

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las
Villas**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales**



TRABAJO DE DIPLOMA

**Metodología para implementar Sistemas de Alarmas en
Movicon**

Autor: Manuel Alejandro Suazo Crespo

Tutor: DrC. Roberto Luis Ballesteros Horta

Santa Clara

2014

“Año 56 de la Revolución”

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Facultad de Ingeniería Eléctrica
Departamento de Automática y Sistemas
Computacionales



TRABAJO DE DIPLOMA

Metodología para implementar Sistemas de Alarmas en
Movicon

Autor: Manuel Alejandro Suazo Crespo

Email: msuazo@uclv.edu.cu

Tutor: DrC. Roberto Luis Ballesteros Horta

Dpto. de Automática, Facultad de Ing. Eléctrica, UCLV

Email: rball@uclv.edu.cu

Santa Clara

2014

“Año 56 de la Revolución”



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor

Firma del Jefe de Departamento
donde se defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

*"Sólo es posible avanzar cuando se mira lejos. Solo cabe progresar
cuando se piensa en grande"*

José Ortega y Gasset.

DEDICATORIA

A mis padres Ada y Manuel;

por estar a mi lado cada día, por ofrecerme su amor, comprensión y ayuda en cada momento de mi vida, por ser grandes ejemplos a seguir y sobretodo por su prioridad de educarme y darme fuerza de voluntad para alcanzar metas superiores.

A mis padres de crianza Gladys y Roberto;

por cuidar de mi desde pequeño y verme crecer como un hombre de bien; por estar preocupados por mis estudios, por ser pacientes conmigo y sobretodo por su inmenso amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor Roberto Luis Ballesteros, por su constante dedicación y preocupación por la realización de cada tarea, por constituir un apoyo fundamental en el enfrentamiento de este gran reto.

A mi hermana Grethel y mi cuñado Adrián por su apoyo y constante preocupación desde un principio. Son un ejemplo a seguir en mi vida.

A mis hermanos de crianza Silvia y Rigo, por estar siempre presente en cada momento.

A mi abuela Julia por todo su cariño y amor.

A mis compañeros de aula por su amistad y los buenos momentos que pasamos juntos.

A todos los profesores que a lo largo de estos 5 años contribuyeron a mi formación como profesional.

A los profesores del 117 por los conocimientos brindados y su ayuda en los momentos más necesitados.

A mis grandes amigos de la UCLV por el equipo L'Sals que formamos juntos todos estos años de la carrera y por estar dispuestos a ayudarme en cualquier momento. Además, no hubiera sido tan divertido sin ustedes.

A mis amigos del barrio por estar presentes en los momentos buenos y malos.

A todos los familiares que me ayudaron y me apoyaron en mi formación como profesional.

A todas aquellas personas que de una forma u otra se mostraron interesadas por la realización del trabajo.

A todos,

Muchas Gracias

TAREA TÉCNICA

Para alcanzar los objetivos planteados en este Trabajo de Diploma se llevaron a cabo las siguientes tareas técnicas:

1. Análisis de la bibliográfica sobre sistemas y gestión de alarmas en los sistemas de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA).
2. Análisis de las diferentes posibilidades que posee el Movicon para implementar sistemas de alarmas.
3. Diseño de segmentos de programas (*script*) necesarios para ampliar las posibilidades de implementar sistemas de alarmas en el software Movicon.
4. Propuesta de una metodología para implementar un sistema de alarmas.
5. Análisis de los resultados obtenidos en diferentes pruebas aplicadas a un proceso de SCADA determinado.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN

La necesidad de ampliar el uso que presenta el software Movicon como una herramienta de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos en la mayoría de los procesos industriales para el desarrollo de sistemas de alarmas constituye la problemática que centraliza la investigación planteada en el trabajo. Se plantea una metodología para implementar sistemas de alarmas que consta de 5 etapas de diseño las cuales contribuye a aumentar las posibilidades del software para establecer diferentes tipos de alarmas asociadas a las variables. Se utilizan métodos de implementación que abarcan desde la configuración de las alarmas hasta la visualización de las mismas, así como el diseño de *script* a través de códigos de programación en VBA (*Visual Basic for Applications*), los cuales facilitan los pasos de implementación de alarmas en el software. La propuesta de la metodología se evalúa a través de un ejemplo tomado de un proceso simulado en un SCADA. En el cual se evalúan los resultados obtenidos, confirmando su factibilidad y aplicabilidad a cualquier proceso desarrollado en esta plataforma de SCADA/HMI.

TABLA DE CONTENIDO

PENSAMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TAREA TÉCNICA.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo.1 Sistemas de Alarmas en SCADA.....	5
1.1 Sistemas SCADA	5
1.1.1 Módulos de hardware y software de los Sistemas SCADA	6
1.1.2 Arquitectura de los Sistemas SCADA	8
1.2 Gestión de Alarmas	12
1.2.1 Gestión de Alarmas en industrias de procesos.....	12
1.2.2 Avalanchas de alarmas	16
1.2.3 Diagnóstico de fallos.....	17
1.3 Sistemas de Alarmas.....	18
1.3.1 Arquitectura del Sistema de Alarmas.....	19
1.3.2 Tipos de Alarmas	19
1.3.3 Prioridad de alarmas.....	20
1.3.4 Notificación de alarmas.....	21
1.3.5 Comprobación de límites del proceso (alarmas del proceso)	21
1.3.6 Filtraje de alarmas.....	23
1.4 Aplicaciones de Sistemas de Alarmas en SCADA.....	24
1.4.1 Aplicaciones en la industria nacional.....	24
1.4.2 Aplicaciones en el ámbito internacional	25

1.5	Consideraciones finales del capítulo.....	27
Capítulo 2: Sistemas de Alarmas en Movicon.....		28
2.1	Caracterización del software Movicon	28
2.2	Posibilidades del Movicon para implementar sistemas de alarmas	31
2.2.1	Configuración de alarmas con Movicon.....	32
2.2.2	Alarmas complejas.....	36
2.2.3	Notificación de alarmas	38
2.2.4	Cambios dinámicos	41
2.2.5	Visualización de alarmas	42
2.3	Metodología de diseño de sistema de alarmas en Movicon	44
2.4	Consideraciones finales del capítulo	48
Capítulo 3: Aplicación de la metodología para Sistemas de Alarmas en Movicon		49
3.1	Sistema supervisorio para la obtención de Hipoclorito de Sodio	49
3.1.1	Características del proceso	49
3.1.2	Análisis del Sistema de Alarma implementado inicialmente	50
3.2	Requisitos para implementar el Sistema de Alarmas.....	51
3.3	Aplicación de la metodología.....	52
3.3.1	Configuración de alarmas del proceso	52
3.3.2	Configuración de alarmas complejas	55
3.3.3	Visualización de alarmas.....	56
3.3.4	Programación de cambios dinámicos	58
3.4	Valoración económica.....	60
Conclusiones		62
Recomendaciones		63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		64
ANEXOS.....		66

Anexo I: Entorno de trabajo del Movicon.....	66
Anexo II: Notificaciones de eventos de alarmas	67
Anexo III: Ejemplo de cambios dinámicos utilizando programación en VBA	68
Anexo V: Tabla de variables del proceso de producción de Hipoclorito de Sodio	72
Anexo VII: Programación completa en Script de la simulación del proceso con cambios dinámicos.	81

INTRODUCCIÓN

Entre los principales sistemas para el control, supervisión y adquisición de datos en todo tipo de industria o proceso se encuentran los SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), estos contribuyen a mejorar la eficacia del proceso de monitoreo y control, al proporcionar la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas (Meza, 2007).

Los primeros SCADA eran simples sistemas que proporcionaban reportes periódicos de las variables de campo, mantenían vigiladas las señales que representaban medidas y/o condiciones del estado de la planta desde ubicaciones generalmente remotas, en muchos casos lo que se hacía era imprimir o registrar en papel la información de las variables de la planta y registraban un histórico de los eventos que ocurrían durante la operación del proceso. Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples de monitoreo y control, sin proveer funciones de aplicación alguna.

Con el desarrollo de la tecnología, los ordenadores empezaron a aplicarse en el control industrial, comenzaron a realizar tareas de recolección y almacenamiento de datos, generación de comandos de control, y una nueva función muy importante: la presentación de la información sobre una pantalla, que para aquel entonces eran monocromáticas. (Castellanos, 2008).

Muchas empresas al ver la necesidad y lo rápido que avanzaba el desarrollo de los ordenadores, crearon programas de aplicación específicos para atender requisitos de algún proyecto particular. Así aparecieron los pequeños SCADA surgidos de empresas desarrolladoras de software como una nueva experiencia para muchas de ellas.

Hoy, los proveedores de sistemas SCADA permiten que su diseño pueda aplicarse a las más variadas necesidades y requisitos de muchas industrias, con módulos de software disponibles para cualquier variante de supervisión y control (Castellanos, 2008).

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer, entre otras prestaciones, la posibilidad de crear paneles de alarma. Para ello, el servidor del SCADA debe contar con herramientas que permita la implementación de sistemas de alarmas (Escalona-Franco, 2011).

El problema con las alarmas en los sistemas de control en industrias de proceso comenzó a principios de la década del 90, donde ocurrieron algunos accidentes y los sistemas de alarmas aparecieron como uno de los factores contribuyentes a las causas de los mismos. Debido a esto algunas compañías comenzaron a ofrecer productos y servicios que permitieran resolver el problema con las alarmas, dentro de ellas se puede destacar la publicación que emite la OSHA (Occupational Safety and Health Administration – La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos) la cual plantea ciertos requerimientos para los sistemas de alarmas en el estándar CFR 29 regulación 1910.119, Gestión de Seguridad de Procesos con Materiales Químicos Altamente Peligrosos (OSHA, 2009). Estos requerimientos están relacionados con la documentación de alarmas críticas, y el entrenamiento de los operadores sobre su entendimiento y respuesta. La regulación requiere que las alarmas sean documentadas y que la información esté disponible a los operadores indicando los límites de operación o actuación de las alarmas, la consecuencia de la desviación y los pasos para corregir o evitar la desviación (Queirolo, 2011).

Los sistemas de alarmas son sumamente importantes para el control de la seguridad, la calidad y el diagnóstico de fallos pero el afán de presentar un sistema de alarmas "completo" lleva a integrar o definir en un sistema más alarmas de las necesarias, con más prestaciones de las deseadas. Esto puede entrar en conflicto con la eficiencia del propio sistema de control. Un sistema de alarma mal diseñado puede llegar a confundir de tal manera que incluso se pueden tomar decisiones que aumenten la gravedad del problema, pudiendo causar daños personales o materiales, por lo que se hace necesaria la realización de una correcta gestión de alarma (FORTEC, 2013).

Una empresa dedicada a la elaboración de este tipo de software es Progea, que comercializa Movicon, el cual se ha convertido en una de las principales herramientas para la implementación de aplicaciones de supervisión (Contreras, 2011). Esta plataforma SCADA/HMI Movicon es una herramienta potente en la implementación de sistemas de alarmas la cual garantiza la máxima precisión en la gestión de eventos y ofrece a los operadores gran cantidad de información que posibilita conocer inmediatamente siempre la situación de la planta y en consecuencia saber cómo reaccionar para reducir al mínimo la pausa en la producción y mejorar la eficiencia (Progea, 2012).

A pesar del amplio uso que presenta el software Movicon como una herramienta de sistemas de SCADA para la visualización y control de variables en la mayoría de los procesos industriales, no se explota adecuadamente todas las herramientas que la misma cuenta para establecer sistemas de alarmas.

Siendo analizados los elementos anteriormente expuestos, el problema científico del presente trabajo es el siguiente:

¿Es posible la implementación de una metodología que propicie el uso del software Movicon como una herramienta para el diseño de sistemas de alarmas que contribuya a la tomada rápida de decisiones por el operador?

En base a esto, el **objetivo general** del trabajo es el siguiente:

Proponer una metodología para implementar Sistemas de Alarmas en Movicon que ofrezca a los diseñadores la posibilidad de implementar diferentes tipos de alarmas para el mejor funcionamiento de las plantas de procesos.

En el trabajo se persigue analizar las posibilidades que posee el Movicon para establecer un sistema de alarmas, así como el desarrollo de segmentos de programas (*script*) que facilitaría a los diseñadores sentar las bases para el diagnóstico de fallos y gestión de alarmas.

En consecuencia, los **objetivos específicos** son los siguientes:

- ✓ Analizar la bibliografía existente sobre sistemas y gestión de alarmas.
- ✓ Analizar las diferentes posibilidades que posee el Movicon para implementar sistemas de alarmas.
- ✓ Diseñar segmentos programados (*script*) necesarios para ampliar las posibilidades de implementar sistemas de alarmas.
- ✓ Proponer una metodología para implementar sistemas de alarmas.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos en diferentes pruebas aplicadas a un proceso determinado.

Por lo que la hipótesis que se formuló en esta investigación fue:

La propuesta de una metodología para implementar sistemas de alarmas, en la cual se abarquen las posibilidades que brinda la plataforma SCADA/HMI Movicon permitirá a los diseñadores sentar las bases para la gestión de alarmas y el diagnóstico de fallos.

El trabajo realizado brinda como aportes:

- ✓ Sistematización del conocimiento sobre sistemas de alarmas.
- ✓ *Script* para la realización de cambios dinámicos y alarmas complejas.
- ✓ Metodología para implementar sistemas de alarmas.

Se puede plantear que entre los impactos esperados de la aplicación de la metodología están los siguientes:

- ✓ Los diseñadores amplían las posibilidades de implementar sistemas de alarmas.
- ✓ Ahorro de tiempo a los diseñadores en relación a la implementación de sistemas de alarmas.
- ✓ Los operadores pueden realizar una mejor gestión de alarmas.

El trabajo incluye tres capítulos, además de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En el Capítulo I se plantea un análisis de la bibliografía existente sobre sistemas, gestión de alarmas, presentación de los principales conceptos y definiciones que se tratan en este trabajo.

En el Capítulo II se analiza las diferentes posibilidades que posee el Movicon para implementar Sistemas de Alarmas que ayude a la gestión de las mismas, así como el diseño de *script* para ampliar las posibilidades de implementarlas. Se plantea una propuesta de una metodología de diseño que facilite la obtención de sistemas de alarmas.

En el Capítulo III se realiza un análisis de los resultados obtenidos mediante diferentes pruebas aplicadas a la metodología diseñada a través de la simulación de un pequeño proceso realizado en la plataforma de SCADA Movicon.

Capítulo.1 Sistemas de Alarmas en SCADA

En este capítulo se hace un análisis de la bibliografía consultada relacionada con sistemas de alarmas, así como algunos conceptos sobre su gestión. Se hace referencia a las principales definiciones como: sistemas de SCADA y sistemas de alarmas, abordando los tipos y clases de alarmas más importantes según algunos autores, además de sus características más significativas sirviendo de base a la investigación ajustada a la propuesta diseñada.

1.1 Sistemas SCADA

Según (Quirós, 2004) un SCADA es un sistema industrial de mediciones y control que consiste en una computadora principal o “master”, generalmente llamada Estación Maestra (“Master Terminal Unit”); una o más unidades de control que obtiene datos de campo, llamadas estaciones remotas (“Remote Terminal Units”); y una colección de software estándar y/o a la medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo. Los sistemas SCADA contemporáneos exhiben predominantemente características de control a lazo abierto y utilizan comunicaciones generalmente interurbanas, aunque algunos elementos de control a lazo cerrado y/o de comunicaciones de corta distancia pueden también estar presentes.

Los sistemas SCADA son aplicaciones de software, diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de los procesos remotos (MARCALLA, 2010).

Es una aplicación de software, especialmente diseñada para funcionar sobre computadores en el control de producción, al proporcionar comunicación con los dispositivos de campo como por ejemplo: controladores autónomos y PLC (Programmable Logic Controller en sus siglas en inglés). Controlan el proceso de forma automática desde una computadora y envían la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores de mayor nivel (Cancino, 2011).

Estos sistemas mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control y proporcionan información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas. De igual forma, cuentan con información del proceso como por ejemplo: alarmas, históricos y

paradas, que permite la integración con otras herramientas como lo son las bases de datos, estadísticas del proceso y uso de intranets.

De forma general, los sistemas SCADA permiten al cliente conocer en todo momento el estado de una instalación, centralizando toda la información de los emplazamientos remotos en uno o varios puestos de control. Los equipos de control situados en las estaciones analizan los parámetros más importantes y recogen los valores aportados por los diferentes sensores. Cuando se identifica una situación especial o de alerta estos equipos realizan la actuación adecuada y advienen del mismo al puesto de control, desde donde se procesa la información y se genera de forma automática la señal de mando apropiada. De igual forma, desde el puesto central se puede obtener, en tiempo real, cualquier información relativa a las estaciones remotas.

Además de gestionar alarmas y de capturar datos, los sistemas SCADA permiten generar planes de mantenimiento y eficaces procedimientos de actuación para los operadores. Estos facilitan el trabajo del personal de mantenimiento permitiendo automatizar procesos hasta niveles insospechados por el propio cliente.

Para comunicar las estaciones remotas con los puestos de control se utilizan las redes de comunicación. Estas redes pueden ser privadas como por ejemplo:

- ✓ PMR (Private Mobile Radio)
- ✓ TETRA (Terrestrial Trunked Radio)
- ✓ LAN (Redes de Área Local)
- ✓ WAN (Redes de Área Amplia)
- ✓ GSM (Global System for Mobile Communications)
- ✓ GPRS (Global Packet Radio System)

Los sistemas pueden basar sus comunicaciones en una única red o permitir una comunicación redundante que garantice la comunicación en caso de problemas en alguna de las redes (Castellanos, 2008).

1.1.1 Módulos de hardware y software de los Sistemas SCADA

Un sistema SCADA, como aplicación de software industrial específica, necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema, para poder tratar y gestionar la información captada (Sotolongo, 2013).

Módulos hardware de los SCADA

En la figura 1.1 se muestra la estructura a nivel de hardware de un sistema SCADA (Cancino, 2011).

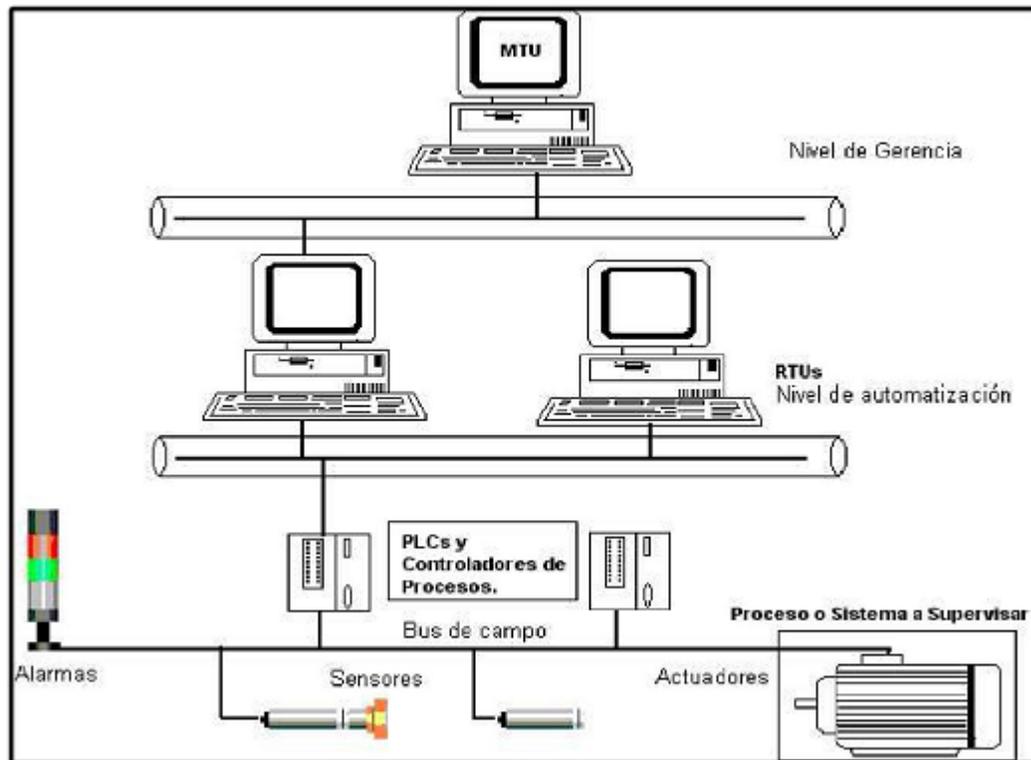


Figura 1.1 Estructura básica de un sistema SCADA a nivel de Hardware

Los componentes de hardware que presenta un sistema de SCADA son los siguientes:

- ✓ Interfaz Operador Máquina (HMI o Human Machine Interface): Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.
- ✓ Unidad Central (MTU o Master Terminal Unit): Conocido como Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel como por ejemplo C y Visual Basic. También se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- ✓ Unidad Remota (RTU o Remote Terminal Unit): Lo constituye todo elemento que envía algún tipo de información a la unidad central. Es parte del proceso productivo y necesariamente se encuentra ubicada en la planta.

- ✓ Sistema de Comunicaciones: Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación.
- ✓ Transductores: Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no existan errores de valores en los datos.

Módulos software de los SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes (Contreras, 2011):

- ✓ Configuración: Permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, el cual es adaptado a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- ✓ Interfaz Gráfica del Operador: Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos (HMI).
- ✓ Módulo de Proceso: Ejecuta las acciones de mando pre - programadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje como C y Visual Basic.
- ✓ Gestión de Archivo de Datos: Se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- ✓ Comunicación: Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

1.1.2 Arquitectura de los Sistemas SCADA

Los sistemas SCADA se han desarrollado paralelamente al crecimiento y a la sofisticación de la tecnología de la computación moderna. En el presente epígrafe se dará una breve descripción de las tres generaciones de los sistemas de SCADA (Pascual, 2009):

- Primera Generación: Monolítico.
- Segunda Generación: Distribuido.

- Tercera Generación: en Red (Networked)

Sistemas SCADA Monolíticos

Cuando los primeros sistemas de SCADA fueron desarrollados, el concepto de computar en general era centrado en sistemas “mainframe”, (ordenador central). Las redes generalmente no existían, por lo que carecían de comunicación con otros sistemas. Como consecuencia los sistemas SCADA eran independientes.

La redundancia en estos sistemas de primera generación fue lograda por el uso de dos sistemas idénticamente equipados del ordenador principal, un primario y una reserva, conectados en el nivel de bus. La función del sistema de reserva era supervisar el primario y asumir el control en caso de una falla detectada. Este tipo de operación significaba que muy poco o nada del proceso era hecho en el sistema de reserva. La figura 1.2 muestra el esquema de configuración de la primera generación.

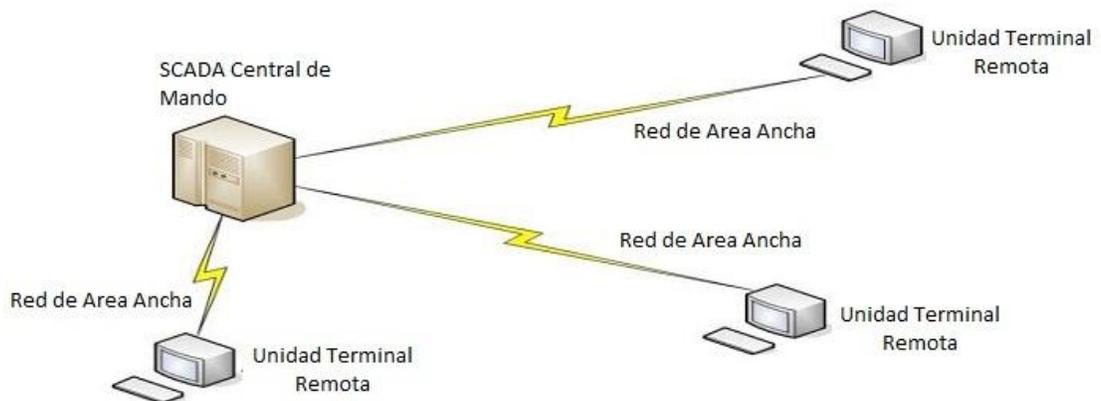


Figura 1.2: Arquitectura SCADA de Primera Generación

Sistemas SCADA Distribuidos

Esta generación de los sistemas de SCADA se aprovechó de los progresos y mejoras en la miniaturización del sistema y la tecnología local con establecimiento de una LAN para distribuir el proceso a través de sistemas múltiples. Las estaciones múltiples tenían una función específica cada una, y fueron conectadas con una red LAN que compartía la información unas con otras en tiempo real. Estas estaciones eran típicamente miniordenadores, más pequeños y menos costosos que los procesadores de primera generación.

Algunas de estas estaciones distribuidas se utilizaron como procesadores de comunicación, comunicándose sobre todo con los dispositivos de campo. Otros fueron utilizados como interfaces del operador, proporcionando la interfaz HMI, mientras otros como procesadores de cálculo o servidores de base de datos. La distribución de las funciones de los sistemas SCADA a través de sistemas múltiples proporcionó más energía al proceso y mejoró la redundancia y la confiabilidad del sistema de forma general. Las redes que conectaron estos sistemas individuales fueron basadas en protocolos LAN y no eran capaces de alcanzar más allá de los límites del ambiente local. En la figura 1.3 se muestra una configuración de la arquitectura.

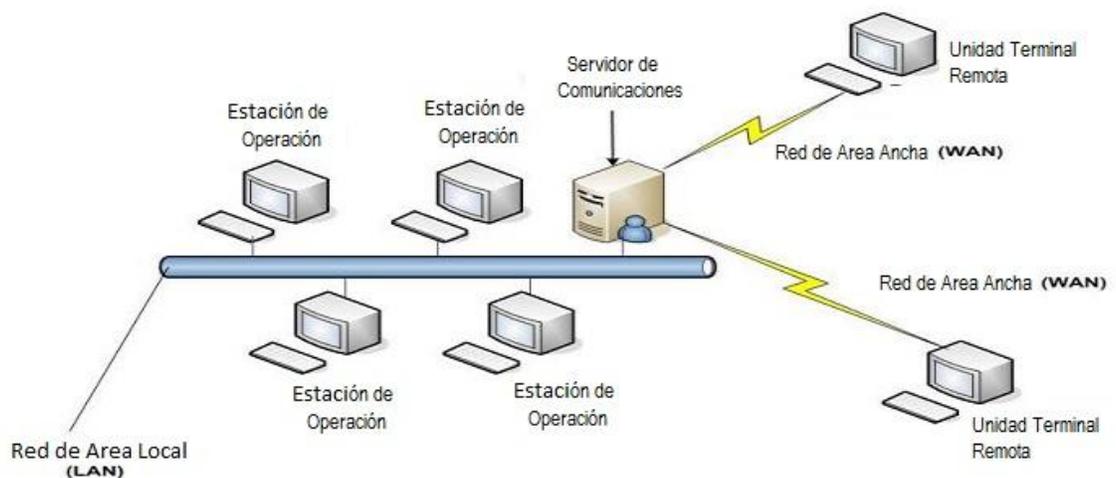


Figura 1.3: Arquitectura SCADA de Segunda Generación

Sistemas SCADA en Red (Networked)

La actual generación de la arquitectura SCADA, de la cual se muestra su configuración en la figura 1.4, está muy relacionada con la segunda generación, con la diferencia de que es una arquitectura de sistema abierto. La mejora principal en la tercera generación es la de abrir la arquitectura del sistema, de utilizar estándares y protocolos abiertos y de permitir distribuir funcionalidad de SCADA a través de una red WAN y no de una LAN.

El mayor adelanto en la tercera generación de SCADA viene dado en el uso de protocolos WAN tales como "Internet Protocol (IP)" para la comunicación entre la estación principal y el equipo de comunicación.

Otra ventaja causada por la distribución de la funcionalidad de SCADA sobre una red WAN es la de la supervivencia a cualquier desastre. La distribución del SCADA, procesada a través de una red LAN en sistemas de segunda generación mejoraba la

confiabilidad, pero en caso de una pérdida total de las facilidades del SCADA principal, el sistema entero se podría perder también. Una forma de construir un sistema de SCADA que pueda sobrevivir una pérdida total de cualquier terminal puede ser la distribución del proceso a través de localizaciones físicamente separadas.

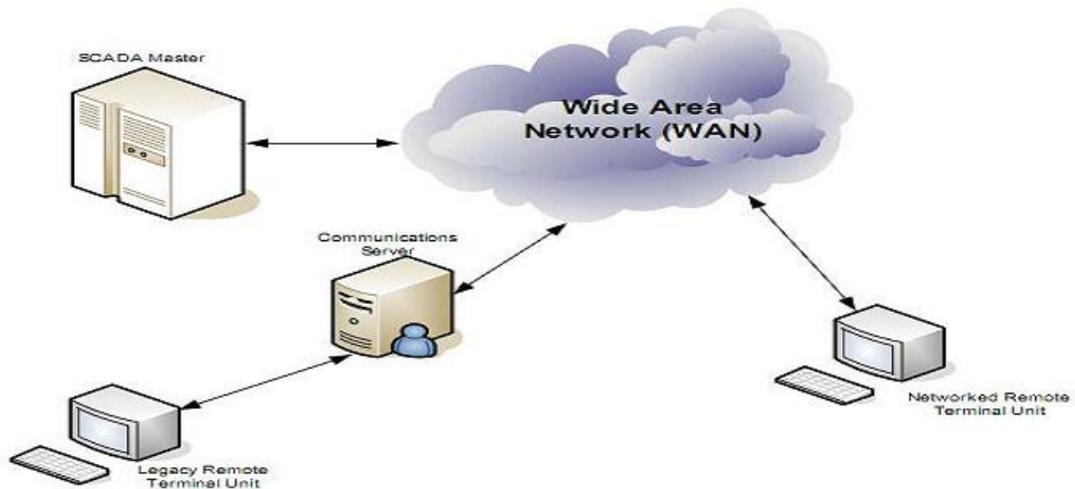


Figura 1.4: Arquitectura SCADA de Tercera Generación

1.1.4 Funciones Principales de los Sistemas SCADA

Dentro de las funciones básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes (Cancino, 2011):

- ✓ Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- ✓ Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores o prender motores, de manera automática y también manual. Es posible ajustar parámetros, valores de referencia o algoritmos de control.
- ✓ Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- ✓ Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dando la impresión

de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

- ✓ Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- ✓ Representación de señales de alarmas: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- ✓ Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- ✓ Programación de eventos: Es referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas.

1.2 Gestión de Alarmas

La gestión de alarmas según (Queirolo, 2011) es un proceso por el cual las alarmas son diseñadas, monitoreadas y gestionadas para asegurar operaciones más confiables y seguras. El primer error es asumir que esta se basa en reducir alarmas. El objetivo consiste en mejorar la calidad al actuar sobre la tasa de alarmas durante la operación normal, y durante situaciones anormales, así como su prioridad y los problemas relacionados con el mantenimiento y operación/control.

La motivación para hacer gestión de alarmas se fundamenta en mejorar el ambiente de trabajo del operador (su ergonomía), prevenir su sobrecarga, evitar paradas inesperadas, otorgarle mayor seguridad a la operación y afianzar de este modo la confiabilidad de la planta.

1.2.1 Gestión de Alarmas en industrias de procesos

El término de gestión de alarmas se refiere a la parte que procesa y presenta las alarmas (Queirolo, 2011). Asume un papel importante en la planificación de la seguridad en industrias de procesos como mecanismo utilizado para asegurar que sean correctamente diseñadas e implementadas en los sistemas de alarmas de los Sistemas de Control Distribuidos (DCS: Distributed Control System). En la medida que las plantas industriales se hacen más grandes y complejas se requiere un sistema de alarmas cada vez más sofisticado para informar a los operadores de los posibles fallos. Con cientos de

procesos diferentes ejecutándose simultáneamente, los operadores pueden verse obligados a responder en cualquier momento a varias alarmas, incluso en condiciones normales. Si la gestión no es eficiente, hasta el operador más diligente puede pasar por alto una alarma. Incluso es posible que se desactiven alarmas persistentes con consecuencias potencialmente catastróficas.

La gestión de alarmas es una práctica utilizada en la industria petrolífera y gasística y, en muchos casos, una obligación legal. Otros sectores siguen su ejemplo, entre ellos los de generación de energía eléctrica, de pulpa y de papel, y la industria química. En 1999, la asociación EEMUA (Engineering Equipment and Materials Users Association) de usuarios de materiales y equipo técnico publicó la guía EEMUA 191 (EEMUA, 1999) para el diseño, gestión y suministro de sistemas de alarma. Desde entonces, el documento es, de hecho, el estándar mundial para la gestión de alarmas. Entre sus ideas básicas, el documento fija que toda alarma ha de ser útil y pertinente para el operador y que, siendo realistas, la cantidad de alarmas operativas normales que puede manejar a largo plazo un operador, en condiciones no cambiantes, está en torno a un período mínimo de duración. También establece que todas las alarmas deben tener respuestas previamente definidas por parte del operador (Beuthel, 2007).

Las recomendaciones básicas (Tanner, 2005) para la gestión de alarmas son las siguientes:

- ✓ Medir índices de alarmas y otros indicadores básicos de funcionamiento de las mismas, y compararlos con las recomendaciones de EEMUA 191, o con valores de instalaciones de referencia.
- ✓ Identificar los casos más sencillos; a menudo se puede mejorar un sistema de alarmas con muy poco esfuerzo.
- ✓ Eliminar alarmas molestas. Esto podría incluir sintonizar bucles de control, sustituir sensores defectuosos y cambiar el estado de algunos indicadores de alarmas por el de eventos.
- ✓ Medir regularmente los indicadores de funcionamiento de las alarmas para garantizar que permanezcan en el área deseada fijada como objetivo.

Estos pasos se refieren a condiciones normales de operación. Una vez que están perfectamente bajo control, el paso siguiente es reducir el torrente de alarmas originadas cuando hay perturbaciones en los procesos.

Gestión de alarmas en un sistema integrado de seguridad:

La seguridad de una planta involucra la gestión integrada de aquellos factores que más importancia tienen a la hora de analizar las causas de los accidentes. En otras palabras, estos factores deben ser gestionados en forma conjunta, y no separada, porque si alguno de ellos fuera desatendido o disminuido, la seguridad se vería amenazada.

Los factores críticos del proceso de trabajo que deben ser gestionados conjuntamente son:

- ✓ Instalaciones en condiciones seguras
- ✓ Control de las variables del proceso.
- ✓ Comportamientos seguros.
- ✓ Procedimientos válidos.

El control de las variables del proceso es muy importante para su estabilidad, puesto que muchos accidentes han tenido su origen en una pérdida inicial de ella. La gestión de alarmas surge en este factor, en el que se pueden encontrar dos tipos de acciones según el destinatario: acciones focalizadas en el operador o acciones focalizadas en los sistemas. Dentro de las primeras, se cuentan los planes de capacitación sobre fundamentos de proceso, las condiciones de proceso, el conocimiento de las condiciones de diseño, las acciones durante emergencias y los simulacros de emergencias operativas. En el segundo caso, podemos tener:

- ✓ Gestión de alarmas:
 - Racionalización y priorización de las alarmas.
 - Aplicaciones de gestión dinámica.
- ✓ Sistemas de parada de emergencia (ESD):
 - Ejecutan una secuencia lógica independiente del criterio o de la condición personal del operador.
 - Plan anual de capacitación en sistemas de parada.

La gestión de alarmas aparece como una de las acciones implementadas para obtener un sistema que ayude al operador a prevenir daños ocasionados por los desvíos durante situaciones anormales. Cuando un sistema de alarmas produce más alarmas de las que el operador puede procesar, surge entonces una de las muchas causas de accidentes con los que nos podemos encontrar en la industria ya que el operador concentra su atención

en aquella parte del proceso que puede atender, mientras que los accidentes ocurren por las otras variables que no logra contener (Queirolo, 2011).

Sistema de gestión de alarma

Etapas del ciclo de vida de la Gestión de alarmas (ver Figura 1.5) según norma ANSI/ISA-18.2-2009, vigente desde el 23 de junio de 2009 (Escalona-Franco, 2011).

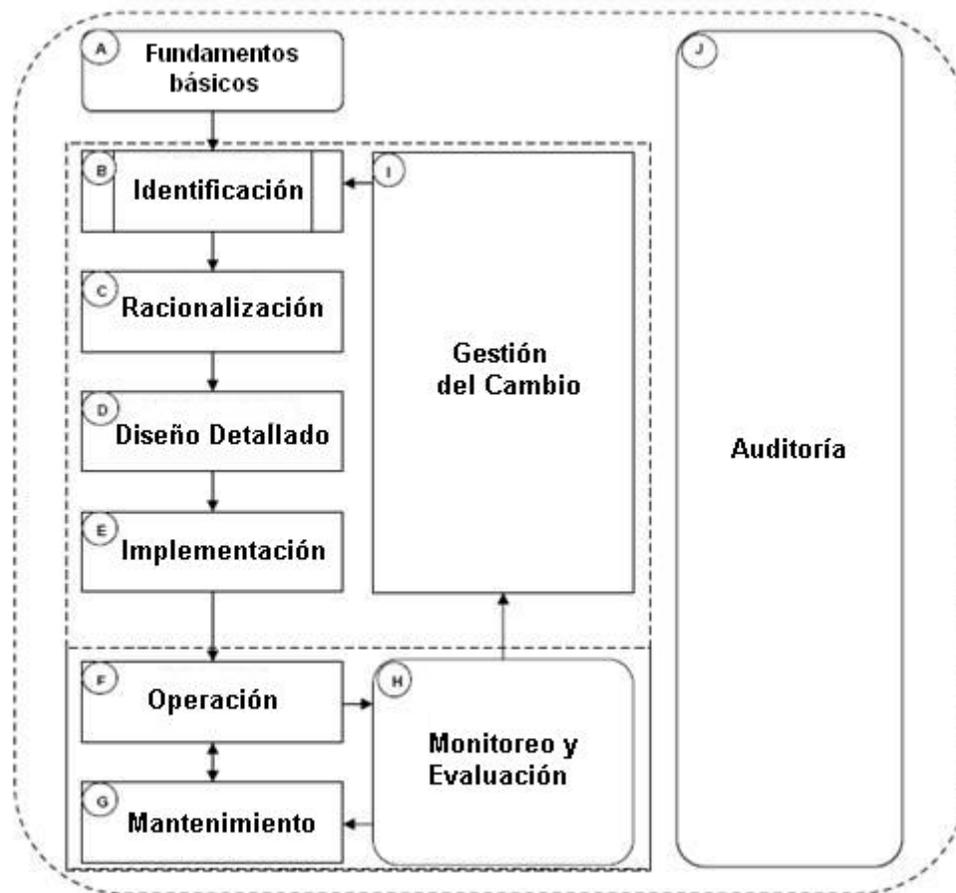


Figura 1.5: Ciclo de vida de la Gestión de alarmas

- A. Fundamentos básicos: Es la base del ciclo de vida de la alarma. Proporciona una guía para todas las otras etapas y garantiza que todos los procesos de cada etapa del ciclo estén planificados y documentados.
- B. Identificación: Incluye actividades tales como revisiones de procesos de riesgos, análisis de los sistemas de protección y regulaciones ambientales que identifican las posibles alarmas.

- C. Racionalización: Cada alarma potencial se prueba contra los criterios documentados en la filosofía de alarma, para justificar que cumple los requisitos. Las alarmas se analizan para definir sus atributos tales como límite, prioridad, clasificación y tipos. Los resultados de la racionalización se documentan en una Base de datos de alarmas.
- D. Diseño Detallado: El diseño de alarma incluye el diseño de la alarma base, que establece parámetros como la banda muerta de alarma o fuera de tiempo de retraso, el diseño avanzado de alarma, como el uso de estados de equipos o de procesos para suprimir automáticamente una alarma, y el diseño de interface hombre-máquina (HMI), que muestra la alarma al operador para que pueda efectivamente detectar, diagnosticar y responder a ella. Durante esta fase, la información contenida en la Base de datos como el límite de la alarma, la prioridad y las áreas se utiliza para configurar el sistema.
- E. Aplicación: Es la encargada de poner en funcionamiento las alarmas. Incluye las actividades de entrenamiento, pruebas y puesta en marcha.
- F. Operación: Las principales actividades en esta etapa incluyen el ejercicio de las herramientas que los operadores pueden utilizar para hacer frente a las alarmas.
- G. Mantenimiento: El proceso de poner una alarma en la transición 'fuera de servicio,' desde su etapa de operación a la etapa de mantenimiento. En esta etapa la alarma no realiza su función de indicar la necesidad de que el operador adopte medidas.
- H. Monitoreo y evaluación: El monitoreo y evaluación del sistema de alarma es una etapa independiente porque abarca los datos recogidos en las fases de operaciones y mantenimiento. La evaluación es la comparación del rendimiento del sistema de alarma con los objetivos de desempeño establecidos en la filosofía.
- I. Gestión del cambio: Incluye la actividad de autorización para todos los cambios en el sistema de alarma, incluye la adición, cambios y supresión de alarmas.
- J. Auditoría: Se centra principalmente en la revisión periódica de los procesos de trabajo y el rendimiento del sistema de alarma. Su objetivo es mantener la integridad del sistema de alarma en todo su ciclo de vida para identificar áreas de mejora.

1.2.2 Avalanchas de alarmas

La sobrecarga de información debida a la activación de un gran número de alarmas en un corto tiempo es un problema cada vez más común al que se enfrentan los operadores en la salas de control de plantas industriales. El problema radica en la concepción

convencional del sistema de alarmas, que define a cada alarma como una entidad separada e independiente de la situación global que atraviesa la planta. Consecuencia directa de lo anterior es la generación de múltiples alarmas durante una perturbación significativa en el proceso, en el cual la mayoría de ellas son redundantes e irrelevantes, lo cual implica una carga extra al operador, quien pierde tiempo en actuar seleccionando a las alarmas importantes del conjunto que se le presenta o lo conduce a una actuación errónea.

La redundancia de información presente en las alarmas consecuentes, la irrelevancia de una alarma con el modo de operación o con el estado de un subsistema de la planta, la selección inadecuada de límites de activación y la visualización de las mismas sin una estructura adecuada, forman una apreciable sobrecarga de trabajo al operador, quien debe realizar una secuencia de razonamientos para decidir a qué alarma prestarle atención.

Entre las diferentes soluciones presentadas al problema de la avalancha de alarmas, se notan dos maneras diferentes: algunas la enfrentan de raíz, en la etapa de generación, sin permitir la activación de alarmas no significativas; otras introducen un filtro a las alarmas generadas de manera convencional y así discriminar a las irrelevantes y consecuentes antes de presentarlas al operador (Otazo, 2008).

1.2.3 Diagnóstico de fallos

La detección temprana y el diagnóstico de fallos permiten asistir al personal de operaciones en una planta industrial, para tomar las mejores acciones durante el estado real del proceso y evitar que los fallos incipientes escalen a situaciones críticas donde existe el riesgo de pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y pérdidas económicas.

Para la detección y el diagnóstico de fallos se describe la integración de tres técnicas (Salvador, 2012):

- ✓ El conocimiento experto del proceso en los fallos del mismo, formulado en términos de reglas, donde en los antecedentes tendremos los síntomas a validar y en los consecuentes las hipótesis de fallo.
- ✓ Un modelo tipo respuesta escalón que permita detectar perturbaciones en el proceso, para asociar las mismas a fallos de la planta.

- ✓ Una secuencia de alarmas de la planta, que si es identificada previamente y asociada a cada fallo en particular, permitirá detectar y diagnosticar los fallos de la planta.

1.3 Sistemas de Alarmas

El concepto de alarma evoluciona para conformar un sistema de alarmas que inicia con la señal generada por los elementos primarios de control como por ejemplo transmisores y termopares. Continúa con las interfaces de entradas/salidas para acondicionar las señales de los transmisores a los sistemas digitales, éstas se comunican con los sistemas instrumentados de seguridad, el sistema de control básico de proceso, el panel de alarmas, la interfaz con el operador (pantallas de computadora), archivos de alarmas y el módulo de aplicaciones avanzadas de alarmas. El archivo de alarmas se comunica con el histórico de alarmas y otros sistemas externos, cerrándose el circuito con la salida hacia el elemento final de control. Dentro del sistema de alarmas se incluyen las comunicaciones entre los diversos dispositivos y los diagnósticos que se llevan a cabo.

Los sistemas de alarmas de las plantas de proceso o generación eléctrica tienen la función de avisar al operador que ocurre una situación anómala en el área de proceso o en los sistemas de instrumentación y control de la planta, por lo que el operador debe tomar una acción efectiva para regresar el proceso a su estado normal de operación. Asimismo, el operador debe mantener la atención sobre el área de proceso que se encuentra fuera de las condiciones normales de operación, hasta cerciorarse de que éste ha entrado a la zona normal de operación (Jiménez, 2010).

Los sistemas de alarmas pueden clasificarse según (Donado, 2011) en tres generaciones las cuales dependen de la complejidad que involucran:

- ✓ La primera generación se limitaba a la implementación de un dispositivo capaz de dar aviso de cualquier violación y un medio que lo controlara.
- ✓ La segunda generación consistía en un medio capaz de controlar los eventos y que además podía tomar decisiones de acuerdo a la situación. Esto permitió que el usuario dejara de realizar eventos manuales y que además disminuyeran el número de falsas alarmas, pues los dispositivos eran capaces de interpretar una situación y definir si en realidad era una situación de alarma o simplemente una situación poco usual.

- ✓ En la tercera generación, ya se implementaron medios de monitorear todos los eventos que se realicen en un lugar sin que el cliente tenga que estar en la misma ubicación. Esto da flexibilidad al usuario para que al mismo tiempo que realiza otras actividades este puede conocer el estado en el que se encuentra el local.

1.3.1 Arquitectura del Sistema de Alarmas

A partir de las señales del proceso y/o de alarmas generadas por un sistema externo, hasta el operador, el sistema de alarmas involucra tres etapas: Generación, Filtro y Presentación de Alarmas, tal como se indica en la figura 1.6 (Otazo, 2008).

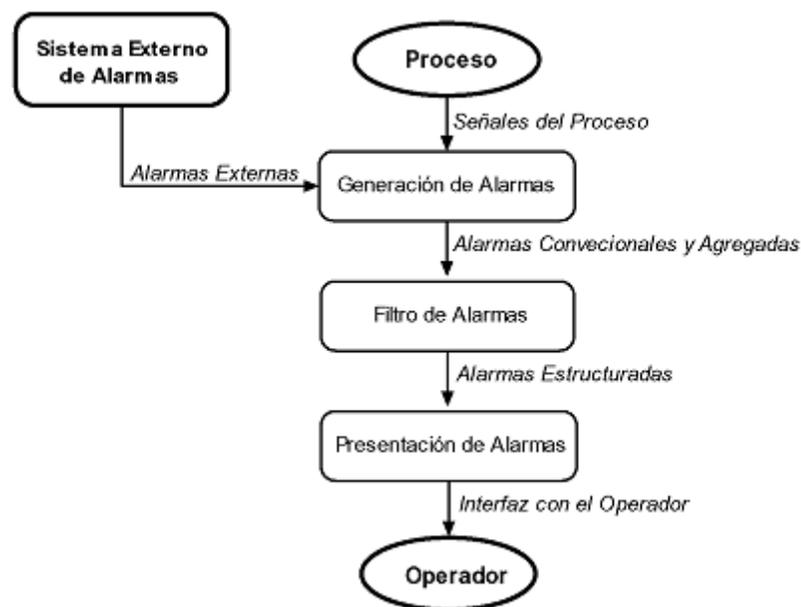


Figura 1.6: Estructura del Sistema de Alarmas

La Generación de Alarmas activa las alarmas cuyas condiciones de activación se hayan cumplido, o bien las recibe desde un sistema externo. El Filtro de Alarmas toma esta información de bajo nivel y la transforma en la información de alto nivel a ser entregada en la Presentación de Alarmas al operador.

1.3.2 Tipos de Alarmas

La generación de alarmas se produce a partir de señales del proceso o pueden ser recibidas desde un sistema externo. Las alarmas generadas se basan en enfoques tradicionales, tales como (Otazo, 2008):

- ✓ Alarmas absolutas (Variables de estado analógicas): chequeo de límites de comportamiento normal.
- ✓ Alarmas de tasa de cambio (Derivada temporal de una variable de estado): cambio en el tiempo de una variable de estado no aceptable.
- ✓ Alarmas de estado de componente: estado anormal de un componente.
- ✓ Alarmas de desviación: la diferencia entre dos señales analógicas se encuentra por encima de cierta tolerancia permitida (monitoreo de un lazo de control, entre la variable de referencia y la controlada).
- ✓ Alarma de discrepancia: surge de la comparación entre un estado esperado en un componente y su estado real, si son diferentes se activa la alarma (monitoreo de un actuador)

1.3.3 Prioridad de alarmas

La prioridad de una alarma determina el orden con el que el operador deberá responder a dicha alarma, es decir, determina la importancia relativa de las alarmas. Frecuentemente se pueden encontrar sistemas donde todas las alarmas tienen la misma prioridad, o un gran porcentaje son de una prioridad y unas pocas de otra prioridad. Es importante que las alarmas sean priorizadas correctamente porque en un escenario en el que el operador reciba una secuencia de alarmas en un período corto, la prioridad es el único factor que tiene para determinar a cuál responderá con mayor urgencia.

La prioridad de la alarma es una condición específica del proceso que lleva gran atención por parte del operador. Es recomendable según (Queirolo, 2011) utilizar pocos niveles de prioridad, por ejemplo 3, tales como: Alta, Media y Baja. Estos niveles se pueden clasificar por clases:

- ✓ Clase A: Provocan que el sistema deje de funcionar completamente. Requieren de acción inmediata del operario para evitar pérdidas y que el sistema colapse. Se les asigna alta prioridad en el sistema.
- ✓ Clase B: Provocan mal funcionamiento pero no colapsan el sistema. La acción del operario deberá corregir una situación anómala. Se les asigna una prioridad media en el sistema.
- ✓ Clase C: Solo provocan advertencias. Se necesita una acción del operario para evitar una situación anormal. Se les asigna una baja prioridad en el sistema.

La severidad de las consecuencias se puede obtener a partir de una matriz que

contemple el impacto en la seguridad de las personas, las instalaciones o pérdida de producción y el medio ambiente para luego tomar la severidad mayor como la resultante. Con estos dos factores se utiliza la matriz de determinación de prioridades para encontrar la prioridad de la alarma analizada. De acuerdo a las recomendaciones de las mejores prácticas, la matriz (ver Tabla 1.1) puede utilizarse para determinar la prioridad de una alarma (Queirolo, 2011):

Tabla 1.1. Matriz de prioridad de alarma

Tiempo Disponible	Severidad de las Consecuencias			
	Ninguna	Menor	Mayor	Severa
>30 Min	Sin Alarma	Sin Alarma	Sin Alarma	Sin Alarma
10 - 30 Min	Sin Alarma	Baja	Baja	Alta
3 - 10 Min	Sin Alarma	Baja	Alta	Alta
<3 Min	Sin Alarma	Alta	Emergencia	Emergencia

Fuente: PAS

1.3.4 Notificación de alarmas

Los SCADA proporcionan un sistema de notificación para informar al operador de las condiciones del proceso y del sistema. Este sistema permite la visualización, registro e impresión de alarmas de proceso y eventos del sistema. Por lo que una de sus tareas principales, una vez establecidos los parámetros normales de funcionamiento para las variables de proceso o puntos de control, es notificar a los usuarios del sistema acerca de desviaciones en los parámetros del proceso. Estas notificaciones, al igual que los reconocimientos, son realizados por indicaciones en las pantallas de los operadores, pero también se dejan asentados en archivos de auditoría de actividades.

Los usuarios interactúan con el sistema para notificarse y reconocer las alarmas mediante gráficos animados que muestran la condición detectada de manera que sea simple y claro para el operador en qué punto de control se produce el desvío y cuál es su factor de incidencia en el proceso completo (Miños, 2005).

1.3.5 Comprobación de límites del proceso (alarmas del proceso)

El objetivo fundamental del chequeo de límites del proceso es detectar condiciones anormales del funcionamiento del proceso. Esto se realiza para prever posibles pérdidas económicas, daños en equipos, afectación de la calidad o daños personales (Horta, 2013).

Acciones típicas a tomar en caso de violación de los límites:

- ✓ Aviso al operador con señal lumínica y/o sonora.
- ✓ Visualizar en el “display”. Se puede indicar el estado del proceso con diferentes colores.
- ✓ Reportar incidencia, hora de ocurrencia y evento que ocurrió.
- ✓ Activar algoritmos o tareas para la atención de determinadas alarmas.

A continuación en los ítems siguientes se explican los procedimientos para la detección de condiciones anormales.

- ✓ Por límites:

Se compara la variable medida con determinados límites, si se excede la variable cae en estado de alarma.

- Dos límites, uno superior LSP y otro inferior LIP, estos se establecen para el rango de condiciones normales. Las alarmas se chequean estando operando el proceso normalmente.
- Múltiples límites. Estos pueden ser especificados por el usuario en la base de datos de manera tal que cualquier límite puede ser por alto o por bajo. En caso de dos límites estos pudieran ser: dos altos, uno alto y uno bajo o dos bajos. Con ello se puede lograr dar dos avisos de alto para una variable que no interese el límite bajo, esto es muy usual cuando se mide temperatura. Se pueden establecer otras variantes de límites que pueden o no configurarse. Es muy común que se establezcan los siguientes casos:
 - a) Muy alto
 - b) Alto
 - c) Bajo
 - d) Muy bajo.
- Por límite y n lecturas consecutivas. En este caso se realiza la alarma cuando ocurren n veces consecutivas. Con ello se evita dar alarma por posibles ruidos o repetir avisos cuando la variable esté alrededor del límite.
- ✓ Límites y zonas muertas o histéresis:

Se utiliza para establecer una gama donde no se realiza aviso, con ello se puede evitar que cuando una variable esté alrededor de un límite se de alarma y se quite constantemente.

La histéresis es común darla como un índice o porcentaje del rango del instrumento. Un ejemplo puede ser cuando se pase del LSP y se avisa en rango (normal) cuando esté por debajo de LSP.

✓ Por tendencia:

- Si la velocidad de cambio es superior a un valor dado dar alarma, aunque no se haya pasado de los límites, esto nos podría indicar una variación anormal o que la tendencia es pasarse de los límites en los próximos períodos de muestreo.

✓ Alarma Compleja:

- Relación que existe entre varias variables, o sea, es la afectación presente en una variable causada por la acción o cambio de estado de otras.

1.3.6 Filtraje de alarmas

La misión del filtro consiste en proporcionar información de alto nivel, significativa a la situación actual de la planta a partir de la información inicial recibida de la etapa de generación. Existe una gran tendencia a utilizar técnicas de Inteligencia Artificial para el diseño del filtro, que emulen la capacidad humana de percepción y razonamiento. La experiencia de operadores expertos ayudaría a formar una base de conocimiento adecuada para el buen desempeño del mismo.

Entre las técnicas propuestas para el desarrollo del filtro se encuentran (Otazo, 2008):

- ✓ Análisis de irrelevancia: búsqueda de alarmas irrelevantes al actual modo de operación o al estado del componente o subsistema involucrado con la alarma.
- ✓ Análisis de redundancia: pretende encontrar la información redundante en el grupo de alarmas presentes, como lo son las alarmas generadas por pura consecuencia de la activación de la causal. Los enfoques propuestos para la identificación de las alarmas causales consisten en:
 - Análisis causa-efecto: al utilizar las relaciones físicas entre los parámetros de las alarmas o el conocimiento y experiencia de operadores de la planta, se pueden construir relaciones de causalidad entre las alarmas, de tal forma que al darse la

múltiple activación de ellas se puedan distinguir a las causales de sus consecuencias.

- Reconocimiento de patrones de alarma: identificación de la alarma causal al presentarse un patrón de alarmas específico.
 - Límites dinámicos de supresión: al utilizar curvas límites en vez de un valor estático en la generación durante la ocurrencia de un cambio de modo de la planta o de estado de un componente, se evita la generación de alarmas irrelevantes.
- ✓ Análisis de importancia estática: propiedad inherente a algunas alarmas por el contenido de información que portan, generalmente aquellas relacionadas a seguridad y disponibilidad de la planta.
- ✓ Generación de alarmas: a partir de las alarmas activadas, se calculan nuevas alarmas que ofrezcan al operador información de mayor nivel para la comprensión de la situación actual, entre ellas se encuentran:
- Las alarmas de grupo o colectivas, indicando la presencia de un problema en un subsistema de la planta.
 - Alarmas inesperadas (que no debieron suceder) y alarmas perdidas (que debieron suceder).
 - El monitoreo de funciones críticas de seguridad; en vez de observar variables independientes, se definen funciones de acuerdo a parámetros críticos de la planta y se verifica que dichas funciones se mantengan dentro de los límites normales. Con ello se logra monitorear el estado global de seguridad de la planta con una sola función.
 - Predicción de alarmas, para dos fines: supresión de otras alarmas donde las predicciones confirmen una situación que no es alarma, así como para mostrar al operador las alarmas predecidas.

1.4 Aplicaciones de Sistemas de Alarmas en SCADA

1.4.1 Aplicaciones en la industria nacional

En nuestro país los sistemas SCADA se utilizan cada vez con mayor frecuencia, lo cual es de gran importancia para el desarrollo económico.

Un ejemplo de aplicación es el estudio realizado sobre el control y automatización de ambientes empleando la domótica y sistemas SCADA'S titulado "Filosofía, Identificación y Racionalización de Alarmas en SCADA aplicado a la Domótica de un hotel" (Escalona-Franco, 2011). El mismo tiene como propósito el empleo de la domótica, apoyado en el uso de SCADA para la racionalización de alarmas en un hotel en Cuba, ya que esta es una disciplina que se pone en práctica cada día más en las sociedades actuales para mejorar los servicios, de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación en las instalaciones hoteleras. El uso de los Sistemas de control de supervisión y adquisición de datos, SCADA, es uno de los pilares fundamentales para la aplicación de las técnicas modernas de automatización en el área de los edificios inteligentes. En los resultados obtenidos, mediante el uso de los métodos y normas estándares internacionales planteados en la literatura, se puede definir claramente las alarmas necesarias para el sistema con todos sus atributos. De este trabajo se tomaron en cuenta los criterios de selección a la hora de darle la prioridad correspondiente a las alarmas (Escalona-Franco, 2011).

En Cuba empresas como COPEXTEL y CEDAI marchan a la vanguardia en la implementación y puesta en marcha sistemas SCADA, una de las ramas donde dicha empresa tiene una valiosa experiencia es precisamente en la domótica, ya que han acometido varios trabajos vinculados al turismo en hoteles del Cayo Santa María y Varadero.

Uno de ellos es el instalado en el hotel Royal Hideaway Ensenachos que incluye un supervisor de energía, que permite chequear el consumo eléctrico en áreas importantes de la instalación. Además dicho sistema permite monitorear y controlar lo relacionado con clima, alumbrado, cisternas, fosos residuales y bombas, brindando un sistema de alarmas y creación de reportes muy bueno para el análisis de incidencias. Este sistema se hace casi imprescindible en esta instalación ya que la misma comprende un área de varios kilómetros cuadrados y la explotación manual de los elementos con que cuenta, constituye una tarea excesivamente trabajosa (Contreras, 2011).

1.4.2 Aplicaciones en el ámbito internacional

En el mundo industrializado actual existen muchas aplicaciones SCADA en diferentes ramas de la industria como: estaciones espaciales, termoeléctricas, plantas potabilizadoras de agua, en la agroindustria, en la Investigación, en el transporte, en las

fábricas licoreras, en la industria de extracción de gas y petróleo (Sotolongo, 2013), las cuales no serían totalmente seguras y efectivas sin un adecuado sistema de alarmas.

Un ejemplo es el estudio sobre la automatización de un laboratorio de Nivel de Seguridad Biológica 3 Agrícola, empleando un sistema SCADA, titulado “Implementación de un Sistema SCADA para la Automatización de un laboratorio de Biotecnología de Nivel de Seguridad Biológica 3” (García, 2008). Fue llevado a cabo en Colombia, para la automatización de un laboratorio que trabaja con microorganismos tales como virus, bacterias, hongos, parásitos, rickettsias, clamydias, dicho investigación consistió en implementar herramientas tecnológicas adicionales a la barrera física de la edificación, con el fin de confinar estos agentes en una especie de burbuja, que los aíse del medio exterior. Se implementaron algunos equipos destinados a permitir el paso controlado de materiales, insumos y personas. Los sistemas integrados al SCADA general del laboratorio son, sistema de ventilación y control de presiones, sistema de ingreso y egreso de personal, sistema de monitoreo y alarma, sistema electrógeno, sistema de descontaminación y manejo de residuos, entre otros. El aporte estuvo en la obtención de un conocimiento más amplio de las aplicaciones de los sistemas SCADA'S, pero sin perder nunca el objetivo principal que fue la racionalización de los sumarios de alarmas.

Otra aplicación es la elaboración de un proyecto de investigación, el cual se centró en el desarrollo de un sistema Automatizado de Alarmas para un horno de recocido de envases de vidrio posterior al proceso de decorado de los mismos, esta investigación lleva por título “Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Alarmas para Archa B de decoración en la empresa Owens Illinois de Venezuela” (Useche, 2007), el cual tuvo por objetivo calentar de manera gradual los envases para fijar la pintura en estos y dar el brillo necesario a las botellas para lograr un buen acabado. El sistema anteriormente mencionado, permitió la conexión de controladores modulares Micrologix 1500 y otros procesos mediante redes de punto a punto DF1, así como alarmas sonoras y visuales. Además facilitó a los instrumentistas del área de decoración detectar las fallas eléctricas de manera rápida y precisa, por otra parte tener un historial de ocurrencia de fallas, lo cual, previo procesamiento de esta información, permite mejorar de forma continua el control de temperatura en el proceso. Dicha investigación sirvió de apoyo en su descripción sobre la gestión de alarmas, de la cual se tomaron algunas definiciones, debido a la compatibilidad en parte de la investigación.

1.5 Consideraciones finales del capítulo

Los sistemas de SCADA constituyen grandes herramientas en la automatización industrial debido a las prestaciones que presenta como un software de supervisión y control a distancia. Estos sistemas mejoran la eficacia del proceso y proporcionan información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

La gestión de alarmas tiene como propósito lograr una operación más segura reduciendo el riesgo a las personas y a las instalaciones, esto parte de una correcta concepción de un sistema de alarmas que pueda minimizar las paradas de planta o interrupción de la producción. La implementación de la misma contempla distintos pasos, los cuales incluyen desde fundamentos básicos de alarmas hasta la definición de indicadores que evalúen el funcionamiento del sistema bajo tratamiento.

La necesidad de crear sistemas de alarmas brinda estabilidad encaminada a evitar situaciones de riesgos como las avalanchas de alarmas, las cuales privan al operador de una buena atención al proceso, al punto tal de provocar daños y pérdidas materiales significativas. Resulta de gran importancia el conocimiento de los principales parámetros que caracterizan estos sistemas los cuales garantizan su aplicabilidad y funcionalidad como por ejemplo la notificación, el filtraje y la visualización de las alarmas, que contribuyen a tomar una acción efectiva por el operador en aras de regresar el proceso al estado normal de operación.

Capítulo 2: Sistemas de Alarmas en Movicon

En este capítulo se abordan las características principales del software Movicon X como herramienta principal para el desarrollo de sistemas SCADA, se expone una breve panorámica de su creación, ventajas y desventajas del software y se realiza una somera descripción de la filosofía de su funcionamiento, así como las posibilidades y potencialidades que ofrece como una potente plataforma de SCADA para la implementación de sistemas de alarmas. Se desarrolla una metodología que abarca la configuración de alarmas simples y complejas con el fin de servir de guía y ayuda a técnicos y profesionales en el desarrollo de sistemas de alarmas.

2.1 Caracterización del software Movicon

En los procesos de automatización industrial existe un gran número de aplicaciones diseñadas para la supervisión y control de procesos entre los que se pueden nombrar LabView, de National Instrument; WinnCC de la Siemens y SYSMAC SCS de OMRON (Pascual, 2009).

Movicon X, propiedad de la compañía italiana Progea, es otra de las aplicaciones mencionadas que se dedica a la producción de software para la automatización. Movicon (Monitoreo, Visión y Control), fue diseñado originalmente para la utilización de las empresas dedicadas a la automatización y control de procesos y edificios inteligentes. Después de varios años de utilización y constantes mejoras, es hoy una aplicación con un gran prestigio internacional y amplio uso, en gran medida porque ha sido capaz de mantener los conceptos de simplicidad, potencia y sistema abierto. En nuestro país lo comercializa la empresa COPEXTEL (Corzo, 2010).

Movicon ha desarrollado el concepto de la supervisión industrial, al introducir tecnologías extremadamente innovadoras y modernas para sistemas de automatización. Además de las herramientas para la rápida creación de aplicaciones de control y visualización también introduce las últimas tecnologías que permiten integrar fácilmente la aplicación con el resto del mundo. Permite crear potentes y compactos sistemas de visualización de interfaz hombre-máquina. Convierte el panel de operador en una pequeña estación SCADA ofreciendo independencia del hardware, conectividad con los sistemas superiores de información, incrementando la potencia de la máquina (Pascual, 2009).

Mediante los Drivers de Movicon es posible comunicarse con el proceso con el cual deberá interactuar. Los dispositivos de gestión de proceso como PLC, termorreguladores, I/O Boards y PC, podrán ser conectados de esta manera al sistema en el cual Movicon está instalado a través de líneas seriales, módems, redes de comunicación, entre otros (Corzo, 2010).

Un proyecto Movicon ejerce como función la supervisión de los procesos productivos mediante páginas de video animadas denominadas ventanas sinópticas, o debe permitir la programación de comandos o set-points en el proceso a través de páginas de video denominadas ventanas de diálogo, junto a innumerables funciones para lograr una gestión de proceso completa y funcional en modo simple y seguro (Progea, 2012).

Movicon presenta como principales características (Coca, 2007):

- ✓ Sistema SCADA / HMI multiplataforma (como Win32, Terminals, WinCE, Mobile Phones).
- ✓ Es un sistema cliente servidor de 32 bits.
- ✓ Contiene una amplia biblioteca de símbolos, objetos y gráficos.
- ✓ Programación en Basic Script que es 100 % compatible con VBA (Visual Basic for Application) y multihilo.
- ✓ Contiene editores de menú y cajas de diálogos.
- ✓ Administrador de Alarmas.
- ✓ Soporte de tecnología ActiveX.
- ✓ Red de Cliente/Servidor de TCP/IP.
- ✓ Un depurador (debugger) integrado.
- ✓ Administración de estadísticas de evento.
- ✓ Posibilidad de usar lenguaje de PLC en las lógicas que dispone.

Movicon es una de las primeras aplicaciones que incursiona en el uso de OPC (OLE for Process Control) integrado. Para realizar la comunicación utiliza los estándares siguientes (Coca, 2007):

- ✓ Cliente y Servidor OPC
- ✓ OPC DA (Data Access)

✓ OPC AE (Alarmas & Eventos)

Los datos de un proyecto realizado en Movicon son llevados a una base de datos de variables Base de Dato de Tiempo Real (RTDB del inglés Real Time Data Base). La base de datos de variables puede ser importada o exportada a través de ODBC (Open Data Base Connectivity), colecciona todos los datos de los drivers y los distribuye a los recursos del proyecto. La base de datos de variables puede activar de forma directa a los controles o alarmas. Esta base de datos permite la conexión a través del TCP/IP a estaciones remotas y se conecta dinámicamente a bases de datos externos a través de ODBC, o son disponibles a otras aplicaciones gracias a la funcionalidad del servidor OPC integrado (Morales, 2007).

La tecnología Movicon no se degrada en funcionamiento cuando se aumenta el número de variables porque ellos son mapeados directamente sin que se acceda a la base de datos durante el tiempo de ejecución. Así es como se pueden implementar proyectos con una gran cantidad de datos sin que afecte la eficiencia y funcionamiento del programa. En Movicon, existe la posibilidad de que las variables puedan mantener su estado, en el caso de que la PC donde se está ejecutando el SCADA haya sido desconectada. Las variables pueden ser de diferentes tipos tales como *bit*, *bytes*, *word*, *double*, *float* y *array* (Coca, 2007).

Cuenta con una biblioteca de símbolos y objetos capaces de crear casi cualquier ambiente gráfico, además posibilita insertar imágenes creadas con otros editores de imágenes como "*Paint*" o "*Photoshop*". Los objetos y símbolos cuentan con una ventana de propiedades mediante la cual se programan las acciones que llevarán a cabo los mismos, además el software ofrece una interfaz a Basic Script VBA, la cual brinda al programador eventos, métodos, propiedades y la libertad de desarrollar sus propias ideas.

Movicon es capaz de soportar dos tipos de elementos: símbolos y objetos. Los símbolos se encuentran organizados por clases que son expandibles. Los objetos son elementos vectoriales que tienen una función específica y pueden ser configurados con funciones de estilo y control. También tiene un componente que implementa la interfaz gráfica para el diálogo con el operador del sistema. Este componente, que es una caja de diálogo, se usa para poder manipular los puntos de ajuste, ajustar los datos, selecciones y opciones.

El editor de alarmas permite al usuario identificar las anomalías y extraer algunas sugerencias. El *Historical Log* registra las alarmas y eventos del sistema, así como los tiempos que estuvieron activados y los usuarios que activaron o reiniciaron las mismas. El

Data Logger permite que: datos de producción, variables de procesos continuos y valores que serán analizados, sean documentados y registrados por tiempo, evento o cambio de estado, dentro de la base de datos ODBC. Además permite al usuario ver el comportamiento gráfico de los datos (Trends) y los reportes del proceso que son de gran importancia para el análisis de la productividad de la planta (Ambrose, 2004).

Movicon ofrece características importantes que favorecen el desarrollo de los sistemas de automatización entre las que se destacan (Morales, 2007):

- ✓ Sistema Abierto: Se puede integrar el mismo proyecto en diferentes terminales de hardware. El mismo software puede permanecer a pesar de que el panel de operador cambie, permitiendo escoger el producto que mejor se adapte a sus necesidades.
- ✓ Flexibilidad: Tiene la capacidad de integrar la información de la máquina con la planta o con un sistema a un nivel superior en la fábrica.
- ✓ Potente: Aumenta la calidad gráfica de la Interfaz de Operador (HMI), ya que puede considerarse un pequeño SCADA con el potencial integrado de una plataforma del mismo tipo de alto nivel.
- ✓ Reducción de costos: Hace posible utilizar un solo software de supervisión tanto para PC como para paneles táctiles, con considerables ahorros en términos de aprendizaje, formación del personal y de mantenimiento. Por su estructura abierta, también se pueden recortar gastos en los equipos, escogiendo aquellos que mejor encajen en las necesidades de la empresa.

2.2 Posibilidades del Movicon para implementar sistemas de alarmas

Las posibilidades de aplicación del software Movicon adaptada a los sistemas de alarmas ofrece a los operadores una riqueza de información que posibilita conocer inmediatamente la situación de la planta y en consecuencia saber cómo reaccionar para reducir al mínimo la pausa en la producción y mejorar la eficiencia.

Las alarmas se crean por defecto según las normas ISA S-18, pero son completamente personalizables, siendo administradas a objetos y plantillas con numerosas propiedades de adaptación a cada necesidad. Los umbrales de alarma, fijos o variables, determinan la activación de la alarma de acuerdo a los cuatro estados operativos tales como: ON (encendido); OFF (apagado); ACK (reconocido) y RST (reiniciado), y la consiguiente

representación en los objetos de visualización de las alarmas activas. Estas son administradas en ventanas, con la posibilidad de numerosos filtros como por hora, área, prioridad y período y con la posibilidad de combinarlos dinámicamente con ayudas y guías en archivos externos (chm, html, pdf) (Progea, 2012).

2.2.1 Configuración de alarmas con Movicon

Antes de crear las alarmas el usuario debe definir el entorno de trabajo del SCADA, el cual no es más que el área de trabajo donde se muestran las ventanas tales como la de Explorador de Proyecto, ventana de propiedades, de objetos y la biblioteca de símbolos; todas ellas desplegadas desde el comando del menú “Visualizar” y todas sirven para configurar la interfaz de programación en el modo deseado, ver Anexo I (Montenegro, 2009).

Estas alarmas son definidas con gran facilidad debido a la posibilidad que brinda el software a través del ítem “Alarm List” donde al ejecutar en la opción *Add a new Alarm* obtenemos una nueva alarma, en la misma se puede crear tantas alarmas como se necesite, ver figura 2.1.

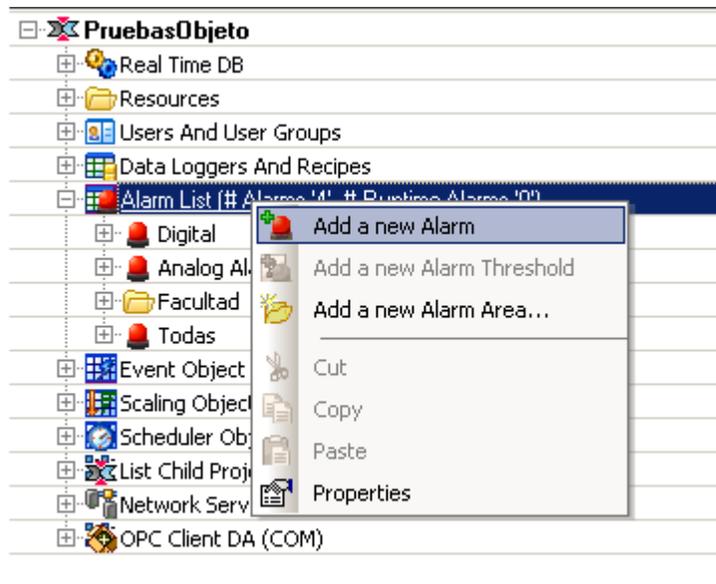


Figura 2.1: Configuración de Alarmas en el Movicon

Propiedades generales de las alarmas

Las propiedades generales permiten asociar la variable que determina la intervención de la alarma. Para modificar dichas propiedades utilizamos la “Ventana de Propiedades”, ver Figura 2.2.

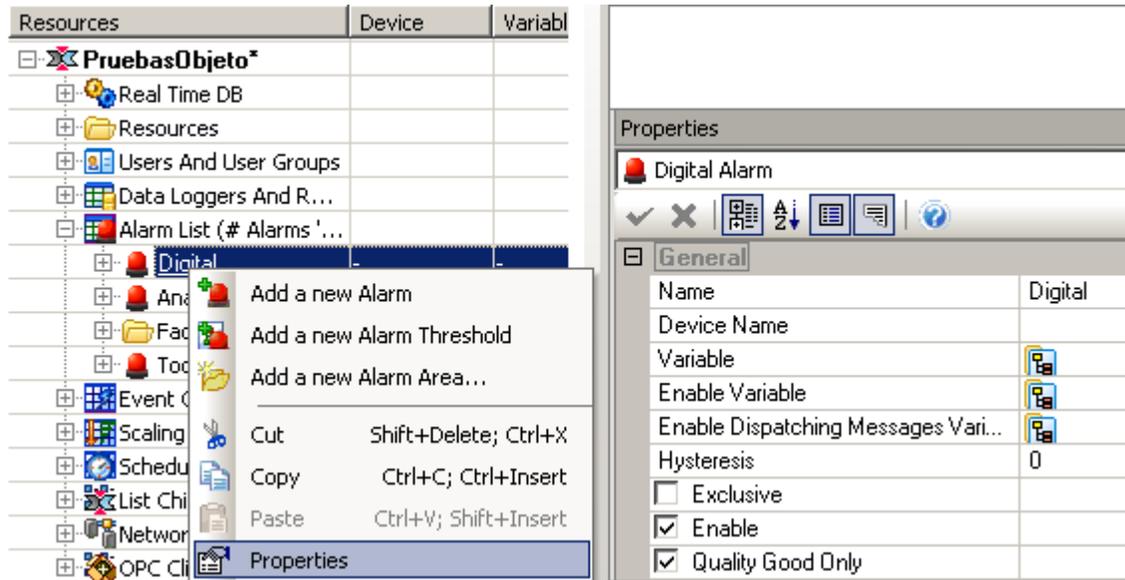


Figura 2.2: Ventana de propiedades generales de alarmas

La “Ventana de Propiedades” es donde el usuario puede configurar cada parámetro de los objetos que utiliza, en ella se muestran distintos apartados que son fundamentales para el diseño del sistema de alarma (PROGEA, 2006):

✓ Nombre:

El usuario define el nombre del objeto que va a identificar la alarma

✓ Nombre del dispositivo:

En este apartado se define el nombre del dispositivo vinculado a la alarma.

✓ Variable:

Se selecciona la variable que genera la alarma y la cual debe estar definida en la lista de variables del proyecto.

✓ Histéresis:

La histéresis es un valor absoluto que se aborda de manera diferente de acuerdo a la forma en que se establece las condiciones de intervención de la alarma:

- Condición "="

La alarma interviene cuando la variable asume un valor igual al valor establecido para el umbral de la alarma. La alarma vuelve a entrar cuando el valor de la variable es mayor o menor que el valor umbral de + / - la mitad del valor de histéresis.

- Condición "> ="

La alarma interviene cuando la variable asume un valor superior o igual a la del umbral de la alarma. La alarma vuelve a entrar cuando la variable es inferior al valor de umbral menos el valor de histéresis.

- Condición "<="

La alarma interviene cuando la variable asume un valor menor o igual que el del umbral de la alarma. La alarma vuelve a entrar cuando la variable es mayor que el valor de umbral más el valor de histéresis.

Propiedades generales del umbral de las alarmas

Para definir los límites (umbrales) a las alarmas se utiliza *Add a New Alarm Threshold*. Pueden agregarse tantos límites como se desee (Figura 2.3).

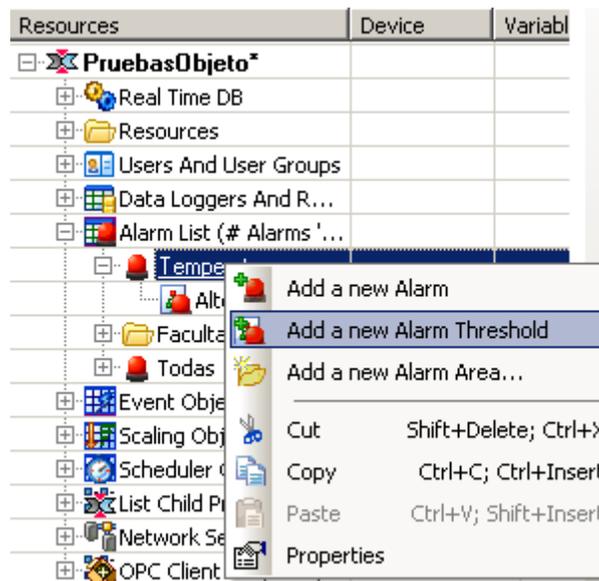


Figura 2.3: Configuración de umbrales de alarmas

El umbral de las intervenciones determina el comportamiento de la alarma cuando el valor del umbral se alcanza o se excede. Para modificar las propiedades generales de los umbrales de la alarma, utilizamos “la Ventana de Propiedades” del software Movicon, pero específicamente la establecida para umbrales de alarmas, ver Figura 2.4.

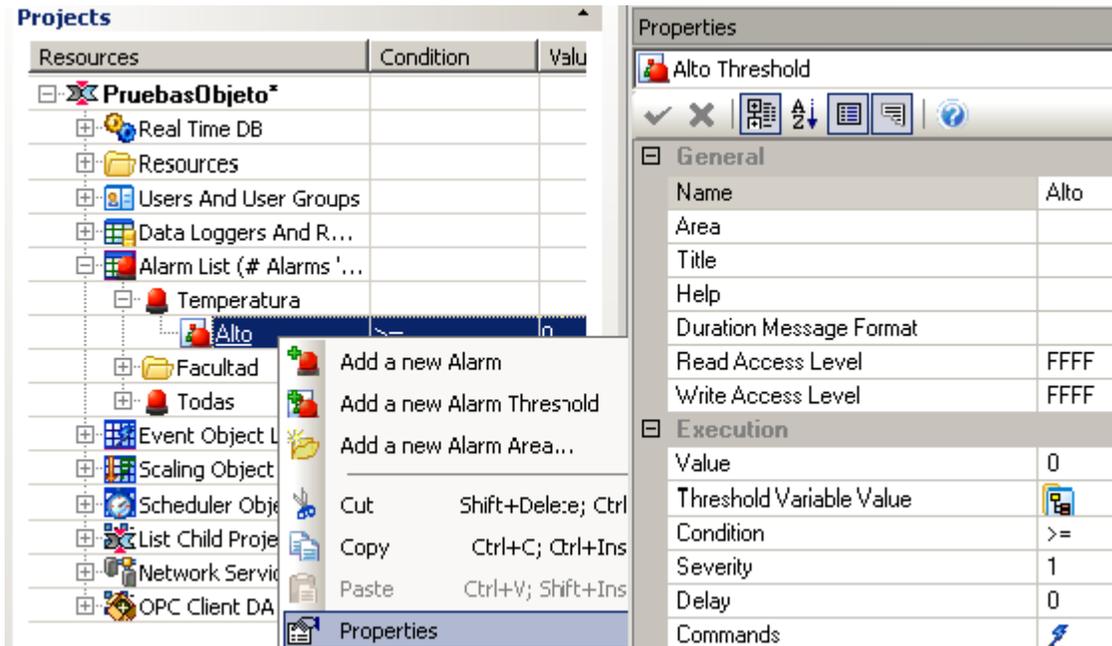


Figura 2.3: Ventana de propiedades del umbral de alarmas

Algunas de las propiedades fundamentales que presenta el umbral de la alarma son:

- ✓ Nombre: Se configura el nombre del umbral. Este se desplegará en la ventana de las alarmas.
- ✓ Área: Se inserta el nombre del área a la que está asociada la alarma.
- ✓ Valor: En este apartado se ubica el valor del umbral a ser alcanzado para que la alarma relativa se active eficazmente.
- ✓ Severidad: Permite seleccionar la prioridad de la alarma requerida. Es posible asignar un número comprendido entre 0 y 65535. La ventana de la alarma grabará el número de prioridades asignadas.
- ✓ Retardo: El valor configurado, expresado en segundos, establecerá el tiempo de retraso de intervención de la alarma. Este valor numérico debe estar comprendido entre 0 y 65535 y el valor predefinido es el cero (ningún retraso).

En la configuración de las alarmas se puede relacionar una variable o no. En el ítem List Variables (lista de variables), se puede relacionar (clic botón derecho) alarmas a las variables (Figura 2.4). Esto hace que un conjunto de variables pueda tener los mismos límites, por ejemplo, los voltajes de las tres fases de un sistema trifásico pueden tener los mismos valores máximo y mínimo.

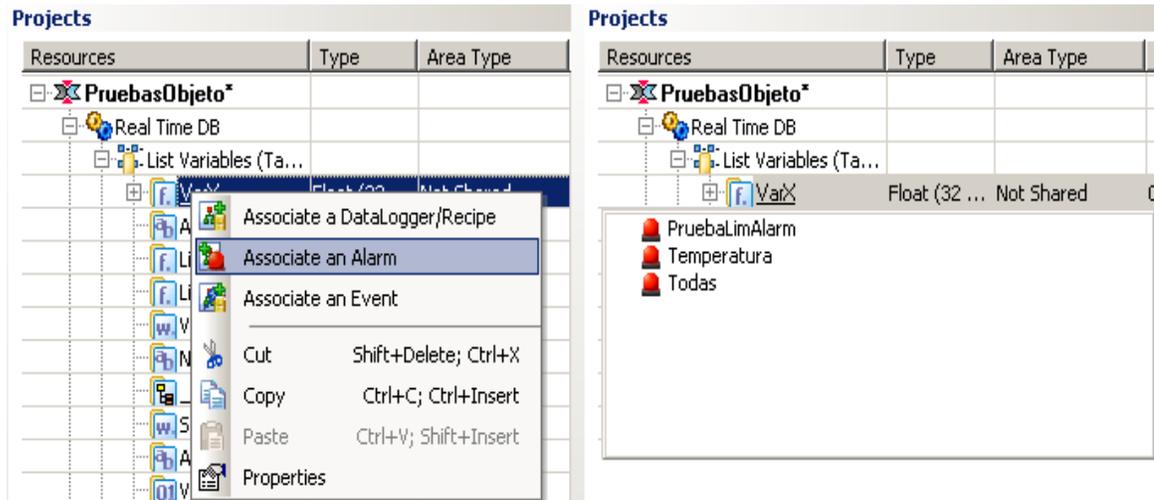


Figura 2.4: Relacionar alarmas a las variables

2.2.2 Alarmas complejas

Las alarmas complejas son un factor importante en el desarrollo de la mayoría de los procesos industriales debido a que existen diferentes factores que pueden afectar la producción y dentro de ellas la vinculada a las distintas variables que se relacionan entre sí.

En Movicon estas variables pueden ser implementadas de dos métodos, por ejemplo:

- ✓ En el primer método se utiliza “La Ventana de Propiedades” de la alarma en la cual en la casilla de texto correspondiente a la propiedad de “Variable” se coloca el nombre de las variables definidas, utilizando las sintaxis de programación de VBA como por ejemplo **and** y **or**, para lograr una lógica que garantice la vinculación de una variable con otra, un ejemplo de lo anterior mencionado se puede ver en la figura 2.5 donde se crea una alarma denominada “Todas” y en la cual se le asocian las variables V1, V2 Y V3.
- ✓ El segundo método se ejecuta a través de un Script creado a partir del ítem *Resources*, como muestra la figura 2.6, la cual se utiliza para programar en lenguaje VBA, o sea no se utiliza directamente la ventana de propiedades sino

que se realiza toda la asignación y definición de variables a través de códigos de programación.

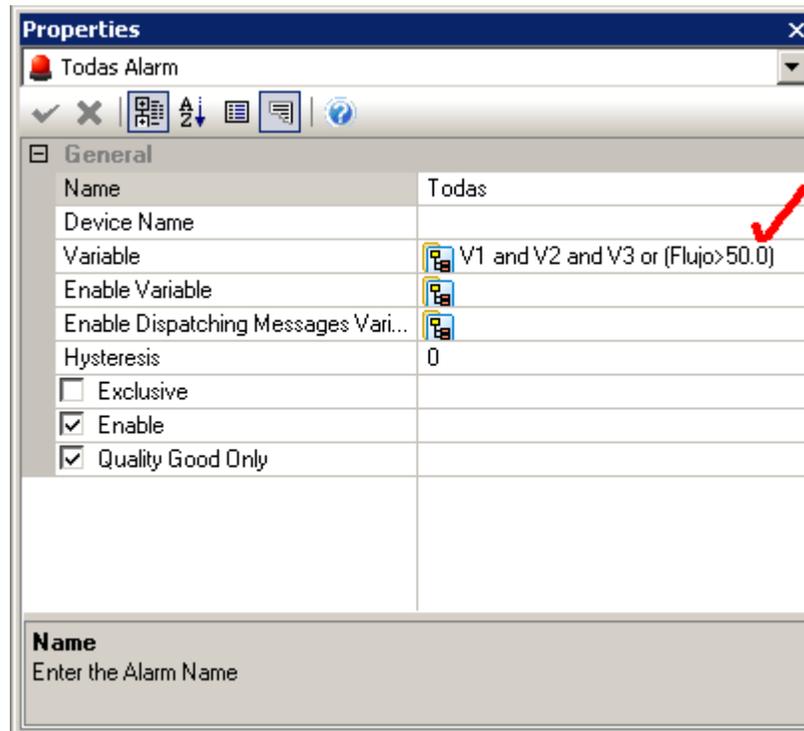


Figura 2.5: Configuración de variables complejas

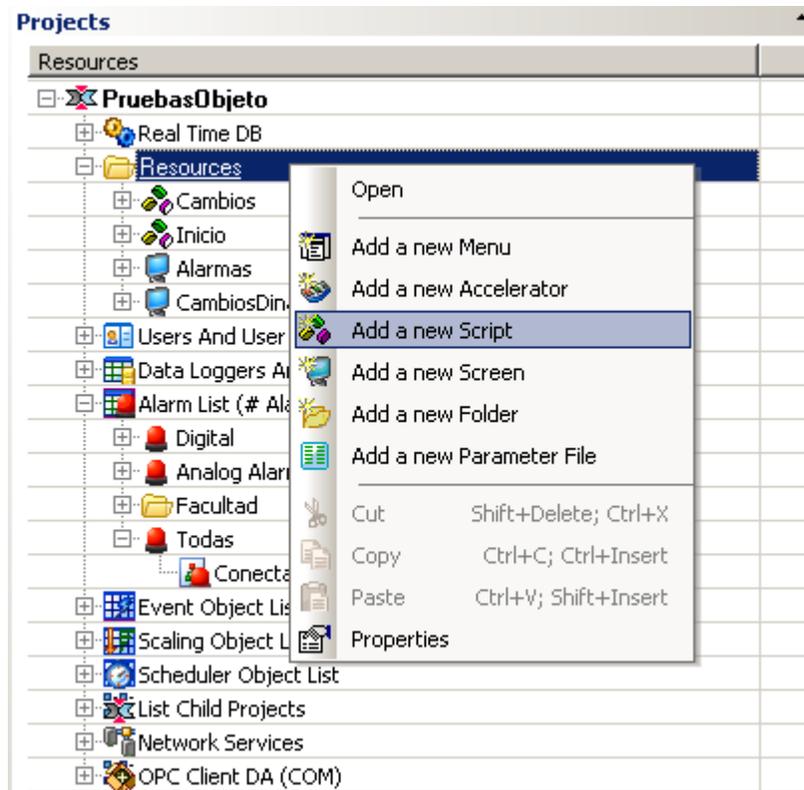


Figura 2.6: Ventana de configuración de Script

2.2.3 Notificación de alarmas

Los eventos de notificación de alarmas son propiedades del software Movicon fundamentales a la hora de gestionar sistemas de alarmas, el mismo soporta eventos como Email, SMS, Mensajes de Voz y Fax. El software ofrece la posibilidad de configurar estas notificaciones a través de su “Ventana de Propiedades”, ver Figura 2.7 (PROGEA, 2006).

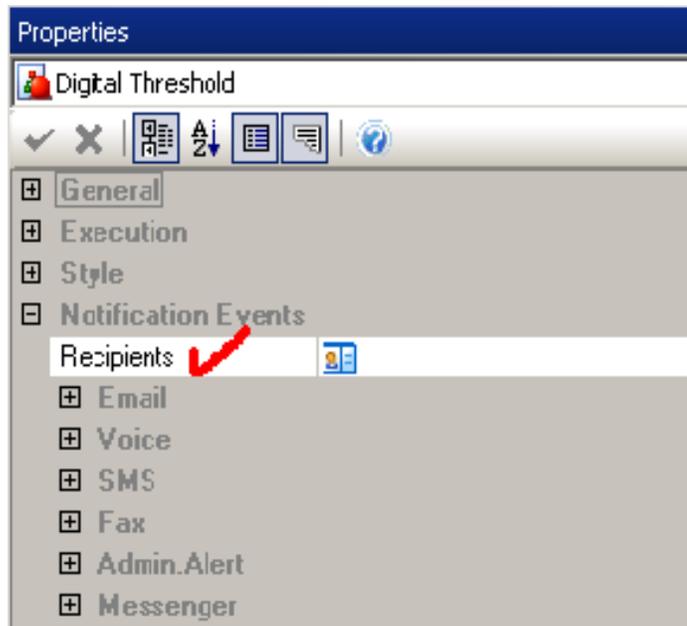


Figura 2.7: Configuración de eventos de notificación de alarmas

Recipients (Destinatarios)

En este apartado el usuario puede seleccionar o teclear el usuario o grupos de usuarios al cual es destinado el mensaje, o sea los usuarios definidos en el ítem “User and User Groups” (ver Figura 2.8), estos usuarios deben contener previamente la dirección de mensaje, correo electrónico o número telefónico según el tipo de mensaje que se necesite enviar según muestra la “Ventana de Propiedades” del usuario, definido anteriormente, ver Figura 2.9 (PROGEA, 2006).

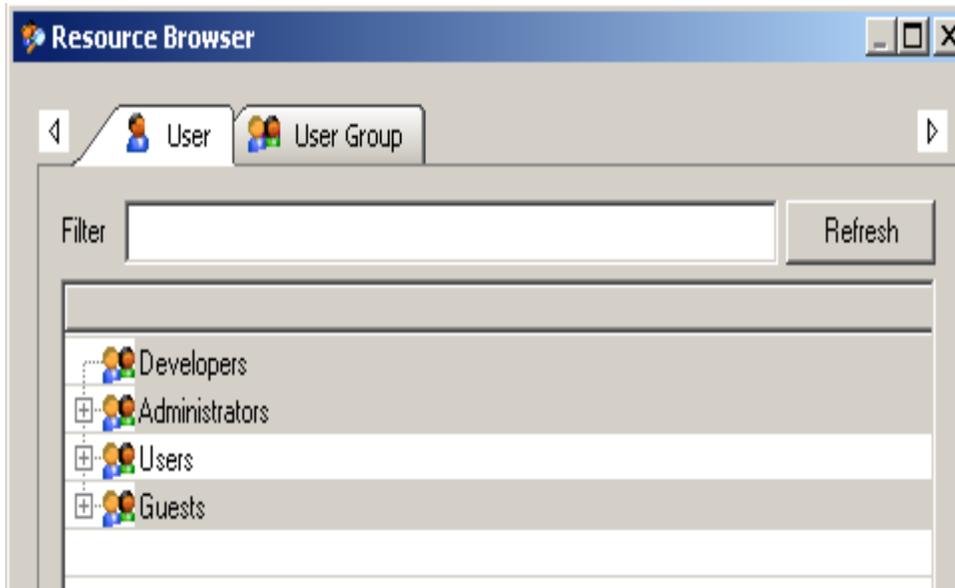


Figura 2.8: Ventana de usuarios y grupos de usuarios

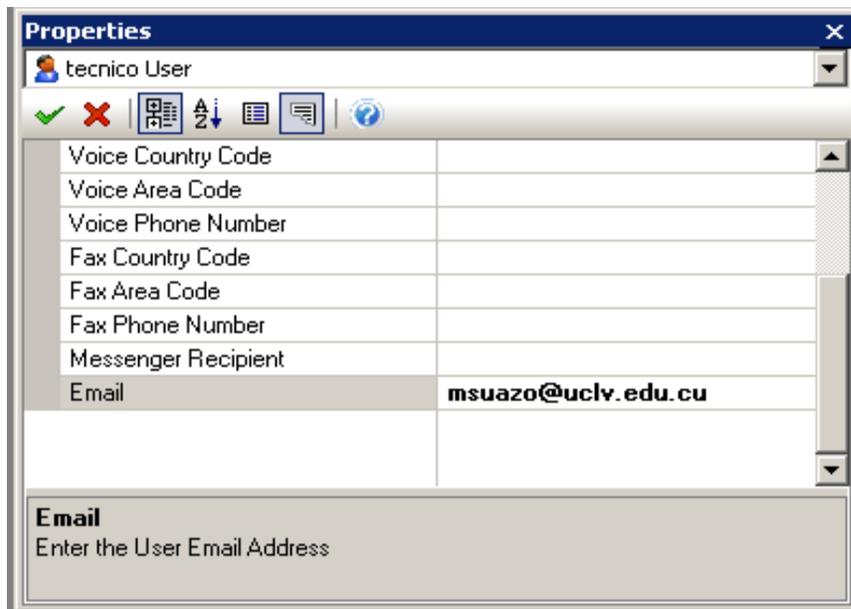


Figura 2.9: Ventana de propiedades del usuario

A continuación se hace un análisis de los parámetros más utilizados en la configuración de las distintas notificaciones que nos brinda el software, dentro de ellos los principales son (ver Anexo II) (PROGEA, 2006):

- ✓ Email: Este evento se utiliza con el objetivo de enviar correos electrónicos para el cual es necesaria una administración que requiere de un cliente de correo electrónico y una herramienta de instalación de administración de servidor, así como

un módem necesario y conexiones de Internet. Las propiedades que la conforman son:

- *Send Email ON*: Esta propiedad activa o deja fuera de funcionamiento el enviado de correo electrónico. El mensaje se enviará en la intervención de la Alarma (ON).
- *Send Email ACK*: Esta propiedad activa o desactiva el envío a la dirección de mensaje de correo electrónico. El mensaje se enviará el momento en que la alarma se reconoce (ACK).
- *Send Email RESET*: Esta propiedad activa o desactiva el envío a la dirección de mensaje de correo electrónico. El mensaje se enviará el momento en que la alarma se reinicie (RESET).
- *Send Email OFF*: Esta propiedad activa o desactiva el envío a la dirección de mensaje de correo electrónico. El mensaje se enviará en el momento en que la alarma detiene el sonido, independientemente del reconocimiento o restablecimiento del estado de la misma.

Las demás notificaciones como los SMS, *Voice* y Fax presentan parámetros similares para su configuración, los cuales se adaptan a sus características y funcionalidades específicas.

2.2.4 Cambios dinámicos

Los cambios dinámicos se desarrollan mediante programación de Visual Basic VBA haciendo uso de los Script en el cual se utilizan comandos especiales que brinda el software Movicon para la implementación de alarmas (ver Anexo III). La ejecución de cambios dinámicos en los eventos de alarmas son de prioridad, de área o de límite, las cuales son dadas según la configuración que las mismas presentan.

Si queremos cambios dinámicos de estas 3 condiciones en un proceso determinado debemos primeramente declarar las variables que se necesitan, y luego crear un Script de inicio que permita dar alarma según los límites que se definan (definición de límite explicado en el ítem 2.2.3). Para que ocurra el cambio dinámico se necesita crear otro Script que lo ejecute, el cual consta de un botón (*push button*) y al cual se le configura en sus propiedades el comando que activa el Script a utilizar (ver figura 2.10) y seguidamente definimos en el código los valores y nombres que queremos que cambien dinámicamente

al ejecutar el *push button*. Gráficamente se puede ver un ejemplo de lo anterior explicado en el Anexo IV.

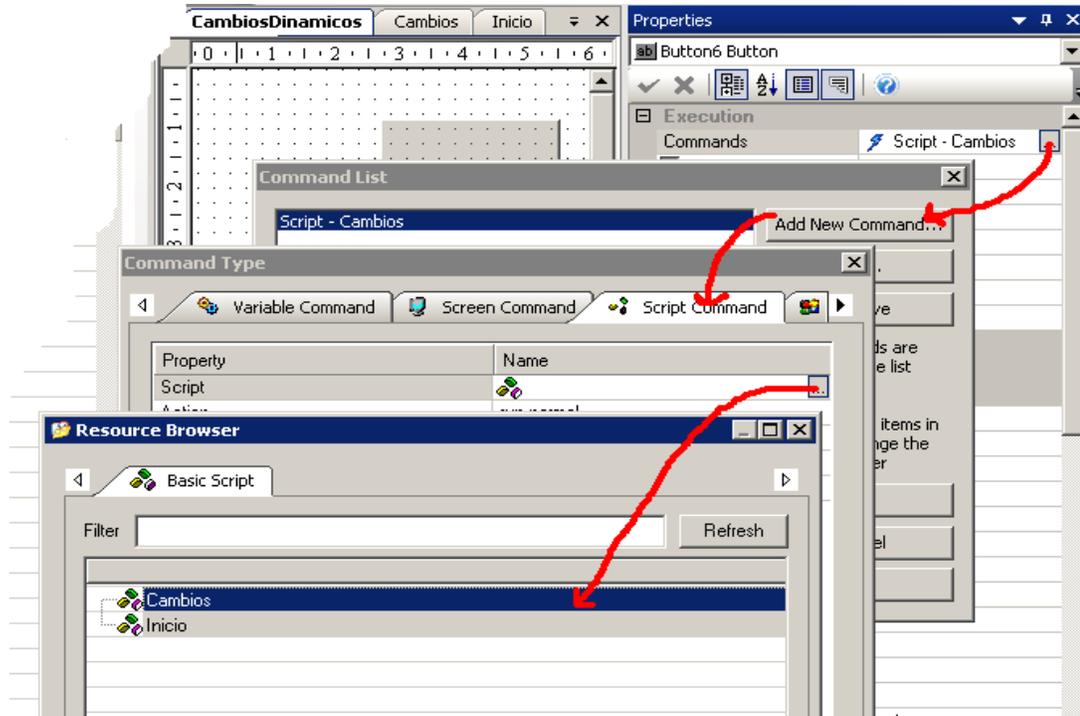


Figura 2.10: Ventanas de ejecución de Script

2.2.5 Visualización de alarmas

La ventana de alarma de Movicon (ver figura 2.11) permite al operador presenciar un panorama completo de las alarmas que intervienen en la planta. La ventana cuyo tamaño se define en el proyecto, le permite visualizar además las alarmas presente en un área restringida de la misma.

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
complejas	6/9/2014 3:16:43 PM	00:00:03	1	OFF
Flujo50NaOH - va...	6/9/2014 3:14:22 PM		1	ON
NivelR - NivelRea...	6/9/2014 3:16:49 PM		2	ON
NivelNaOCI - NivelT...	6/9/2014 3:16:46 PM	00:00:01	2	OFF
Concent2 - bajo	6/9/2014 3:14:22 PM		1	ON
FlujoAgua - flujod...	6/8/2004 1:59:16 AM		1	ON
Bomba - area1	6/9/2014 3:16:43 PM	00:00:03	2	OFF
Bomba - area2	6/9/2014 3:16:35 PM	00:00:01	1	OFF
ConcentNaOCI - a...	6/9/2014 3:14:22 PM		1	ON

Reconocer Reconocer Todo Reset Sel (R) Reset All (Ctrl+R) Cambiar Sonido Ayuda

Figura 2.11: Pantalla de alarmas

Cada alarma puede asociarse con: una descripción, una prioridad, la información sobre el tiempo que aparece, el reconocimiento del tiempo, los comentarios (PROGEA, 2003).

La pantalla de alarmas se visualiza en el “Screen” que es el área donde se crean los gráficos del proyecto, para crearla utilizamos las propiedades “Toolbox” del Movicon donde se escoge el símbolo de objeto “Alarm Window” y se traslada hacia el Screen anteriormente definido (ver Figura 2.12).



Figura 2.12: Propiedades “Toolbox” del Movicon

Las alarmas se pueden agrupar en "áreas" para obtener filtros de visualización para el operador o Ventana de Alarma dedicados a cada sector de la planta, en la figura 2.13 se muestra la ventana de propiedades de "Alarm Window" donde se puede configurar filtros por áreas, o sea, mostrar solo las alarmas de una zona específica de la planta.

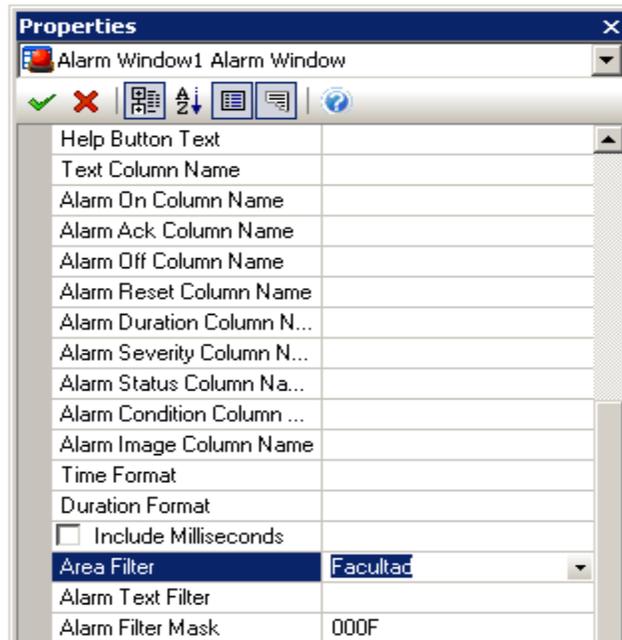


Figura 2.13: Ventana de propiedades de la pantalla de alarmas

2.3 Metodología de diseño de sistema de alarmas en Movicon

Para la formulación de la metodología se adoptó el desarrollo vertical, que implica el desarrollo de cada paso específico primeramente. Para ello definimos 5 partes fundamentales para el diseño (ver Figura 2.14a y 2.14b) (En cada paso del diagrama se especifica el ítem que muestra la solución):

➤ I- Definición y configuración de variables con alarmas:

En esta primera parte se requiere la definición de las variables que intervienen en el proceso, la creación de las alarmas y su configuración.

➤ II-Definición y configuración de variables con alarmas complejas:

Si se necesita crear alarmas complejas se aplican dos métodos los cuales dependen de la complejidad que se necesite o de la comodidad que favorezca al usuario.

➤ **III-Configuración de notificaciones de alarmas:**

Las notificaciones pueden ser según las necesitadas por el usuario, estas pueden ser para cualquier tipo de alarma.

➤ **IV- Programación de cambios dinámicos:**

Los cambios dinámicos presentan una complejidad mayor debido a que se necesita programación VBA, estos pueden ser más usuales cuando se necesite cambiar la prioridad, el área o el umbral de una alarma en un proceso determinado debido a que alguna variable presente alto riesgo de afectación o requiera ser modificada.

➤ **V-Visualización de alarmas:**

Las visualizaciones de las alarmas se configuran para un área determinada con usos de filtros de alarmas en zonas específicas del proceso o pueden ser mostradas de forma general, esto depende del resultado que se necesite. Otro aspecto fundamental es la visualización de las alarmas con la prioridad necesitada.

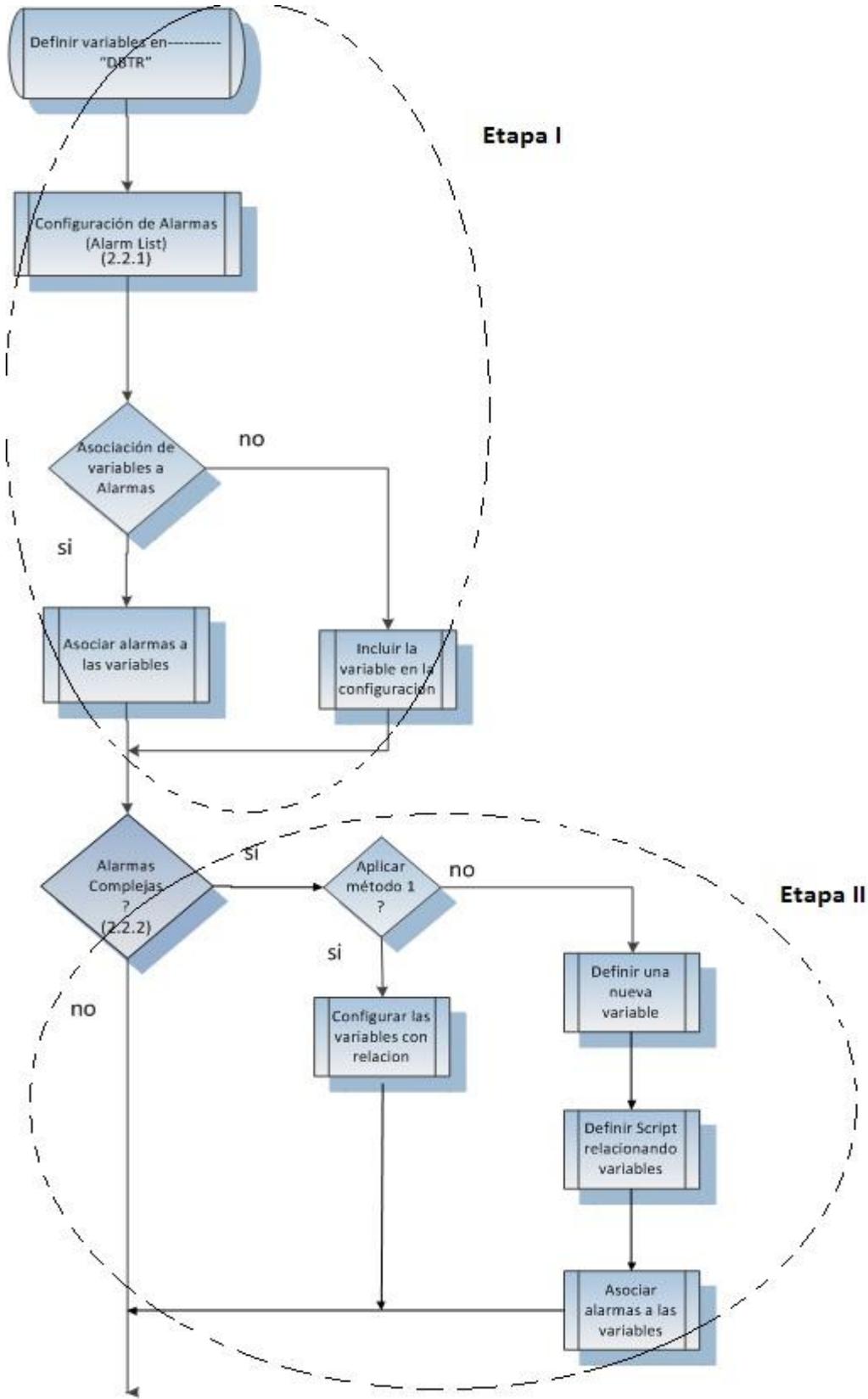


Figura 2.14a: Etapa I y II de la metodología

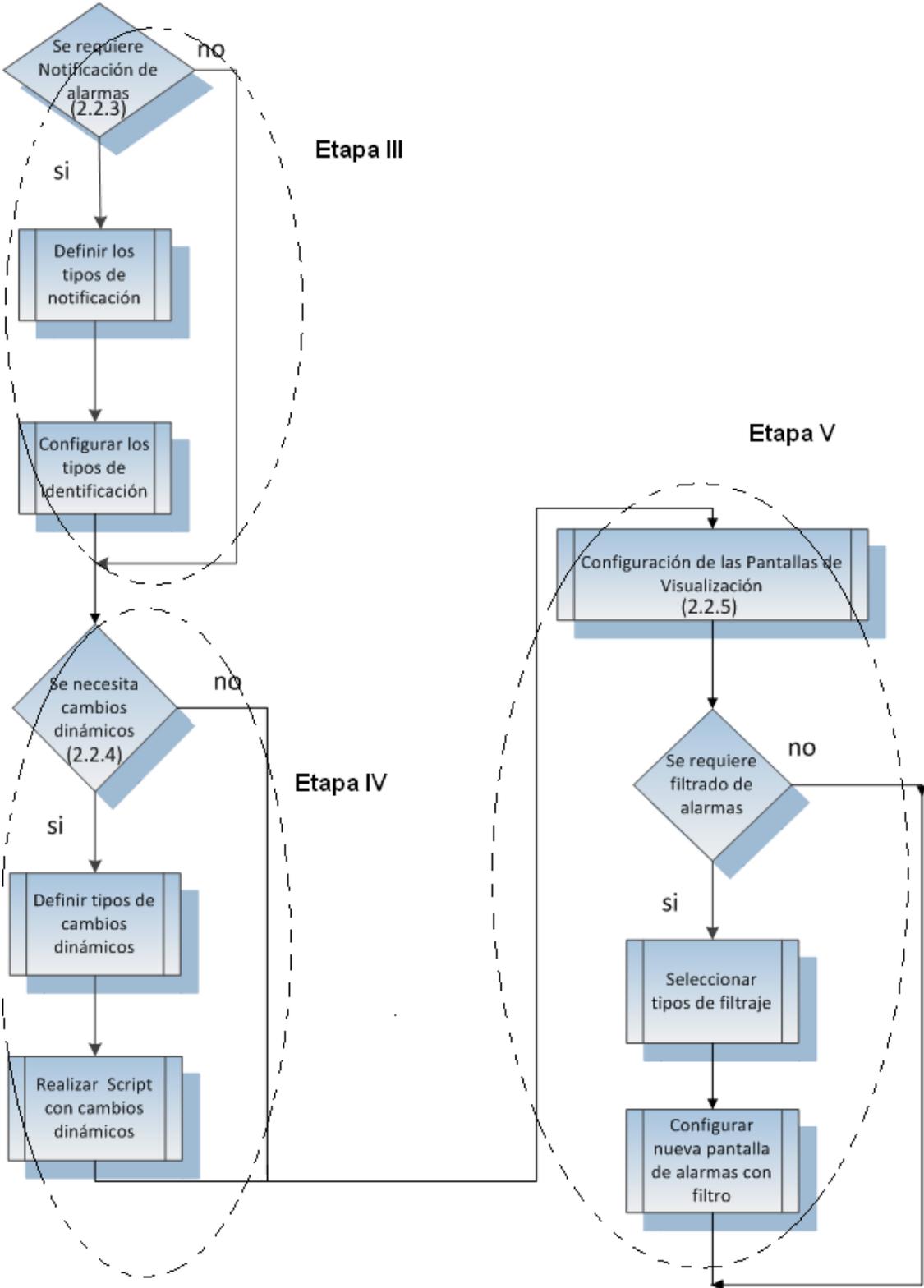


Figura 2.14b: Etapa III, IV y V de la metodología

2.4 Consideraciones finales del capítulo

El software Movicon presenta entre sus principales características la posibilidad de implementar sistemas de alarmas, el cual favorece las condiciones de trabajo de los operadores ya que permite conocer la situación real que presenta la planta donde operan.

Las alarmas se crean por defecto, pero son completamente personalizables, siendo administradas a objetos y plantillas con numerosas propiedades de adaptación a cada necesidad. Estas pueden ser desde alarmas simples hasta alarmas complejas, por lo que su implementación en sistemas de alarmas aumenta las posibilidades de evitar cualquier riesgo que estas pudieran provocar sino fueran correctamente implementadas.

Un correcto uso de las alarmas en una planta de proceso permite reducir al mínimo la pausa en la producción y mejorar la eficiencia, por lo que la metodología implementada es una herramienta importante para los diseñadores debido a que puede servir como guía para el diseño de sistemas de alarmas en cualquier proceso industrial.

Capítulo 3: Aplicación de la metodología para Sistemas de Alarmas en Movicon

En este capítulo se implementa la metodología diseñada para implementar sistemas de alarmas en Movicon. Se especifica el proceso en el cual se desarrolla el trabajo, conociendo tanto sus características de operación como de implementación y se plantean los nuevos requisitos para la ejecución de la metodología.

3.1 Sistema supervisorio para la obtención de Hipoclorito de Sodio

El proceso seleccionado para el análisis de resultados fue un ejemplo tomado del Proyecto Integrador de Automática V, “*Propuesta de automatización para la producción de Hipoclorito de Sodio*” (Casanova et al., 2013) del cual la Interfaz Hombre-Máquina realizada en el software Movicon X fue el elemento principal a utilizar.

3.1.1 Características del proceso

El proceso se divide en dos subprocesos, el primero consiste en bajar la concentración de sosa cáustica disponible de un 50% a un 15% agregando agua con agitación constante, donde se libera energía en forma de calor. El segundo consiste en adicionar cloro gaseoso a la solución obtenida anteriormente en un reactor con una dosificación que depende de la aplicación para la que se necesite el hipoclorito resultante. En este se forman hipoclorito de sodio y cloruro de sodio. La solución debe mantenerse por debajo de 40 °C para evitar la formación no deseada de clorato de sodio.

Las principales variables utilizadas para controlar el funcionamiento del proceso son los flujos de sosa cáustica, agua, cloro e hipoclorito de sodio (cuando sale del reactor), las temperaturas y los niveles en los tanques de almacenamiento, la concentración en los tanques de sosa cáustica y en el de hipoclorito de sodio y el pH en este último tanque.

La interfaz está compuesta por 7 pantallas (inicio, proceso, temperaturas, niveles, flujos, energía y alarmas), en las que se indican las principales variables medidas en el proceso. Estas pantallas muestran indicaciones y animaciones del proceso en ejecución.

La pantalla del proceso (ver Figura 3.1) muestra el proceso en general, aquí se visualizan las variables de concentración y de pH, así como el funcionamiento de las bombas y las válvulas empleadas.

En las pantallas de temperaturas, niveles y flujos se muestran indicadores de estas variables. En la pantalla de energía se puede mostrar el valor de voltaje con el que están siendo alimentadas las bombas. La pantalla de alarmas muestra las alarmas necesarias para que el operador esté atento mientras funciona el proceso (Casanova et al., 2013).

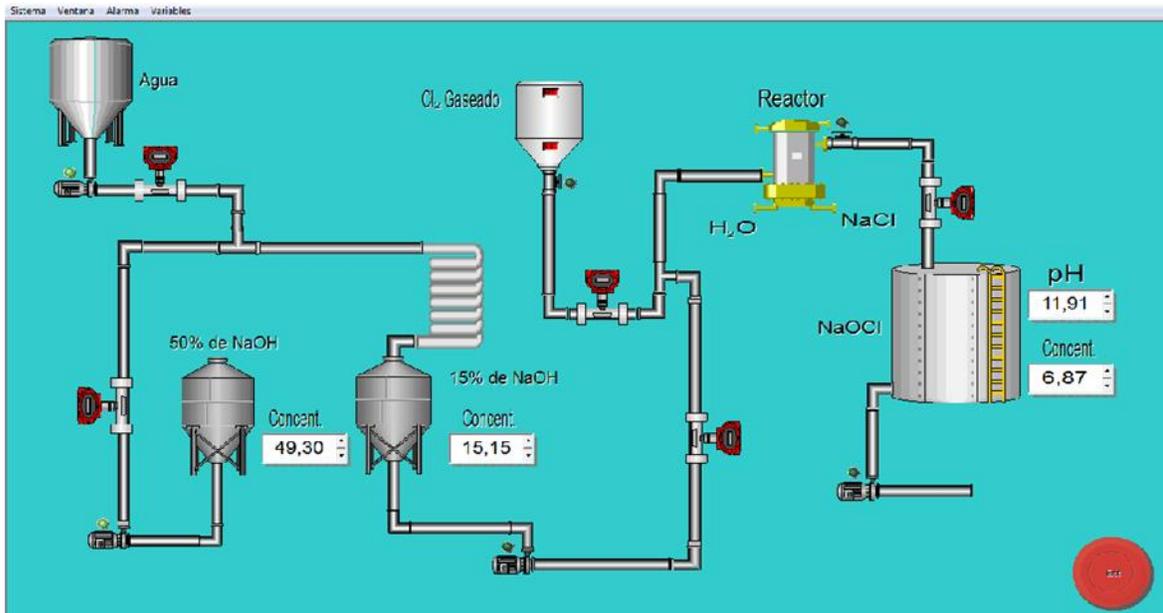


Figura 3.1. Pantalla principal del proceso

3.1.2 Análisis del Sistema de Alarma implementado inicialmente

El proceso de diseño e implementación del SCADA anteriormente mencionado cuenta con un sistema de alarmas relativamente sencillo, el mismo presenta definida 34 variables correspondientes a la planta (ver Anexo V), de las cuales 9 están asociadas a alarmas (ver Tabla 3.1).

Estas alarmas presentan una configuración simple, solo tienen definido el valor del límite y la prioridad por defecto que establece el Movicon. Carecen de complejidad debido a que no cuentan con definiciones de áreas para las mismas, no existen configuraciones de alarmas complejas que pueden ser comunes en estos procesos debido a la gran cantidad de variables que intervienen en el proceso y no presentan ningún tipo de ejecución de cambios dinámicos que facilite al operador tomar decisiones que aseguren el buen funcionamiento de la planta.

Tabla 3.1. Variables del proyecto asociadas a las alarmas

Variables	Descripción
Nivel3	Nivel en el tanque de NaOH al 15%
NivelR	Nivel en el Reactor
Nivel2	Nivel en el tanque de NaOH al 50%
NivelAgua	Nivel en el tanque de agua
NivelNaOCl	Nivel en el tanque de NaOCl
TempR	Temperatura en el Reactor
Concent3	Concentración en el tanque NaOH al 15%
ConcentNaOCl	Concentración en el tanque NaOCl
Concent2	Concentración en el tanque NaOH al 50%

3.2 Requisitos para implementar el Sistema de Alarmas

Para la aplicación de la metodología se ha considerado los siguientes aspectos:

- ✓ Definición de 2 Áreas en el proceso:
 - Área 1: Obtención de Sosa Cáustica (NaOH) al 15%
 - Área 2: Obtención de Hipoclorito de Sodio (NaOCl)
- ✓ Definición de 2 niveles de prioridad:

- Nivel 1: para las variables que se relacionan directamente con el proceso de obtención de Sosa Cáustica e Hipoclorito de Sodio.
 - Nivel 2: para las variables secundarias al proceso.
- ✓ Implementar dos métodos de alarmas con variables complejas:
- 1- Implementar alarma cuando el flujo de agua sea máximo y el nivel del tanque de agua este al máximo, para ello utilizar la “Ventana de Propiedades” de la alarma.
 - 2- Definir una nueva variable compleja la cual relaciona la concentración existente en el tanque de NaOH al 15% con el flujo de entrada ha dicho tanque.
- ✓ Cambios dinámicos:
- Mediante lenguaje de programación en VBA crear un Script para definir los valores de prioridad, área y severidad de la variable “Bomba15NaOH” y otro Script para ejecutar el cambio dinámico de dichos valores por otros definidos por el operador.

3.3 Aplicación de la metodología

Para la aplicación de la metodología propuesta se toma el diagrama de flujo diseñado en el capítulo 2 aplicado al proceso presentado anteriormente y consideramos además los requisitos planteados.

A continuación se hace un análisis de cada paso del diagrama así como su aplicación en el proceso.

3.3.1 Configuración de alarmas del proceso

Primeramente se analiza la etapa I (ver figura 2.14a) la cual se basa en definir y configurar las alarmas, las cuales ya están implementadas en el proyecto debido a que es un ejemplo ya desarrollado, por la que pasaremos a la configuración de las propiedades de las alarmas.

En el proceso se define 34 variables, de ellas para explicar la metodología solo se toman 6 (3 variables por cada área del proceso) para la obtención de alarmas, ya que una vez configurada una se pueden configurar tantas como se necesiten.

Las configuraciones de las alarmas fueron las siguientes:

- ✓ Para la configuración de la alarma que controla la información de trabajo de la bomba del tanque de concentración de NaOH al 15% (ver figura 3.2 y 3.3) se le configuró:
 - **Nombre:** (Bomba15NaOH)
 - **Nombre del umbral:** (límite1)
 - **Área:** (Concentración de NaOH)
 - **Valor del límite:** (4)
 - **Condición de severidad:** (2)

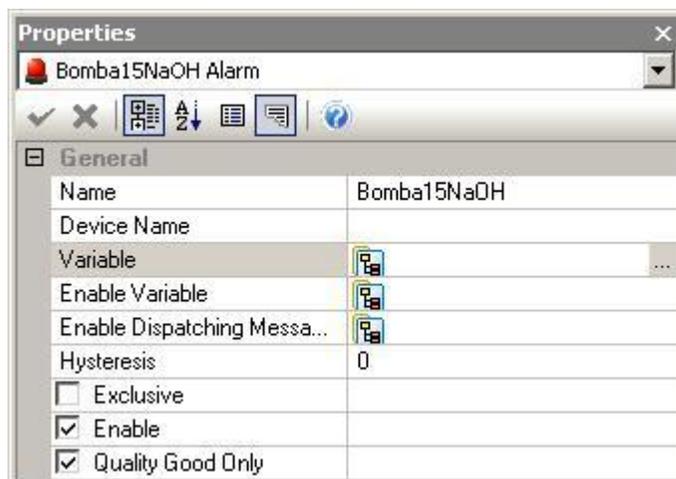


Figura 3.2: Ventana de propiedades generales

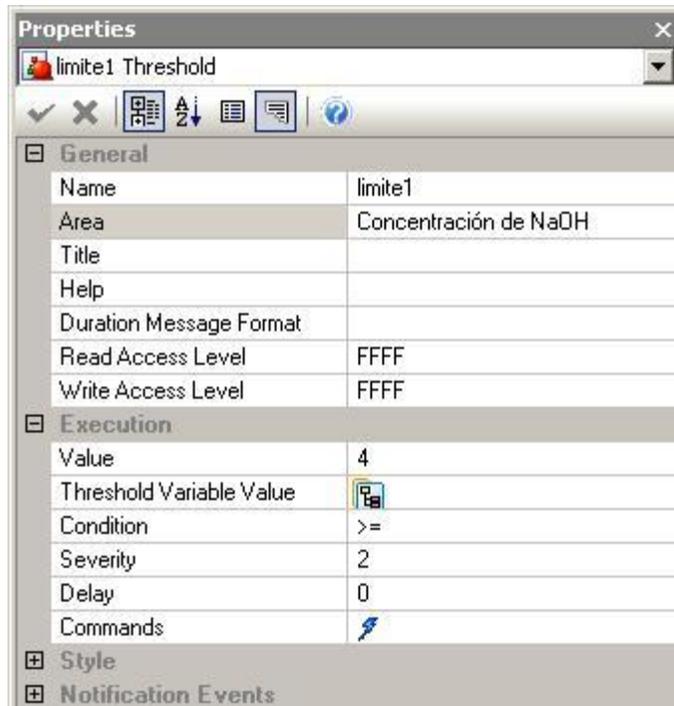


Figura 3.3: Ventana de propiedades del umbral

- ✓ Otras alarmas configuradas fueron (ver Anexo VI):
- Nivel del agua del tanque (tanque del agua).
 - Flujo de agua que sale del tanque agua.
 - Bomba de alimentación del tanque de hipoclorito de sodio.
 - Nivel del tanque de hipoclorito de sodio.
 - Nivel del tanque del reactor.

Después de configurar los valores de cada alarma se continua con el siguiente paso que se mostrará a continuación que no es más que asociar las variables definidas en la lista de variables a cada alarma configurada, por ejemplo en el caso que estamos analizando las variables asociadas quedarían como muestra la figura 3.4:

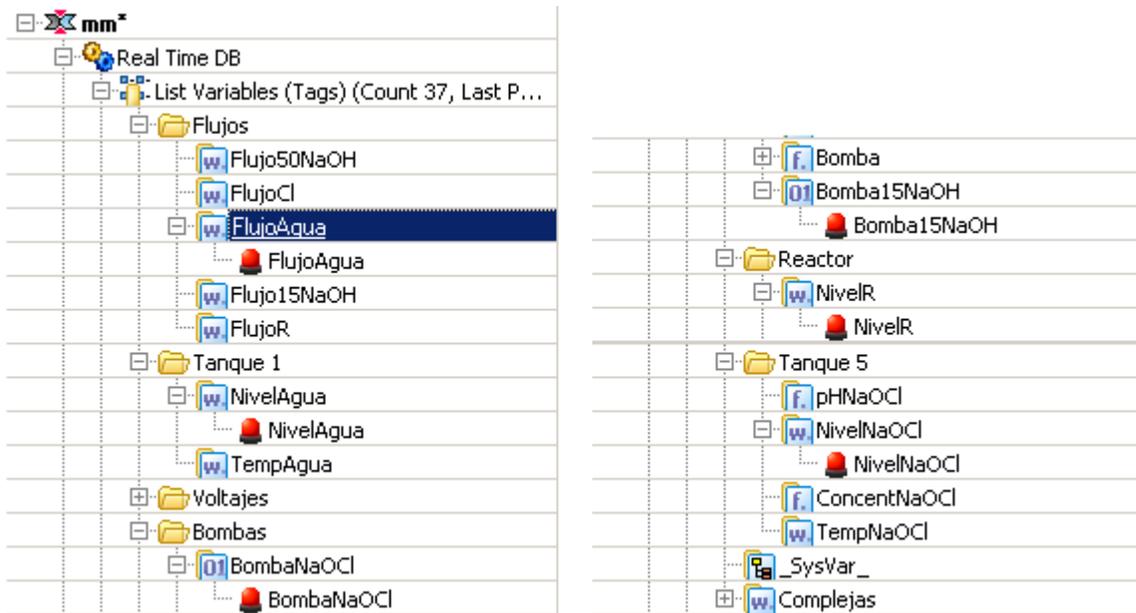


Figura 3.4: variables asociadas a cada alarma

3.3.2 Configuración de alarmas complejas

En la etapa II de la metodología (ver Figura 2.14a) se implementan las alarmas complejas que se necesitan, en nuestro caso se implementó dos alarmas complejas a través de los métodos explicados anteriormente.

- ✓ Método 1: Se creó una alarma denominada “Alteraciones” en la cual se le configuró la condición siguiente: “(NivelAgua > 50) And (FlujoAgua > 60)”, esta configuración se hace directamente desde la “Ventana de Propiedades”, (ver Figura 3.5).

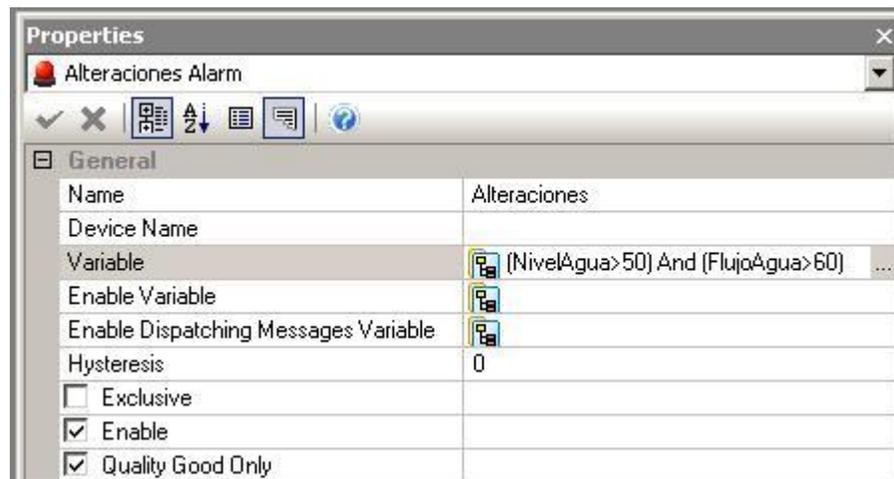


Figura 3.5: Configuración de variable compleja en la Ventana de Propiedades

- ✓ Método 2: Se creó una nueva variable en *Script* en la cual se configuró la condición necesaria en el proceso para que ocurriera una alarma compleja, a continuación en la figura 3.6 se muestra parte del *Script* implementado:

```
Sub Main
```

```
'Variable compleja: se activara la alarma cuando ocurra las dos condiciones a la vez
```

```
Concent3 = 14 + 2*Rnd(1)
```

```
Flujol5NaOH = 20 + 10*Rnd(1)
```

```
Complejas=(Concent3 >15) And (Flujol5NaOH >25)
```

```
End Sub
```

Figura 3.6: Definición de alarma compleja en *Script*

3.3.3 Visualización de alarmas

La visualización de alarmas es un paso fundamental para el control y supervisión de los factores que ocurren en el proceso, por lo que es necesario una visualización completa de las alarmas que se implementaron.

Debido a lo anteriormente configurado nuestro sistema de alarmas queda con la pantalla de alarma siguiente, como muestra la figura 3.7:

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
 NivelR - NivelRe...	27/05/2014 14:56:22		2	ON
NivelNaOCI - Nivel...	27/05/2014 14:56:19	00:00:03	2	OFF
 FlujoAgua - flujode...	27/05/2014 10:51:25		1	ON
 Bomba - limite1	27/05/2014 14:56:21		2	ON
Bomba - limite2	27/05/2014 14:56:21		1	ON
NivelAgua-Nivelde...	27/05/2014 14:56:15	00:00:05	2	OFF

Reconocer Reconocer Todo Reset Sel (R) Reset All (Ctrl+R) Cambiar Sonido Ayuda

Figura 3.7: Visualización general de las alarmas implementadas

Como se puede ver en la figura anterior, esta pantalla brinda una información muy útil ya que nos da una descripción de las alarmas que configuramos así como la fecha, el tiempo de encendido, la duración, la severidad y la condición que presentan las mismas.

Visualización por áreas:

El filtraje por área es de gran importancia en plantas de procesos muy grandes, debido a que es más cómodo para el operador a la hora de prestarle atención, por lo que se decidió que en el proceso escogido se filtraran las alarmas para las zonas definidas.

Del Área 1 denominada “Concentración de NaOH” se filtraron las alarmas que anteriormente en su configuración presentaban dicha área, estas son como muestra la Figura 3.8: Nivel del agua, Flujo de agua y Bomba de NaOH al 15%.

El Área 2 se definió como “Concentración de Hipoclorito de Sodio” por lo que las alarmas que presenta la pantalla de dicha área serán: Nivel del reactor, Nivel del tanque de NaOCI y la Bomba de alimentación del tanque de NaOCI, las mismas se pueden ver en la Figura 3.9.

Alarmas en el área de Concentración de Sosa Cáustica (NaOH)

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
 NivelAgua - Niv...	12/06/2004 02:41:3...		2	ON
 FlujoAgua - fluj...	08/06/2004 02:59:1...		1	ON
 Bomba - limite1	12/06/2004 04:19:4...	00:00:03	2	OFF

Ack Sel (A)	Ack All (Ctrl+A)	Reset Sel (R)	Reset All (Ctrl+R)	Toggle Sound (S)	Help (H)
-------------	------------------	---------------	--------------------	------------------	----------

Figura 3.8: Pantalla de alarma del Área 1**Alarmas del área de Hipoclorito de Sodio (Na OCl)**

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
 NivelR - NivelR...	12/06/2004 04:13:...		2	ON
 NivelNaOCl - N...	12/06/2004 04:13:...		2	ON
 Bomba - limite2	12/06/2004 04:13:...		1	ON

Ack Sel (A)	Ack All (Ctrl+A)	Reset Sel (R)	Reset All (Ctrl+R)	Toggle Sound (S)	Help (H)
-------------	------------------	---------------	--------------------	------------------	----------

Figura 3.9: Pantalla de alarma del Área 2**3.3.4 Programación de cambios dinámicos**

Para la ejecución de estos cambios dinámicos se decidió implementarlos de forma tal que una de las alarmas configuradas anteriormente pueda realizar los cambios decididos por el diseñador en cuanto a prioridad, severidad y área.

La variable decidida en el proyecto para obtener los cambios es “Bomba15NaOH” que es la bomba de alimentación del tanque de NaOH al 15%.

A continuación en la figura 3.10 siguiente se muestra la alarma activada pero con cambio de prioridad:

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
NivelAgua - NiveldeIA...	12/06/2004 02:41:34 a.m.		2	ON
NivelR - NivelReactor	12/06/2004 03:25:07 a.m.	00:00:11	2	OFF
NivelNaOCl - NivelTa...	12/06/2004 03:25:17 a.m.	00:00:03	2	OFF
FlujoAgua - flujodeag...	08/06/2004 02:59:16 a.m.		1	ON
Bomba - limite1	12/06/2004 03:25:17 a.m.		1	ON
Bomba - limite2	12/06/2004 03:25:09 a.m.	00:00:02	1	OFF

Cambio dinámico de prioridad

Reconocer Reconocer Todo Reset Sel (R) Reset All (Ctrl+R) Cambiar Sonido Ayuda

Figura 3.10: Pantalla de alarma con cambio dinámico de prioridad

Como muestra la figura la alarma ahora tiene prioridad 1, o sea, tiene prioridad diferente que antes de realizar los cambios, siendo de gran importancia ya que ante una hipotética situación de la planta esta puede ser atendida con mayor urgencia.

También vale aclarar que aunque no es visible en la pantalla de alarmas mostrada anteriormente la condición del umbral de la variable también cambia.

Cambio dinámico de área:

El cambio dinámico de área se realizó a partir de definir en el código realizado una nueva área, la cual no es visible en el proceso, o sea, es un área para conocer las variables que han sido cambiadas de prioridad con el objetivo de presentarle al operador las alarmas que necesitan una atención especial o diferente y al estar ubicadas en diferentes pantallas estas favorecen la rápida y eficiente respuesta por parte de trabajador. Lo anteriormente mencionado se evidencia en la siguiente figura 3.11:

Alarmas Prioritarias

Alarm Descriptor	Time ON	Duration	Severity	Condition
Bomba - limit#1	12/06/2004 04:09:3...	00:00:02	1	OFF

Ack Sel (A)	Ack All (Ctrl+A)	Reset Sel (R)	Reset All (Ctrl+R)	Toggle Sound (S)	Help (H)
-------------	------------------	---------------	--------------------	------------------	----------

*Nota: Solo se encuentra detectada la alarma implementada para los cambios dinámicos

Figura 3.11: Pantalla de alarma que filtra el cambio dinámico de prioridad

Código de programación implementado:

Para la realización de estos cambios dinámicos se utiliza el lenguaje de alto nivel Visual Basic (ver Anexo VII), el cual se encuentra incorporado en los paquetes de SCADA y específicamente en el software Movicon.

Definimos la variable “*Bomba*” la cual nos da el voltaje de entrada a comparar con los otros voltajes de las demás bombas ubicada en varios puntos del proceso, a partir del valor que nos da es que se va a definir el umbral, la prioridad y el área de la variable de alarma, todo eso realizado en un script denominado “*Inicio*” y en otro Script llamado “*Cambios*” definimos los nuevos valores que se requieren. Este nuevo Script es ejecutado a través de un *push button* por la acción de *Script Command* en la “*Ventana de Comandos*”.

3.4 Valoración económica

Se estima que los costos de desarrollo del software en las empresas técnicas llegan aproximadamente al 80% de los costos de un proyecto de automatización (Progea, 2012). Por este motivo es algo fundamental utilizar instrumentos que sean capaces de reducir los

tiempos de desarrollo, asistidos al más alto nivel con servicios de soporte y asesoramiento técnico.

Por esta razón Movicon es una herramienta que ofrece las mayores garantías para el aseguramiento de la propia inversión dado que es posible mantener la misma tecnología de software en la empresa, al mismo tiempo que se satisface todas las necesidades aplicativas de la automatización.

Desde el nivel de control (PLC, HMI) hasta el nivel SCADA es realmente una plataforma flexible capaz de adaptarse a todas las tipologías de aplicación de la automatización moderna. Gracias a estas características se podrá reducir costos manteniendo en la empresa un solo software de visualización y control para todas las necesidades, con el consiguiente enorme ahorro en términos de formación y entrenamiento del personal, la cual figura como una gran ventaja para su utilización.

En Cuba el software Movicon presenta gran utilidad, en el cual COPEXTEL es una de las empresas de mayor comercialización del mismo en el área del Caribe, su precio es dentro de los software de SCADA uno de los más baratos por lo que la relación costo – producción es altamente favorable debido a su gran factibilidad en las industrias de proceso.

Dentro de las herramientas que posee este software se encuentra la posibilidad de desarrollar sistemas de alarmas, las cuales en el proceso de elaboración un aspecto fundamental a tener en cuenta es la cantidad de tiempo que debe consumir un trabajador en el momento de la operación y principalmente si existe un desconocimiento sobre el tema, la cual es un gran problema tanto desde el punto de vista profesional como económico.

La metodología implementada se utiliza fundamentalmente para evitar estos aspectos ya que brinda una solución para que aquellos operadores en busca de la rapidez ante cualquier situación desfavorable ya que proporciona una guía de aprendizaje y evita gastos innecesarios.

Conclusiones

Con la realización, confección del presente trabajo y análisis de los resultados alcanzados, se dan cumplimiento a los objetivos planteados y se arriban a las presentes conclusiones:

1. El análisis de las características principales y la evolución de los SCADA, así como de los sistemas y gestión de alarmas son bases fundamentales para la adquisición de conocimientos sobre el tema.
2. El software Movicon es una herramienta que cuenta con varias posibilidades de implementar sistemas de alarmas, por lo que se constata que es una herramienta valiosa y confiable para los operadores al ser fundamental en el desarrollo de procesos a nivel industrial.
3. Los Script son herramientas importantes en la implementación de sistemas de alarmas, estos pueden ser tomados como base para el desarrollo de otras aplicaciones que centran sus estudios sobre procesos de SCADA y en las cuales es necesario el desarrollo de alarmas complejas o cambios dinámicos.
4. La metodología diseñada es fácil de implementar ya que basado en sus etapas y en la sistematización del conocimiento permite la posibilidad de ser utilizada como guía para futuras aplicaciones relacionadas con los sistemas SCADA.
5. La metodología realizada en el trabajo para la realización de sistemas de alarmas en Movicon ofrece a los diseñadores la posibilidad de implementar diferentes tipos de alarmas para el mejor funcionamiento de las plantas de procesos.

Recomendaciones

Una vez concluido este trabajo de diploma se realizan las siguientes recomendaciones:

- ✓ Intensificar y profundizar el estudio de la herramienta Movicon en la carrera de Automática.
- ✓ Continuar el presente trabajo como base para la gestión de alarmas y diagnóstico de fallos.

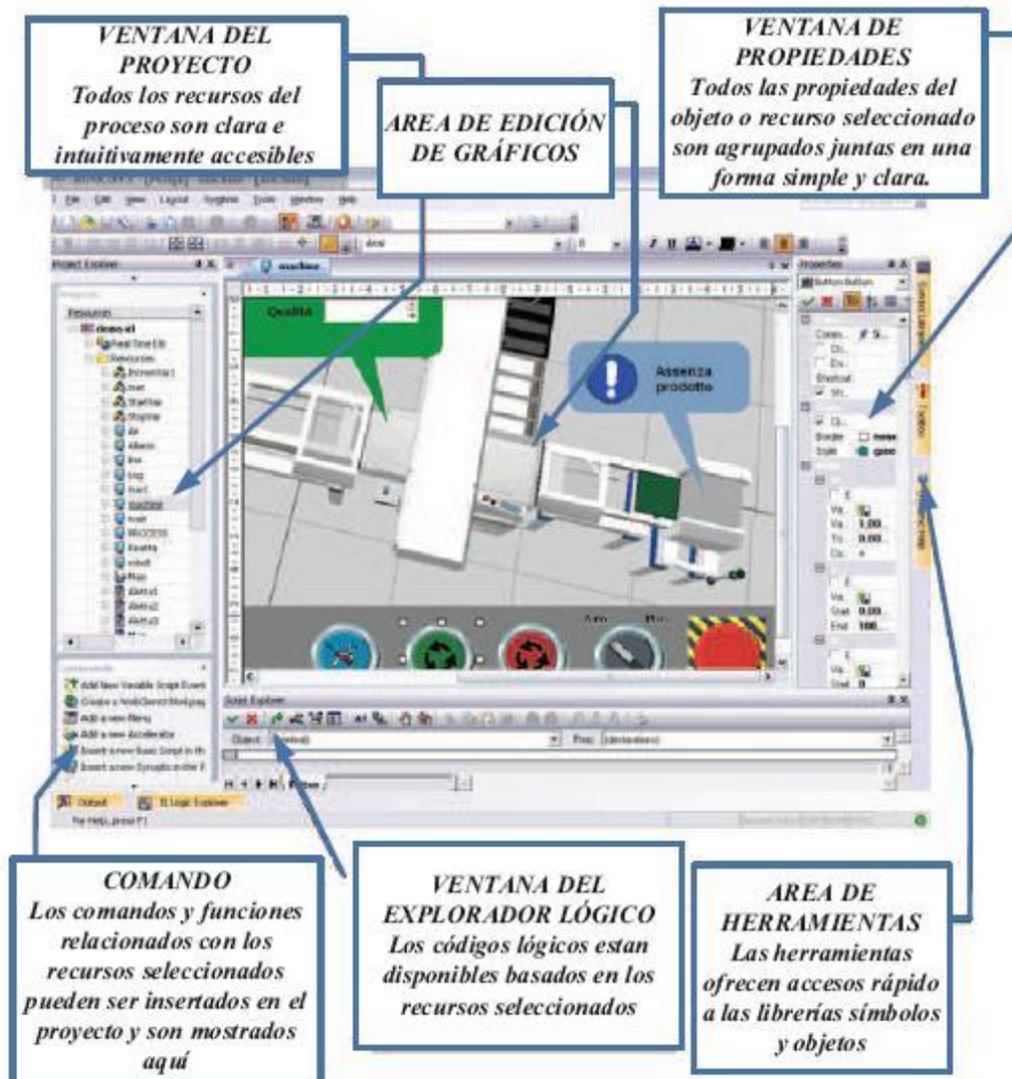
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBROSE, A. G. 2004. *Sistema de supervisión y control del pasteurizador en la cervecería "Antonio Díaz Santana"*. UCLV.
- BEUTHEL, M. H. C. 2007. *Sistema inteligente de alarmas*. Revista ABB.
- CANCINO, F. A. A. 2011. *"Integración de Sistema SCADA a Monitoreo de Volcanes y Sistema de Alerta Temprana"*. UNIVERSIDAD MAYOR FACULTAD DE INGENIERIA.
- CASANOVA, J. C. E., TRUJILLO, J. C. L. O., RODRÍGUEZ, M. M. & GIANCE, J. A. P. 2013. *"Propuesta de automatización para la producción de hipoclorito de sodio"*. Santa Clara.
- CASTELLANOS, E. I. 2008. *Sistemas de Automatización*, Santa Clara, Editorial Samuel Feijóo.
- COCA, L. V. 2007. *Identificación y Representación de las Principales Variables de la Etiquetadora KOSME de la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- CONTRERAS, Y. A. 2011. *Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina para el Sistema de Automática Dunas 5.*, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- CORZO, R. 2010. *"Implementación de la Interfaz Hombre-Máquina para el Sistema de Automática Pueblo Dunas"*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- DONADO, O. M. 2011. *Sistema de Alarma con comunicación ZIGBEE*.
- EEMUA 1999. *Alarm Systems: A Guide to Design, Management and Procurement*. London (UK): The Engineering Equipment and Materials Users Association.
- ESCALONA-FRANCO, I. G. 2011. *Filosofía, identificación y racionalización de alarmas en scada aplicado a la domótica de un hotel*. *Ciencia en su PC*, 103-117.
- FORTEC. 2013. *Automatización Industrial Formación Técnica Equipamiento didáctico a medida* [Online]. Available: www.FORTEC.html [Accessed].
- GARCÍA, A. Y. V., E. . 2008. *Implementación de un Sistema SCADA para la Automatización de un laboratorio de Biotecnología de Nivel de Seguridad Biológica 3*.
- HORTA, R. L. B. Year. *Procesamiento de Alarmas*. In: *Sistemas de SCADA*, 2013.
- JIMÉNEZ, O. G. C. G. R. 2010. *Gestión de alarmas en plantas de proceso*. *Divulgación*, 3-11.
- MARCALLA, M. I. H. C. D. A. L. 2010. *"Desarrollo de un sistema scada para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica"*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- MEZA, L. E. C. 2007. *Scada system's & telemetry*. Atlantic International University.
- MIÑOS, G. A. 2005. *Aplicaciones de software para control de procesos de automatización industrial con dispositivos móviles*. Universidad de Belgrano.
- MONTENEGRO, J. D. C. O. P. E. G. 2009. *"Diseño e Implementacion de un Sistema de Control para la Automatizacion de una Imprenta Rotativa marca Polygraph de la*

- Dirección Nacional de Servicios Educativos (DINSE)*". Escuela Politécnica Nacional.
- MORALES, E. S. 2007. *Identificación y Representación de las Principales Variables del Proceso de Embotellado de la Ronera Central "Agustín Rodríguez Mena"*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- OSHA, S. H. D. 2009. *Peligrosos y Volátiles Proceso de Gestión de la Seguridad con Químicos Altamente Peligrosos y Volátiles. In, 2009.*
- OTAZO, J. R., FERNÁNDEZ, R.O. 2008. *Procesamiento de alarmas en plantas nucleares de potencia.*, 1-11.
- PASCUAL, O. U. 2009. *"Desarrollo del SCADA para la Máquina Embotelladora de la Ronera Central, empleando el Software Movicon X2."*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- PROGEA, I. A. S. 2003. *"Supervision and Control from Windows CE to Windows XP"*.
- PROGEA, I. A. S. 2006. *"Programmer Guide"*.
- PROGEA, I. A. S. 2012. *Movicon 11: Monitoring vision and control. In: PROGEA (ed.).*
- QUEIROLO, I. 2011. *Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad. Petrotecnia.*
- QUIRÓS, D. M. D. B. B. J. M. 2004. *Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA)*. San José: Universidad de Costa Rica.
- SALVADOR, C. A. F. M. A. E. Q. C. E. G. M. A. C. 2012. *Detección y diagnóstico temprano de fallos para mejorar la seguridad de proceso y la confiabilidad: aplicación en un proceso de refinería. Epsilon.*
- SOTOLONGO, D. P. 2013. *Sistema SCADA para las columnas de destilación atmosférica y de vacío de la Refinería Sergio Soto*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- TANNER, R. G. J. T., R.; ATKINSON T. 2005. *Keeping the peace (and quiet). ISA InTech.*
- USECHE, H. 2007. *Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado de Alarmas para Archa B de decoración en la empresa Owens Illinois de Venezuela.*

ANEXOS

Anexo I: Entorno de trabajo del Movicon.



Anexo II: Notificaciones de eventos de alarmas

En la ventana de propiedades de una alarma (ver Figura 4.1) se muestran todas las notificaciones que se pueden realizar en la configuración de un sistema de alarmas.

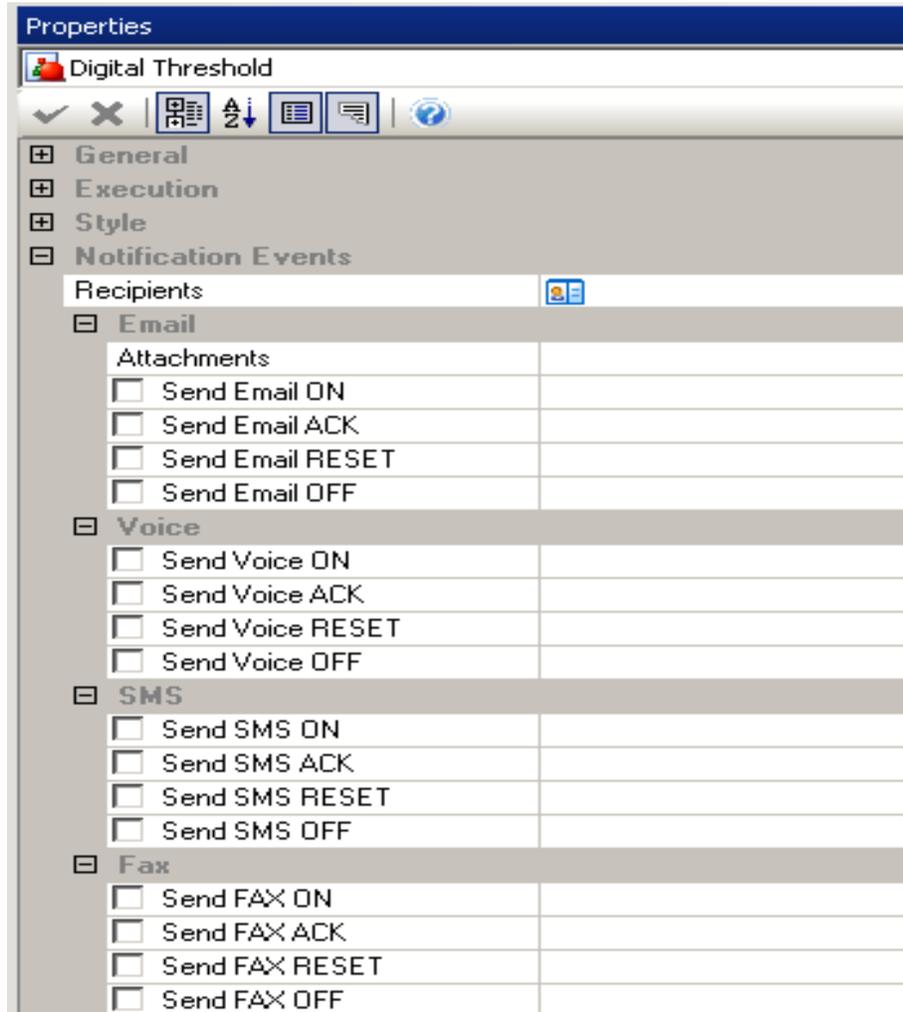


Figura 4.1: Ventana de notificaciones de eventos para alarmas

Anexo III: Ejemplo de cambios dinámicos utilizando programación en VBA

Script de inicio: */*script de inicio donde a partir de un valor de entrada por el operador las alarmas cambian dinámicamente su prioridad, área y umbral.*

Sub Main

VarX= 90.0 */*valor de entrada*

Nombre="Inicio" */*nombre del área*

Dim objAlarm As AlarmCmdTarget */*comandos especiales para programar las alarmas*

Dim objThreshold As AlarmThresholdCmdTarget

Set objRet = GetVariableObject("VarX")

Set objAlarm = objRet.GetAlarmObject("PruebaLimAlarm VarX")

Set objThreshold = objAlarm.GetAlarmThreshold("limite")

LimAlarmaInicio=objThreshold.Threshold */* definición del umbral inicial*

SevAlarmaInicio=objThreshold.Severity */* definición de la severidad inicial*

ArealInicio=objThreshold.AlarmArea */* definición del área inicial*

If Not objAlarm Is Nothing Then

Nombre = objAlarm.**VariableName**

Set objAlarm = Nothing

End If

Set objRet = Nothing

End Sub

Script ejecutado por el Push Button: */* este Script ejecuta el cambio dinámico de las alarmas*

Sub Main

Dim objAlarm As AlarmCmdTarget

Dim objThreshold As AlarmThresholdCmdTarget

Set objRet = GetVariableObject("VarX")

Set objAlarm = objRet.GetAlarmObject("PruebaLimAlarm VarX")

Set objThreshold = objAlarm.GetAlarmThreshold("limite")

objThreshold.**Threshold**=102.5 */* nuevo umbral definido por el operador*

objThreshold.**Severity**=3 */* nueva severidad definida por el operador*

objThreshold.**AlarmArea**="Laboratorio" */* nueva área definida por el operador*

If Not objAlarm Is Nothing Then

 LimAlarma=objThreshold.**Threshold**

 SevAlarma=objThreshold.**Severity**

 Area=objThreshold.**AlarmArea**

 Nombre = objAlarm.**VariableName**

Set objAlarm = Nothing

End If

Set objRet = Nothing

End Sub

Anexo IV: Visualización grafica de los cambios dinámicos implementados por el ejemplo (ver Figura 4.2a y 4.2b).

Condiciones iniciales:

	Inicio		Cambios
Área	Facultad	Nueva Área	
Límite inicio	100.00	Nuevo Límite	0.00
Severidad	2.00	Nueva Severidad	0.00

Cambiar	VarX	Valor de X	90.00
---------	------	------------	-------

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
Conectadas	5/20/2014 8:56:...	16:02:02	1	OFF
VarX - limite	5/20/2014 8:48:...	00:01:37	2	OFF

Ack Sel (A)	Ack All (Ctrl+A)	Reset Sel (R)	Reset All (Ctrl...	Toggle Sound ...	Help (H)
-------------	------------------	---------------	--------------------	------------------	----------

Figura 4.2a: Condiciones iniciales

En la figura anterior se puede ver como la alarma VarX (depende del valor que el operador introduzca) se encuentra en estado OFF debido a que no ha sobrepasado el límite de operación definido.

Condiciones de cambio: Se puede verificar como han cambiado los valores de área, severidad y umbral cuando el valor de VarX es mayor que el nuevo límite definido. Todo esto ocurre cuando es ejecutado el botón “Cambiar” (ver Figura 4.2b).

	Inicio		Cambios
Área	Facultad	Nueva Área	Laboratorio
Límite inicio	100.00	Nuevo Límite	102.50
Severidad	2.00	Nueva Severidad	3.00

Cambiar	VarX	Valor de X	105.00
---------	------	------------	--------

Alarm Description	Time ON	Duration	Severity	Condition
Conectadas	5/20/2014 8:56:...	16:02:02	1	OFF
VarX - limite	6/5/2014 1:17:1...		3	ON

Ack Sel (A)	Ack All (Ctrl+A)	Reset Sel (R)	Reset All (Ctrl...	Toggle Sound ...	Help (H)
-------------	------------------	---------------	--------------------	------------------	----------

Figura 4.2b: Condiciones de cambio

Anexo V: Tabla de variables del proceso de producción de Hipoclorito de Sodio

Variables	Descripción	Área	Prioridad
V1	Voltaje con que se alimenta la bomba de NaOH al 50%	Área 1	1
V2	Voltaje con que se alimenta la bomba de agua	Área 1	1
V3	Voltaje con que se alimenta la bomba de NaOH al 15%	Área 1	1
V4	Voltaje con que se alimenta la bomba de NaOCl	Área 2	1
Concent2	Concentración en el tanque NaOH al 50%	Área 1	1
Concent3	Concentración en el tanque NaOH al 15%	Área 1	1
ConcentNaOCl	Concentración en el tanque NaOCl	Área 2	1
pHNaOCl	Concentración de pH en tanque de NaOCl	Área 2	1
TempAgua	Temperatura en el tanque del agua	Área 1	1
Temp2	Temperatura en el tanque de NaOH al 50%	Área 1	1
Temp3	Temperatura en el tanque de NaOH al 15%	Área 1	1
TempR	Temperatura en el Reactor	Área 2	1
TempNaOCl	Temperatura en el tanque de NaOCl	Área 2	1
Flujo50NaOH	Flujo en el tanque de NaOH al 50%	Área 1	1
FlujoAgua	Flujo en el tanque de agua	Área 1	1*
Flujo15NaOH	Flujo en el tanque de NaOH al 15%	Área 1	1

FlujoCl	Flujo en el tanque de Cl_2 gaseado	Área 2	1
FlujoR	Flujo en el Reactor	Área 2	1
NivelAgua	Nivel en el tanque de agua	Área 1	2*
Nivel2	Nivel en el tanque de NaOH al 50%	Área 1	1
Nivel3	Nivel en el tanque de NaOH al 15%	Área 1	1
NivelR	Nivel en el Reactor	Área 2	2*
NivelNaOCl	Nivel en el tanque de NaOCl	Área 2	2*
Bomba	Valor de voltaje de entrada de las bombas		1
SobreVoltaje1	Señalización de sobrevoltaje en la bomba de NaOH al 50%	Área 1	1
SobreVoltaje2	Señalización de sobrevoltaje en la bomba de agua	Área 1	1
SobreVoltaje3	Señalización de sobrevoltaje en la bomba de NaOH al 15%	Área 1	1
SobreVoltaje4	Señalización de sobrevoltaje en la bomba de NaOCl	Área 2	1
BombaNaOCl	Señal lumínica de la bomba de NaOCl	Área 2	1*
Bomba50NaOH	Señal lumínica de la bomba del tanque de NaOH a 50%	Área 1	1
Bomba15NaOH	Señal lumínica de la bomba del tanque de NaOH a 15%	Área 1	2*
BombaAgua	Señal lumínica de la bomba del tanque de agua	Área 1	1

ValvulaCl	Señal lumínica de la válvula de Cl_2 gaseado	Área 2	1
ValvulaR	Señal lumínica de la válvula del Reactor	Área 2	1

Área 1: Producción de Sosa Cáustica (NaOH)

Área 2: Producción de Hipoclorito de Sodio (NaOCl)

Nota: Los valores señalados con asteriscos (*) son los definidos para demostrar la metodología.

Anexo VI: Ejemplos de configuraciones de alarmas del proceso

✓ Configuración del nivel de líquido del tanque de agua (ver Figura 6.1a y 6.1b).

- **Nombre:** (NivelAgua)
- **Nombre del umbral:** (NiveldelAgua)
- **Área:** (Concentración de NaOH)
- **Valor del límite:** (50)
- **Condición de severidad:** (2)

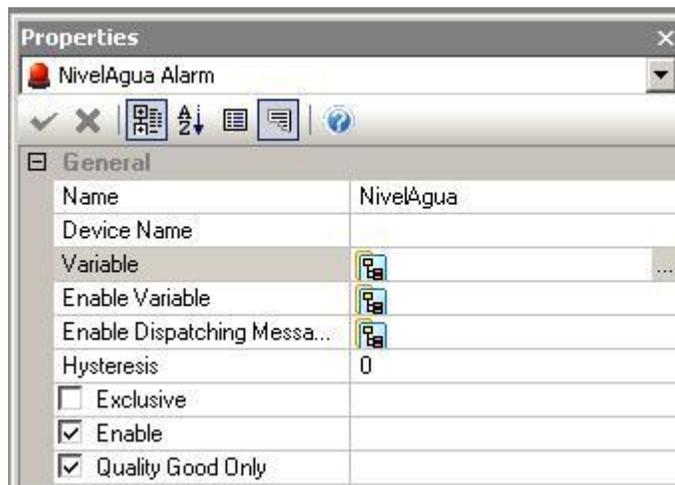


Figura 6.1a: Configuración general del nivel de agua

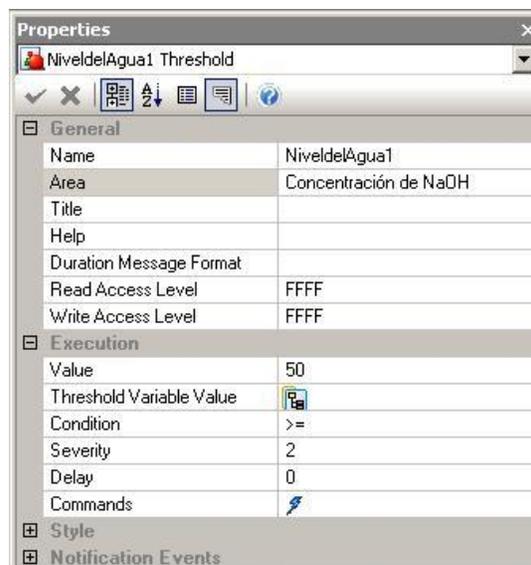


Figura 6.1b: Configuración de umbral del nivel de agua

✓ Configuración del flujo de agua que sale del tanque agua (ver Figura 6.2a y 6.2b):

- **Nombre:** (FlujoAgua)
- **Nombre del umbral:** (flujodeagua)
- **Área:** (Concentración de NaOH)
- **Valor del límite:** (47)
- **Condición de severidad:** (1)

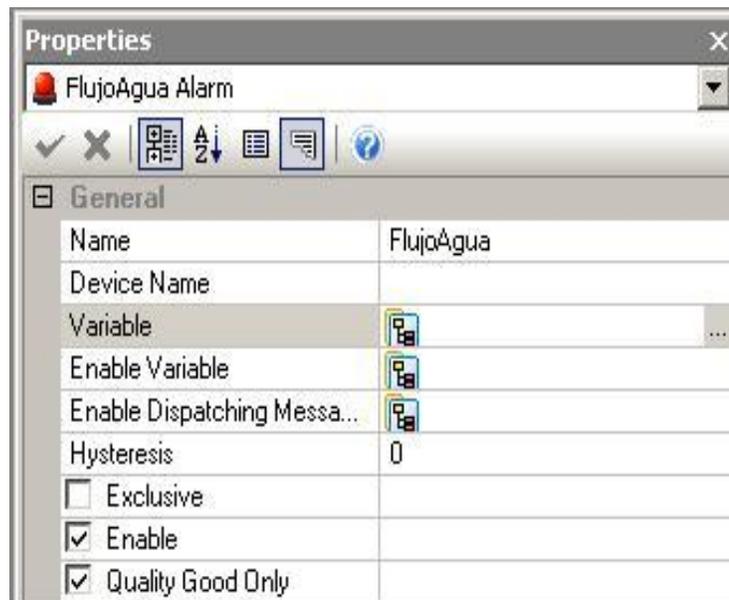


Figura 6.2a: Configuración general del flujo de agua

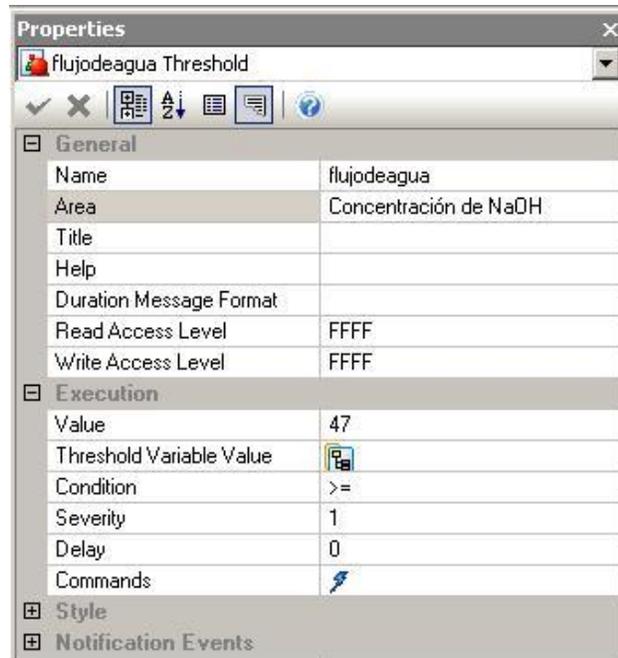


Figura 6.2b: Configuración de umbral del flujo de agua

✓ Configuración de la alarma correspondiente al estado de trabajo de la bomba que alimenta el tanque de hipoclorito de sodio, (ver Figura 6.3a y 6.3b):

- **Nombre:** (BombaNaOCl)
- **Nombre del umbral:** (límite2)
- **Área:** (Hipoclorito de Sodio)
- **Valor del límite:** (8)
- **Condición de severidad:** (1)

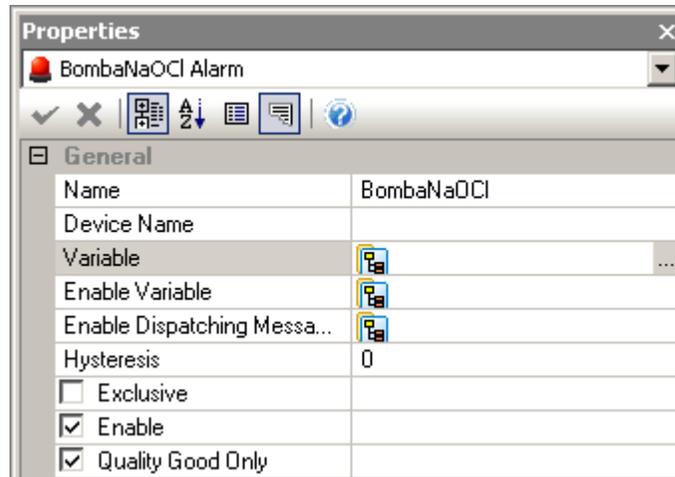


Figura 6.3a: Configuración general de la bomba de NaOCl

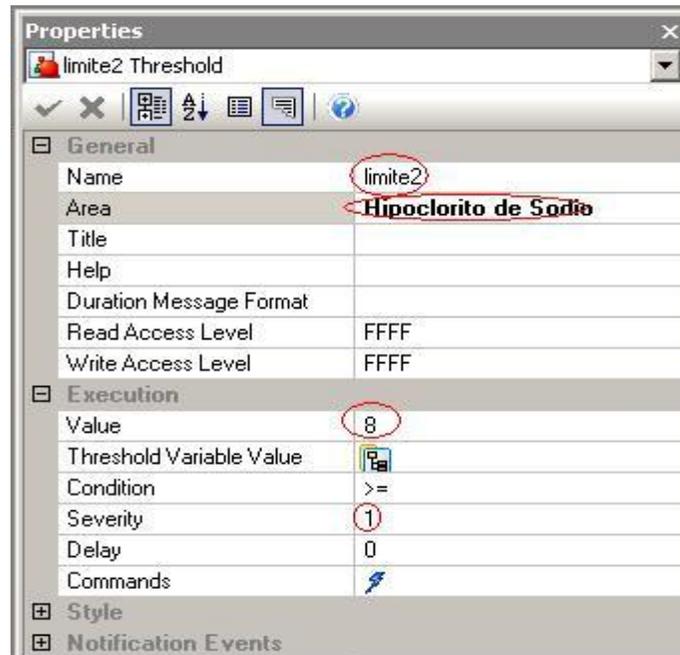


Figura 6.3a: Configuración del umbral de la bomba de NaOCl

✓ Configuración de la alarma correspondiente al nivel del tanque de hipoclorito de sodio (ver Figura 6.4a y 6.4b):

- **Nombre:** (NivelNaOCl)
- **Nombre del umbral:** (NivelTanque)
- **Área:** (Hipoclorito de Sodio)

- **Valor del límite:** (50)
- **Condición de severidad:** (2)

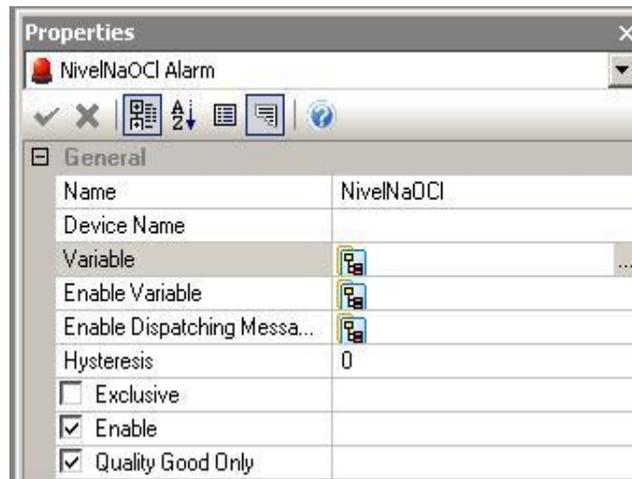


Figura 6.4a: Configuración general del nivel de NaOCl

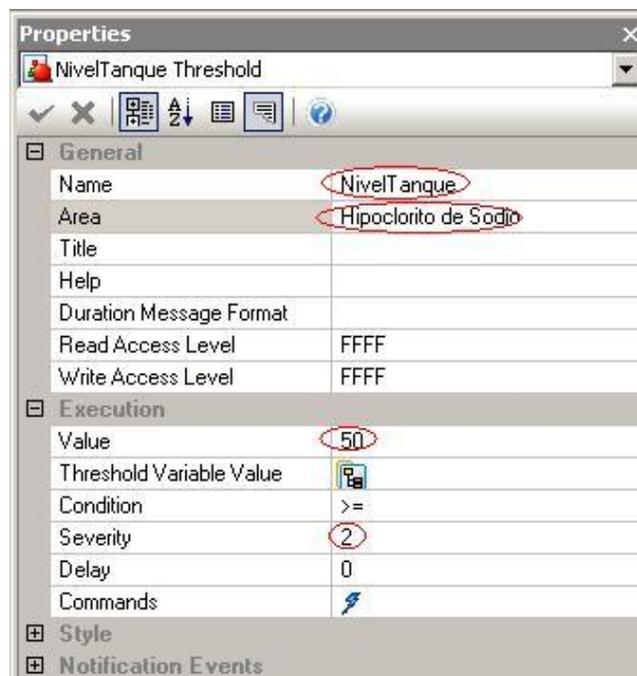


Figura 6.4b: Configuración del umbral del nivel de NaOCl

✓ Configuración de la alarma correspondiente al nivel del tanque del reactor (ver Figura 6.5a y 6.5b):

- **Nombre:** (NivelR)
- **Nombre del umbral:** (NivelReactor)
- **Área:** (Hipoclorito de Sodio)

- **Valor del límite:** (48)
- **Condición de severidad:** (2)

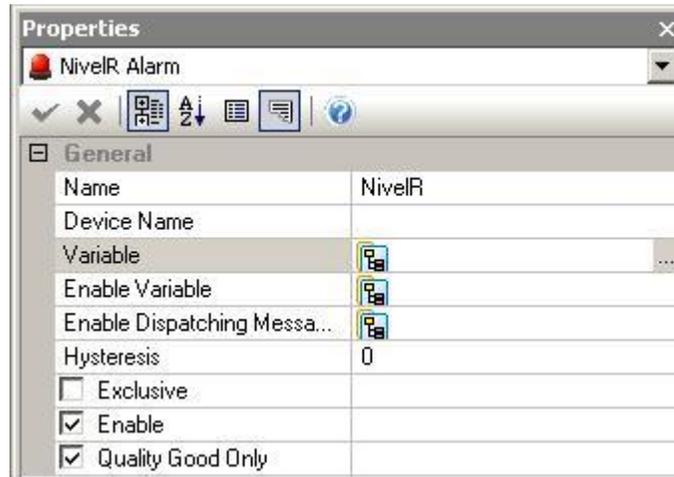


Figura 6.5a: Configuración general del nivel del reactor

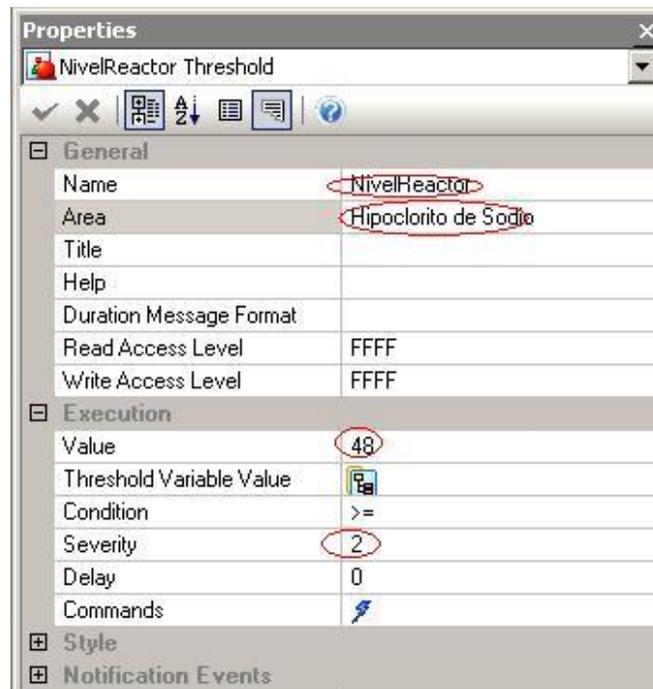


Figura 6.5b: Configuración de umbral del nivel del reactor

Anexo VII: Programación completa en Script de la simulación del proceso con cambios dinámicos.

Sub Main

'Simulación aleatoria de variables

'Voltajes

$$V1 = 100 + 30 * \text{Rnd}(1)$$

$$V2 = 100 + 30 * \text{Rnd}(1)$$

$$V3 = 100 + 30 * \text{Rnd}(1)$$

$$V4 = 100 + 30 * \text{Rnd}(1)$$

'Variables del proceso

$$\text{Concent2} = 49 + 2 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Concent3} = 14 + 2 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{ConcentNaOCl} = 6 + \text{Rnd}(1)$$

$$\text{pHNaOCl} = 11 + \text{Rnd}(1)$$

$$\text{TempAgua} = 20 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Temp2} = 20 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Temp3} = 10 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{TempR} = 30 + 5 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{TempNaOCl} = 20 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Flujo50NaOH} = 20 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{FlujoAgua} = 2.33 * \text{Flujo50NaOH}$$

$$\text{Flujo15NaOH} = 20 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{FlujoCl} = 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{FlujoR} = 10 + 10 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{NivelAgua} = 45 + 15 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Nivel2} = 45 + 15 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Nivel3} = 45 + 15 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{NivelR} = 45 + 15 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{NivelNaOCl} = 45 + 15 * \text{Rnd}(1)$$

$$\text{Bomba} = 10 * \text{Rnd}(1)$$

'Determinación de sobrevoltajes

If V1 > 127 Then

SobreVoltaje1 = 1

Else

```
SobreVoltaje1 = 0
End If
If V2 > 127 Then
SobreVoltaje2 = 1
Else
SobreVoltaje2 = 0
End If
If V3 > 127 Then
SobreVoltaje3 = 1
Else
SobreVoltaje3 = 0
End If
If V4 > 127 Then
SobreVoltaje4 = 1
Else
SobreVoltaje4 = 0
End If
```

'Alarmas lumínicas del proceso

```
If Bomba > 8 Then
BombaNaOCI = 1
Else
BombaNaOCI = 0
End If
If Bomba > 2 Then
Bomba50NaOH = 1
Else
Bomba50NaOH = 0
End If
If Bomba > 4 Then
Bomba15NaOH = 1
Else
Bomba15NaOH = 0
End If
If Bomba > 2 Then
BombaAgua = 1
```

```
Else  
BombaAgua = 0  
End If
```

'Alarmas de las válvulas del proceso

```
If Bomba > 4 Then  
    ValvulaCl = 1  
Else  
    ValvulaCl = 0  
End If
```

```
If Bomba > 6 Then  
    ValvulaR = 1  
Else  
    ValvulaR = 0  
End If
```

'Variable compleja: se activa la alarma cuando ocurra las dos condiciones a la vez

```
Complejas= (Concent3 >15) And (Flujo15NaOH >25)
```

'Definición de umbral, área y severidad para las alarmas: estos códigos son basados en el ejemplo desarrollado en el capítulo 2.

```
Dim objAlarm As AlarmCmdTarget  
Dim objThreshold As AlarmThresholdCmdTarget  
  
Set objRet = GetVariableObject("Bomba")  
Set objAlarm = objRet.GetAlarmObject("Bomba15NaOH Bomba")  
Set objThreshold = objAlarm.GetAlarmThreshold("limite1")  
  
LimAlarmaInicio=objThreshold.Threshold  
SevAlarmaInicio=objThreshold.Severity  
AreaInicio=objThreshold.AlarmArea  
  
If Not objAlarm Is Nothing Then  
    Nombre = objAlarm.VariableName  
    Set objAlarm = Nothing
```

```
End If
    Set objRet = Nothing
End Sub
```

'Ejecución del cambio dinámico de umbral, área y severidad

```
Sub Main
    Dim objAlarm As AlarmCmdTarget
    Dim objThreshold As AlarmThresholdCmdTarget

    Set objRet = GetVariableObject("Bomba")
    Set objAlarm = objRet.GetAlarmObject("Bomba15NaOH Bomba")
    Set objThreshold = objAlarm.GetAlarmThreshold("limite1")

    objThreshold.Threshold=3
    objThreshold.Severity=1
    objThreshold.AlarmArea="Prioritaria"

    If Not objAlarm Is Nothing Then
        LimAlarma=objThreshold.Threshold
        SevAlarma=objThreshold.Severity
        Area=objThreshold.AlarmArea
        Nombre = objAlarm.VariableName
    Set objAlarm = Nothing
    End If
    Set objRet = Nothing
End Sub
```