 0.2 | 4 | 0,8 |
| 2 | Documentación: Descripción, Manual y Pruebas | 0.3 | 27 | 8,1 |
| 3 | Instalación, programación y configuración Plataforma | 0.2 | 18 | 3,6 |
| 4 | Generación de la Base de Datos | 0.2 | 18 | 3,6 |
| 5 | Generación de Despliegues (16 pantallas) | 0.3 | 36 | 10,8 |
| 6 | Generación de Gráficos | 0.3 | 36 | 10,8 |
| 7 | Generación de Objetos: Plantillas e Instancias | 0.3 | 45 | 13,5 |
| 8 | Pruebas Plataforma de Control | 0.2 | 18 | 3,6 |
| | Total Final (UF) | | 202 | 54,8 |
| | Total Final (\$) | | | \$1.426.133 |

Este proyecto considera una plataforma que sirve para exponer a potenciales clientes, una aplicación que muestre todas las utilidades que se pueden lograr con Wonderware System Platform. La plataforma es considerada un activo fijo lo que implica un bien que ha sido adquirido para usarlo en la operación y sin propósito de venderlo o ponerlo en circulación.

Tomando como supuesto inicial que una empresa del área de la automatización desarrolla un proyecto tipo del orden de los 25.000 USD y que durante un año se pueden desarrollar al menos 3 proyectos se tendrían un ingreso operacional de 75.000 USD.

A continuación se detallan los ítems incluidos en el flujo de caja:

a) **Beneficio Bruto:** El Beneficio Bruto es aquel beneficio obtenido por una sociedad derivado de su explotación y que surge de restar a los ingresos el importe de los gastos en los que se han incurrido fruto de la actividad, antes de deducir los impuestos y las amortizaciones correspondientes.

El Beneficio Bruto Base en un proyecto del área de la automatización va desde el 20 al 30%. Al considerar un 20% de Beneficio Bruto sobre los ingresos operacionales, antes mencionados, se tendrían 15.000 USD o \$9.975.000.

b) **Egresos Operacionales:** Los Egresos operacionales corresponden a los costos fijos en que se debe incurrir para mantener en funcionamiento el proyecto en cada periodo. En el caso del presente proyecto corresponde al costo de las licencias de Wonderware individualizados en los ítems 3 y 4 de la Tabla 4-3, con un costo de \$2.337.475.

c) **Inversión:** Corresponde a los recursos involucrados para adquirir los activos necesarios para la explotación del proyecto. En este caso corresponde a todos los costos asociados a la conformación de la plataforma, para ello se debe sumar los costos del hardware y software, y los costos asociados al desarrollo. Lo anterior alcanza la cifra de \$4.658.511.

La inversión inicial se puede determinar a través de la ecuación 4-1.

$$I_I = C_H + C_L + C_D \quad (4-1)$$

Dónde:

I_I : Inversión Inicial.

C_H : Costo Hardware.

C_L : Costo Licencias o Software.

C_D : Costo Desarrollo.

$$I_I = 449.360 + 2.783.018 + 1.426.133$$

$$I_I = 4.658.511$$

En la Tabla 4-5 se indica un resumen de las valorizaciones hechas anteriormente y se muestra el valor de la presente inversión.

Tabla 4-5 Valorización Proyecto

| Ítem | Concepto | Total s/IVA |
|------|-----------------------|----------------|
| 1 | Hardware | \$ 449.360 |
| 2 | Licencias de Software | \$ 2.783.018 |
| 3 | Desarrollo | \$ 1.426.133 |
| | Neto | \$ 4.658.511 |
| | IVA (19%) | \$ 885.117 |
| | Total Final | \$ 5.543.628 |

d) Depreciación de activos fijos: La depreciación corresponde a un hecho económico de ocurrencia continua e inevitable, por lo tanto, periódicamente se trasladará a resultado pérdida, cuotas de depreciación que representen la pérdida de valor de esos bienes del activo fijo.

Para calcular la cuota de depreciación, se debe efectuar una estimación respecto de la vida útil o período de tiempo en que el bien completará su desgaste. En este caso la vida útil de los activos fijos es de 6 años de acuerdo a lo indicado por el servicio de impuestos internos [13]. La ecuación 4-2 es la usada para el cálculo de la depreciación.

El valor inicial del activo fijo depreciado es de \$ 449.360.

Cabe señalar que en el flujo de caja se descuenta primero la depreciación para calcular impuesto y luego se agrega, esto se realiza ya que la depreciación no constituye un flujo efectivo. En resumen, sirve sólo para disminuir la base impositiva.

$$D_j = \frac{(C_I - VL_N)}{N} \quad (4-2)$$

Dónde:

D_j : Monto anual de depreciación

C_I : Valor Inicial del activo a ser depreciado

VL_N : Valor residual contable al año N

N : Vida útil contable (según normas SII)

$$D_j = \frac{(449.360 - 0)}{6}$$

$$D_j = \$74.893$$

e) Impuesto: La actual legislación impositiva chilena (2015) exige que las empresas paguen un impuesto a las utilidades contables, este impuesto alcanza un 22.5%.

4.2.5 Flujo de Caja y Cálculo de VAN Y TIR

La herramienta que nos permite calcular el indicador de viabilidad del proyecto es el flujo de caja y los criterios utilizados para evaluar la conveniencia en términos de la rentabilidad que este genere, se pueden señalar el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Interna de Retorno (TIR).

El cálculo del Valor Actual Neto o VAN es un método de evaluación que considera la Inversión Inicial y la suma de los flujos futuros llevado a presente. Como criterio de selección es que se toma el proyecto si el VAN obtenido es mayor que cero. Para llegar a este valor se utiliza la ecuación 4-3.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j} \quad (4-3)$$

Dónde:

I_0 = total de la inversión inicial en el año 0

F_j = flujo neto en el periodo j

i = tasa de descuento de la inversión

n = horizonte de la evaluación

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno corresponde a aquella tasa descuento que hace que el VAN del proyecto sea exactamente igual a cero. Un proyecto será rentable y por lo tanto recomendable de realizar si su tasa interna de retorno, es mayor que la tasa de descuento del inversionista, que para este caso es de un 10%.

El TIR se obtiene a través de la ecuación 4-4.

$$\sum_{j=0}^n \frac{F_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (4-4)$$

Dónde:

F_j = flujo neto en el periodo j

n = horizonte de la evaluación

A continuación en la Tabla 4-6 se presenta el flujo de caja y evaluación del proyecto para los próximos 6 años.

De los resultados obtenidos de los flujos de caja, se aprecia que el proyecto resulta rentable para un inversionista, debido a que el VAN calculado es de \$21.699.603, que es mayor a cero, por tanto el proyecto se considera rentable y no generaría pérdidas durante el horizonte fijado de 6 años.

En tanto el TIR obtenido es de un 129%, que es mayor al 10 % de la tasa de descuento que se ha tomado. Lo que reafirma que este proyecto es rentable.

Tabla 4-6 Flujo de Caja Proyecto

| Item | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 | Año 6 |
|---------------------------------|-------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Beneficio Bruto Base (+) | | 9.975.000 | 9.975.000 | 9.975.000 | 9.975.000 | 9.975.000 | 9.975.000 |
| Beneficio Bruto Base % | | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Egresos Operacionales (-) | | 2.337.475 | 2.337.475 | 2.337.475 | 2.337.475 | 2.337.475 | 2.337.475 |
| Beneficio Bruto | | 7.637.525 | 7.637.525 | 7.637.525 | 7.637.525 | 7.637.525 | 7.637.525 |
| Depreciación (-) | | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 |
| Utilidad Antes de Impuestos | | 7.562.632 | 7.562.632 | 7.562.632 | 7.562.632 | 7.562.632 | 7.562.632 |
| Impuestos (-) | | 1.701.592 | 1.701.592 | 1.701.592 | 1.701.592 | 1.701.592 | 1.701.592 |
| Utilidad Después de Impuestos | | 5.861.040 | 5.861.040 | 5.861.040 | 5.861.040 | 5.861.040 | 5.861.040 |
| Utilidad Después de Impuestos % | | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% | 59% |
| Depreciación (+) | | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 | 74.893 |
| Inversion | 4.658.511 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Flujo de Caja Neto | - 4.658.511 | 5.935.933 | 5.935.933 | 5.935.933 | 5.935.933 | 5.935.933 | 5.935.933 |
| Flujo de Caja Neto Acumulado | - 4.658.511 | 1.277.422 | 7.213.355 | 13.149.288 | 19.085.221 | 25.021.153 | 30.957.086 |
| Tasa de descuento | 10% | | | | | | |
| VAN | 21.194.024 | | | | | | |
| TIR | 126% | | | | | | |

CONCLUSIONES

Las plataformas de supervisión o sistemas SCADA representan una herramienta muy versátil y eficiente a nivel de automatización, debido a que permiten visualizar y registrar los estados y variables de un proceso sin la necesidad de movilizar al personal al nivel de campo.

La utilización de máquinas virtuales no solo se centra en la capacidad de tener un sistema operativo huésped en una máquina física, sino que además posibilita la interconexión entre máquinas virtuales y máquinas físicas. Es así como se pueden realizar pruebas en un ambiente emulado sin la necesidad de contar con los equipos físicos, con el consecuente costo que eso implicaría. No se puede dejar de mencionar que una de las desventajas es que el hardware es compartido, lo cual incide directamente en el rendimiento del equipo.

La orientación a los objetos que posee Wonderware System Platform posibilita al usuario la construcción de una plantilla para replicarla en la aplicación HMI. Lo anterior da la posibilidad de editar la plantilla, ya sea en cálculos, métodos de acceso, gráficos, entre otros, para luego distribuir fácilmente los cambios a todos los símbolos heredados al mismo tiempo.

La utilización de objetos también ayuda en el desarrollo de los despliegues o pantallas, facilitando el desarrollo con un número reducido de operaciones y/o configuraciones.

Wonderware ofrece una amplia gama de aplicaciones o drivers para la comunicación con distintos controladores de empresas como Allen Bradley, Schneider-Electric y Siemens. En este caso el enlace se realiza entre el servidor y controlador emulado, utilizando el objeto de integración de dispositivos OPC Cliente, el cual corresponde a una herramienta de fácil comprensión y ampliamente usada en la industria. La configuración desarrollada permite la comunicación con un controlador físico, debiendo solo realizar el cambio a la asignación del tópico.

La validación de un sistema de esta naturaleza contempla la necesidad de realizar pruebas de comunicación entre equipos, ver la integridad de la plataforma como software y visualizar la correcta generación de animaciones. Estas pruebas dan como resultado una aplicación de fácil uso y robusta, ideal para cumplir con el objetivo principal de este proyecto.

Con la evaluación económica se conocen los diferentes tipos de costos y beneficios asociados al proyecto. Destacan el alto costo de las licencias de software respecto al hardware, una sensibilidad en los ingresos debido a las ventas de sistemas y el bajo número de horas hombre utilizadas en la configuración, desarrollo y puesta en marcha de la plataforma. La factibilidad económica se sustentada en los criterios VAN y TIR utilizados, los cuales indican que el proyecto es viable y conveniente, siendo una real oportunidad de inversión.

REFERENCIAS

- [1] R. L. Krutz, Securing SCADA Systems, Wiley Pub, 2005.
- [2] Varios, «www.electroindustria.cl/,» Grupo Editorial EMB, Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2191&srch=scada&act=4&tip=9>.
- [3] Rockwell Software, «www.rockwellautomation.com,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-me.page>.
- [4] Schneider Electric, «<http://www.schneider-electric.com/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://software.schneider-electric.com/products/wonderware/hmi-and-supervisory-control/system-platform/>.
- [5] Invensys, «<http://www.schneider-electric.com/>,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.schneider-electric.com/en/product-range/1500-struxurewarescada-expert-vijeo-citect/?parent-category-id=5100&parent-subcategory-id=5135>.
- [6] D. Baley y E. Wright, Practical SCADA for Industry, Newnes, 2003.
- [7] VMware, «www.vmware.com,» 2015. [En línea]. Available: www.vmware.com/cl/products/workstation.
- [8] Rockwell Automation, RSLinx® Classic Getting Results Guide, Rockwell Automation Publication, 2015.
- [9] Invensys Systems, «System Platform,» Invensys Systems, 2009.
- [10] Rockwell Automation, RSLogix Emulate 5000, Rockwell Automation Print, 2010.
- [11] Invensys System, System Platform Part-1, 2012.
- [12] Invensys Systems, «Integrating People, Processes,» 2014.
- [13] SII, «<http://www.sii.cl/>,» 2013. [En línea]. Available: http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm.
- [14] Rockwell Automation, «www.ab.com,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/360807/1837528/RSLogix-5000-Programming-Software.html>.