

ACCIONES DERIVADAS DE ALARMAS DE SEGURIDAD DE PROCESOS EN UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)

Molle Mathias, YPF SA, mathias.molle@ypf.com

Paschetta Lautaro, YPF SA, lautaro.paschetta@ypf.com

Sinopsis

El presente proyecto tuvo como objetivo el desarrollo e implementación de una herramienta visual destinada a proporcionar al operador de consola de un DCS indicaciones claras sobre las acciones a tomar ante alarmas de seguridad de procesos (SPS). Dicha herramienta permite al operador visualizar parámetros clave, como las acciones derivadas, los tiempos de respuesta y las medidas a adoptar en caso de inhibición de las alarmas mencionadas.

El desarrollo de esta se realizó inicialmente en Sistemas de Control Distribuido 800xA de la marca ABB.

Una alarma se define como: “Aviso al operador por medio de un sonido audible y/o una indicación visual de que existe un mal funcionamiento en un equipo, una desviación del proceso o una situación anormal en la unidad, y que se requiere una acción correctiva en un tiempo adecuado (razonable)”. En este contexto, las alarmas SPS son aquellas identificadas como salvaguardas en los estudios de seguridad.

La gestión de alarmas es fundamental para garantizar una operación segura, ya que constituye una capa esencial dentro de la seguridad del proceso.

La iniciativa del proyecto surgió con el propósito de brindar al operador de consola la posibilidad de acceder, de manera ágil y eficiente, a información relevante sobre las alarmas SPS dentro del hábitat de operación del DCS.

Las acciones derivadas de estas alarmas fueron identificadas a partir de los estudios HAZOP (unión de las palabras en inglés *Hazard and Operability*), aprovechando la experiencia del grupo interdisciplinario que lo integra. Una vez definidas, se desarrolló e implementó una herramienta gráfica en el DCS y se impartieron capacitaciones a los operadores para su correcta utilización.

La herramienta incluye una identificación clara de las variables con alarmas SPS configuradas. Además, mediante una ventana emergente, se despliegan los parámetros clave relacionados, facilitando la toma de decisiones en tiempo real.

La implementación de esta herramienta ha sido fundamental para asistir a los operadores en la gestión de alarmas SPS, mejorando el acceso a la información y reduciendo el margen de error. Como resultado, se ha fortalecido la seguridad operativa del complejo.

En relación con el plan de mejora continua, se propone replicar esta iniciativa a la totalidad de los DCS del complejo industrial.

La implementación de esta herramienta ha optimizado la seguridad operativa del complejo, proporcionando a los operadores una solución efectiva para la gestión de alarmas SPS y contribuir a la seguridad de los procesos. Además, su diseño versátil permite adaptarse a modificaciones derivadas de los estudios de seguridad, asegurando su vigencia y utilidad.

Introducción

En la industria de procesos, la gestión de alarmas es fundamental para garantizar la operación segura y continua de las instalaciones, así como la seguridad de las personas. Las alarmas SPS constituyen una capa crítica dentro de las capas de protección de una planta, ya que alertan al operador sobre condiciones que requieren atención inmediata para prevenir incidentes.

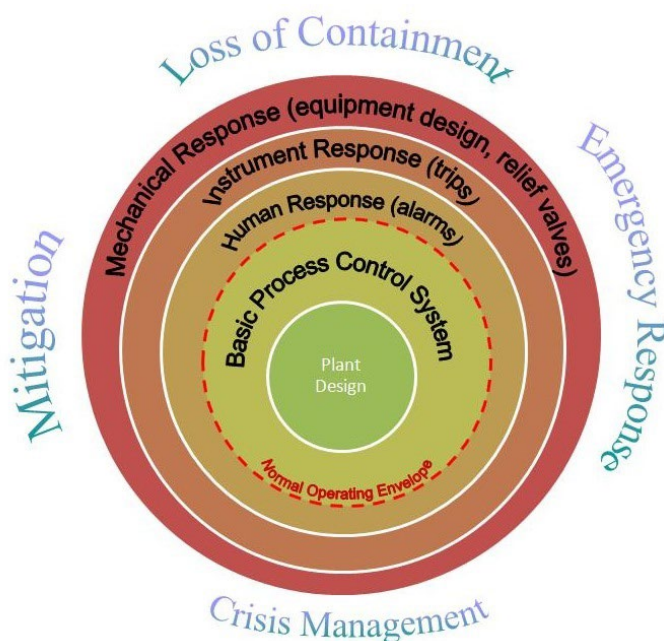


Imagen 1 Diagrama de análisis de las capas de protección, extraído de la EEMUA Publication 191 – Alarm systems: a guide to design, management and procurement

Los DCS modernos permiten una amplia personalización y configuración de alarmas, pero la cantidad y complejidad de estas señales pueden dificultar la interpretación y respuesta oportuna por parte del operador. En este contexto, contar con herramientas que mejoren la visualización y gestión de las alarmas SPS resulta esencial para fortalecer la seguridad operativa.

Este trabajo se enfoca en el desarrollo e implementación de una solución visual dentro del entorno de operación del sistema de control 800xA de ABB, orientada a proporcionar indicaciones claras sobre las acciones derivadas de las alarmas SPS. Dichas acciones fueron extraídas de los estudios HAZOP realizados en la planta, los cuales identifican las salvaguardas y procedimientos específicos asociados a cada alarma.

El objetivo principal de esta iniciativa es facilitar el acceso a la información relevante para el operador de consola, permitiendo una respuesta ágil y eficiente ante las alarmas SPS. De esta manera, se busca minimizar errores humanos, optimizar la toma de decisiones y contribuir a la mejora continua en la gestión de la seguridad de los procesos industriales.

Desarrollo

Este apartado describe el procedimiento llevado a cabo para incorporar indicaciones visuales relacionadas con las alarmas SPS, surgidas de estudios HAZOP y sus respectivas acciones derivadas. Esta iniciativa surgió como parte de un plan de mejora en la gestión de la seguridad de procesos, con el objetivo de fortalecer la respuesta operativa ante eventos críticos.

Para su implementación, se aprovecharon los resultados de los estudios HAZOP, a partir de los cuales se identificaron las alarmas SPS y se definieron las acciones correspondientes. Estas acciones fueron integradas al DCS, con el fin de brindar soporte directo al operador de consola en caso de activación de este tipo de alarmas, facilitando así una respuesta adecuada y oportuna.

La EEMUA (The Engineering Equipment and Materials Users' Association) en su Publicación *191 – Alarm systems: a guide to design, management and procurement*, señala que la interfaz hombre-máquina (HMI) desempeña un papel fundamental en la gestión efectiva de las alarmas. Un diseño adecuado de la HMI debe asegurar que las alarmas de seguridad sean claramente identificables y diferenciadas del resto de las señales, destacando su prioridad y permaneciendo visibles mientras estén activas. Esto permite que el operador reconozca con rapidez la gravedad del evento y actúe de manera oportuna dentro del tiempo requerido.

Además, la ergonomía y la organización lógica de la información en la HMI son factores clave para reducir la carga cognitiva del operador, evitar confusiones y minimizar errores humanos durante la respuesta a alarmas críticas. La EEMUA destaca, a su vez, que la experiencia ha demostrado que la mayoría de las fallas en las respuestas a los sistemas de alarmas se deben a errores humanos, más que a fallas del hardware. Por tanto, la probabilidad de una respuesta exitosa del operador puede incrementarse significativamente mejorando la ergonomía de la interfaz. No obstante, aunque la integridad del hardware es importante, los beneficios en términos de reducción de riesgos suelen mejorarse a través de mejoras en la usabilidad.

Desde esta perspectiva, la respuesta del operador puede descomponerse en cuatro etapas, tal como se muestra en la Imagen 1:

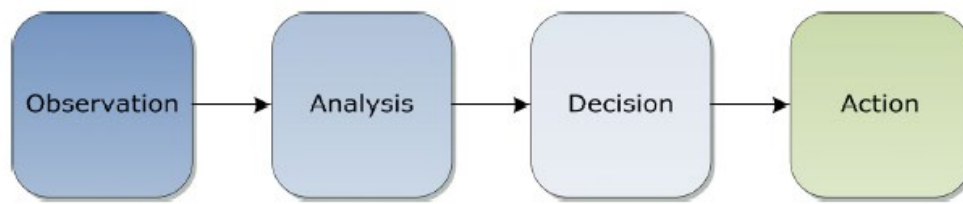


Imagen 2 Etapas de respuesta del operador según la EEMUA 191

Para que la respuesta del operador sea exitosa, las cuatro etapas deben cumplirse correctamente:

- Observación (Conciencia): la recepción oportuna de la información.
- Análisis: usar la información disponible (probablemente tanto la alarma como la información de apoyo proveniente de las indicaciones del panel de control) para determinar en qué estado se encuentra la planta y el proceso.
- Decisión: aplicar los resultados del análisis para decidir qué acción(es) tomar.
- Acción: llevar a cabo la(s) acción(es) decidida(s).

La *ISA-18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries* no se centra exclusivamente en las “alarmas de seguridad”, pero sí abarca las alarmas críticas, incluyendo aquellas relacionadas con la Seguridad de Procesos. Algunos principios relevantes establecidos en esta norma son:

- Diferenciación clara de prioridades:
 - Usar colores consistentes para las prioridades de alarma.
 - Las alarmas de seguridad suelen representarse con un color y forma consistente y diferenciada para resaltar su criticidad.
- Contexto gráfico adecuado:
 - Las alarmas deben aparecer dentro del contexto del proceso en la pantalla (no sólo en listas).
 - Se deben mostrar cerca del equipo afectado para facilitar una respuesta intuitiva.
- Minimizar ruido visual:
 - No sobrecargar la pantalla, sólo mostrar alarmas relevantes al contexto actual del operador.
- Accesibilidad inmediata a detalles:
 - Al hacer clic o seleccionar una alarma, el operador debe poder ver: Descripción, Posibles causas, Consecuencias y Acciones recomendadas
- Integración con procedimientos operativos:
 - Las alarmas críticas, incluidas las de seguridad, deben estar enlazadas con procedimientos guiados o mensajes de instrucción claros.

La ISA 18.2 exige que cada alarma que se defina y configure durante el ciclo de vida tenga documentados estos elementos esenciales: Causa probable, Consecuencia de no actuar y Acción recomendada al operador. Además, el operador debe poder acceder fácilmente a esta información desde la HMI, por ejemplo, mediante un clic en la alarma que despliegue estos detalles.

12.3 Information linking

Alarm systems can be enhanced by linking to information in the master alarm database (e.g., operator action or consequence). Information can also be linked from other sources including: operating procedures, operator logs, maintenance history, or design documents. These links should be easy to manage and maintain.

14.2 Alarm response procedures

14.2.1 Alarm response procedures requirements

Alarm response procedures shall be readily accessible to the operator as specified in the alarm philosophy.

14.2.2 Alarm response procedure recommendations

The alarm information recorded during alarm rationalization should also be made readily accessible.

Unless otherwise specified in the alarm philosophy, the alarm response procedures should include:

- a) the tag name for alarm,
- b) the tag description or alarm description for alarm,
- c) the alarm type,
- d) the alarm setpoint,
- e) the potential causes,
- f) the consequence of inaction,
- g) the operator action,
- h) the allowable response time, and
- i) the alarm class.

Imagen 3 Extractos de la ISA18.2 relacionados con los puntos anteriores

Por tal motivo, se planteó la necesidad de proporcionar al operador información clara y accesible sobre las acciones derivadas que deben ejecutarse al activarse una alarma SPS.

Como solución, se diseñó un elemento gráfico que identifica visualmente los tags asociados a alarmas SPS. Este elemento no sólo permite la rápida identificación, sino que también ofrece acceso directo a información clave, como las acciones derivadas, los tiempos de respuesta y las medidas a adoptar en caso de inhibición de la alarma.

A continuación, se presentan las definiciones utilizadas en el desarrollo de esta herramienta:

Acción derivada: acción operativa específica que debe ejecutar el operador ante la activación de una alarma SPS, según lo definido en los estudios HAZOP. Estas acciones están destinadas a mitigar o prevenir una consecuencia indeseada del evento anómalo y deben realizarse dentro de un plazo determinado. Están documentadas y deben ser accesibles desde la HMI del DCS.

Tiempo de respuesta: intervalo de tiempo máximo dentro del cual el operador debe ejecutar la acción derivada desde el momento en que se activa la alarma SPS. Este tiempo se establece en función del análisis de riesgo y refleja el margen crítico para evitar que la desviación del proceso evolucione hacia un evento peligroso.

Acción ante inhibición: procedimiento alternativo que debe seguir el operador cuando una alarma SPS se encuentra inhibida o fuera de servicio. Dado que una alarma inhibida no puede alertar sobre una condición anormal, esta acción compensa temporalmente la pérdida de esa salvaguarda.

Toda esta información se obtiene del trabajo conjunto del equipo interdisciplinario responsable de las sesiones de estudios HAZOP, quienes definieron las salvaguardas y procedimientos asociados a cada alarma.

El elemento gráfico consiste en una indicación visual en la pantalla del operador, configurada para cada tag que posea alarmas SPS. Esta indicación cambia de color y se anima según el estado de la alarma: activa y no reconocida, activa reconocida, y de acuerdo con su prioridad. Los colores utilizados son: rojo para alta prioridad, naranja para media prioridad y amarillo para baja prioridad.



Imagen 4 Ejemplos de indicaciones gráficas en el DCS para alarmas SPS en diferentes estados: sin alarma activa (izquierda) y con alarmas activas de baja prioridad (amarillo), media (naranja) y alta prioridad (rojo). Imagen tomada del simulador del DCS 800xA de la planta de Lubricantes Grupo 1 del Complejo Industrial La Plata.

Para indicar que una señal posee alarmas SPS, se utilizaron las siglas HYP, dado que los operadores suelen referirse a ellas informalmente como "alarmas HAZOP".

Al hacer clic sobre cada una de estas indicaciones (HYP), el operador de consola accede a una ventana emergente que contiene la información relevante asociada a la alarma SPS: acciones del operador, tiempo de respuesta y acciones a ejecutar en caso de inhibición.

La ventana sólo desplegará las pestañas correspondientes a las alarmas SPS que hayan sido configuradas; aquellas que no apliquen no serán visibles. Además, las siglas asociadas a alarmas

activas se colorean automáticamente, lo que permite al operador identificar rápidamente a qué pestaña debe dirigirse.

En la Imagen 5 se presenta una plantilla ilustrativa de la ventana emergente, donde se visualizan las acciones mencionadas.

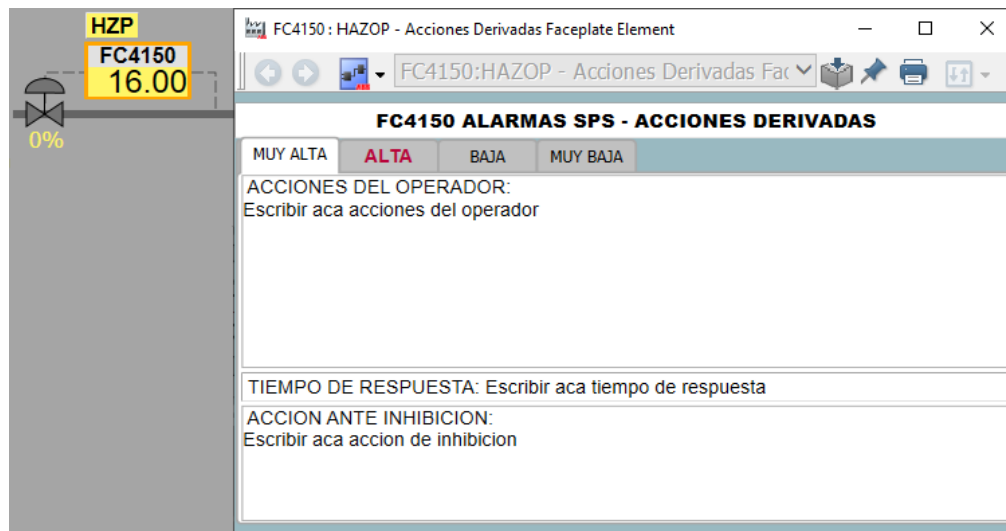


Imagen 5 Plantilla de la ventana emergente accesible desde la indicación HWP en el DCS. Se visualizan las pestañas correspondientes a las alarmas SPS configuradas, incluyendo las acciones del operador; tiempo de respuesta y acciones ante inhibición. Las siglas coloreadas indican alarmas activas, facilitando su rápida identificación por parte del operador.

En la Imagen 6 se muestra la pantalla completa del entorno de operación, donde se visualiza la ventana emergente con la información asociada a las alarmas SPS. Se incluyen, además, las descripciones de cada uno de los campos que componen dicha ventana, facilitando su interpretación y uso por parte del operador.

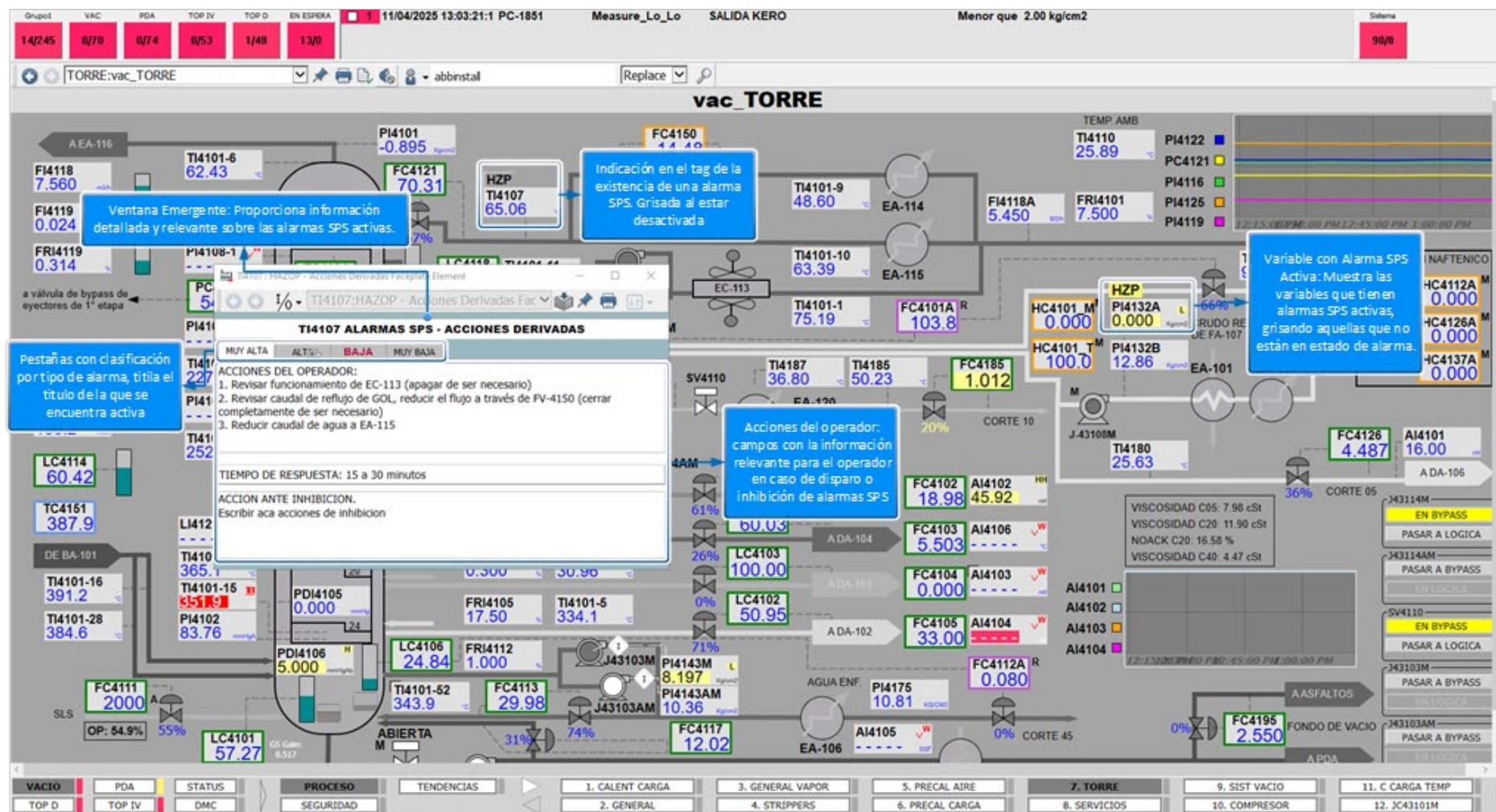


Imagen 6 Vista completa de la pantalla de operación del DCS. Se observa la ventana emergente correspondiente a una alarma SPS, con el detalle de cada uno de sus campos: acciones del operador, tiempo de respuesta y acciones ante inhibición. La imagen fue extraída del simulador del DCS 800xA de la planta de Lubricantes Grupo 1 del Complejo Industrial La Plata e incluye explicaciones que facilitan su comprensión e interpretación por parte del operador.

Configuración

Como se detalló previamente, y en línea con los principios establecidos por las normas EEMUA 191 e ISA 18.2, se avanzó en el diseño e implementación concreta del elemento gráfico dentro del entorno del DCS 800xA. Esta iniciativa respondió a la necesidad de brindar al operador una herramienta intuitiva, eficaz y alineada con los estándares de seguridad de procesos. A continuación, se describe el procedimiento técnico llevado a cabo para configurar esta funcionalidad, integrando los aspectos gráficos, sus propiedades generales y los elementos de interacción necesarios para asegurar una respuesta operativa eficiente ante alarmas SPS.

Elementos y aspectos requeridos

Para implementar esta funcionalidad gráfica, fue necesario configurar tres aspectos dentro del objeto tipo ("type") de cada tag del sistema:

- **Graphic Element:** Indicador visual en la pantalla de operación que permite identificar si un tag posee una alarma SPS asociada. Este aspecto se denomina HAZOP_Indicator.
- **General Properties:** Contenedor de texto donde se definen las acciones derivadas correspondientes a la salvaguarda identificada. Este aspecto se denomina HAZOP – Acciones Derivadas SPS.
- **Faceplate Element:** Componente que habilita la apertura de una ventana emergente (faceplate) desde la interfaz gráfica, la cual despliega el contenido definido en el aspecto General Properties. Este aspecto se denomina HAZOP – Acciones Derivadas Faceplate Element.

Procedimiento de configuración

Para configurar los aspectos mencionados, es necesario acceder al entorno de desarrollo del sistema 800xA. La ruta de acceso es la siguiente:

Engineering Workplace > Object Type Structure Control System > Libraries

Dentro de la sección **Libraries**, se debe seleccionar el *type* al cual se desea incorporar la funcionalidad. A modo de ejemplo, se utiliza el tipo SignalInRealM, correspondiente a las señales de entrada analógica, sobre el cual se configuran los tres elementos previamente descritos.

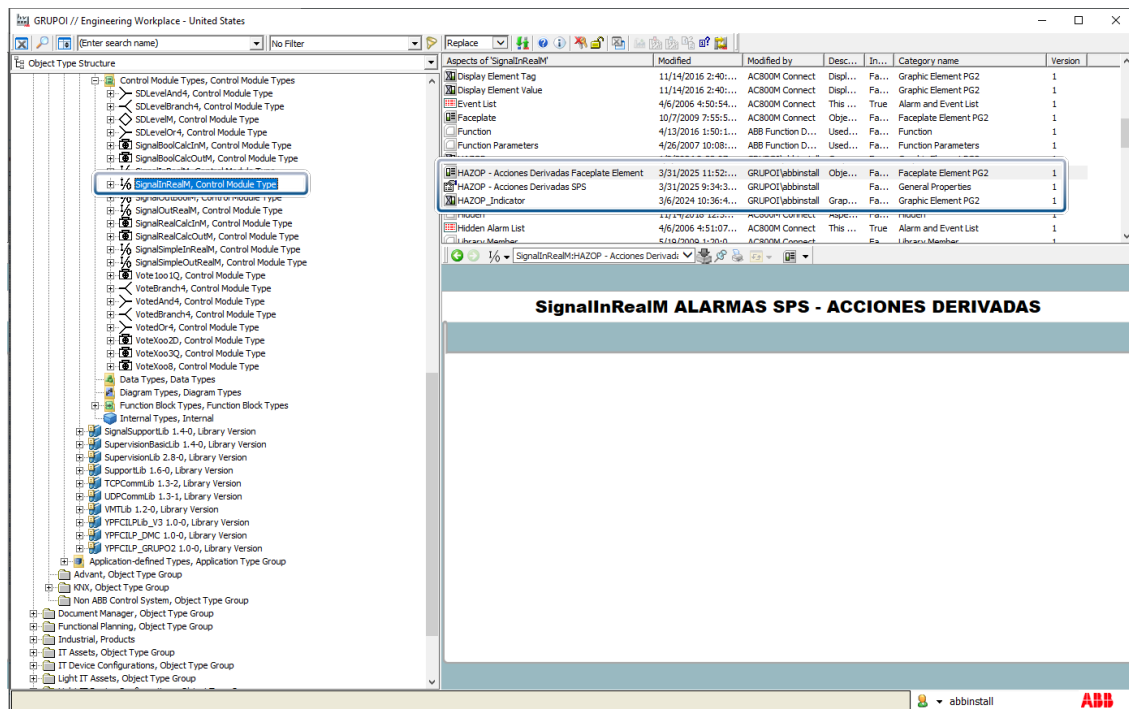


Imagen 7 - Aspectos configurados en el objeto tipo SignalInRealM

En la figura se observa el entorno de configuración del sistema 800xA (ABB), específicamente en la librería correspondiente al objeto tipo SignalInRealM. Se destacan los aspectos creados para la implementación de alarmas SPS: HAZOP Indicator (Graphic Element), HAZOP – Acciones Derivadas SPS (General Properties) y HAZOP – Acciones Derivadas Faceplate Element (Faceplate Element). Estos permiten identificar, desplegar y consultar la información relacionada a las acciones derivadas de cada tag.

Los elementos mencionados se describen a continuación:

1. HAZOP_Indicator (Graphic Element)

Se incorpora un nuevo aspecto del tipo *Graphic Element*, el cual se edita mediante la inclusión del componente denominado **Aspect View Button**. Este componente permite habilitar la apertura de la ventana emergente (*faceplate*) que contiene la información detallada asociada a la alarma SPS.

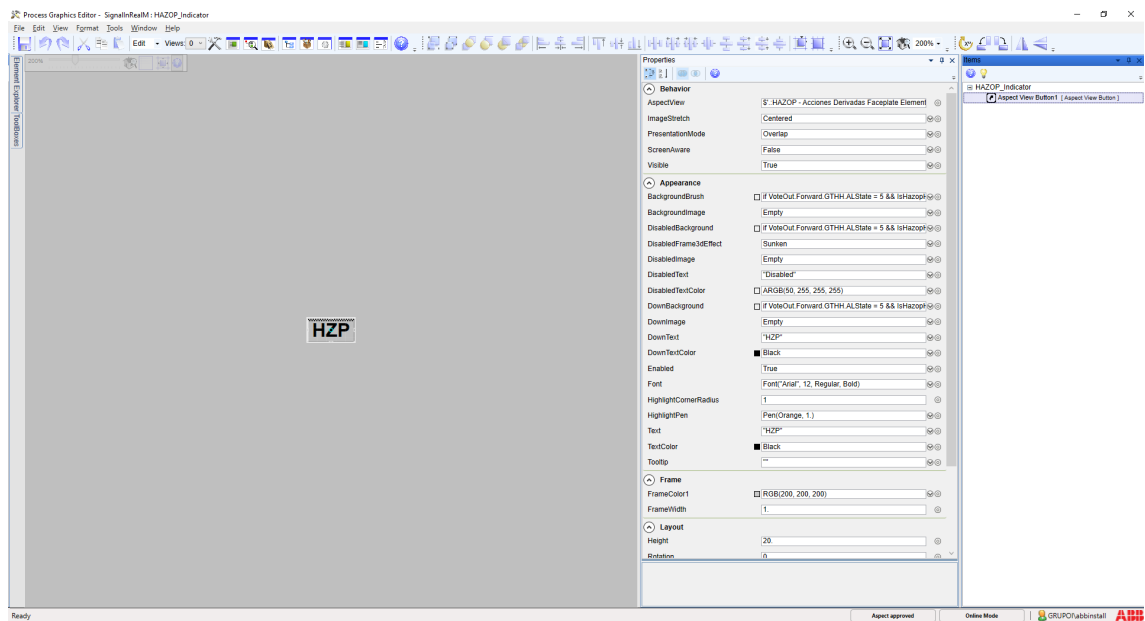


Imagen 8 - Configuración gráfica del indicador HAZOP_Indicator

Se muestra el entorno de edición del Graphic Element HAZOP_Indicator, correspondiente al objeto tipo SignalInRealM. En el área central se visualiza el elemento gráfico "H2P", mientras que en el panel derecho se detallan sus propiedades: dimensiones, comportamiento visual, nombre del aspecto, y los vínculos a los textos configurados en el General Properties y el Faceplate Element. Esta configuración permite que el operador identifique rápidamente tags asociados a alarmas SPS y acceda a las acciones derivadas mediante una ventana emergente.

Para determinar los colores utilizados en la animación del indicador, se desarrolló una lógica condicional basada en el estado de la alarma. Esta lógica permite representar visualmente la prioridad y el estado de reconocimiento de cada alarma SPS. Además, se emplean *Expression Variables* para evaluar condiciones específicas y controlar dinámicamente el comportamiento del indicador gráfico en función de dichos estados.

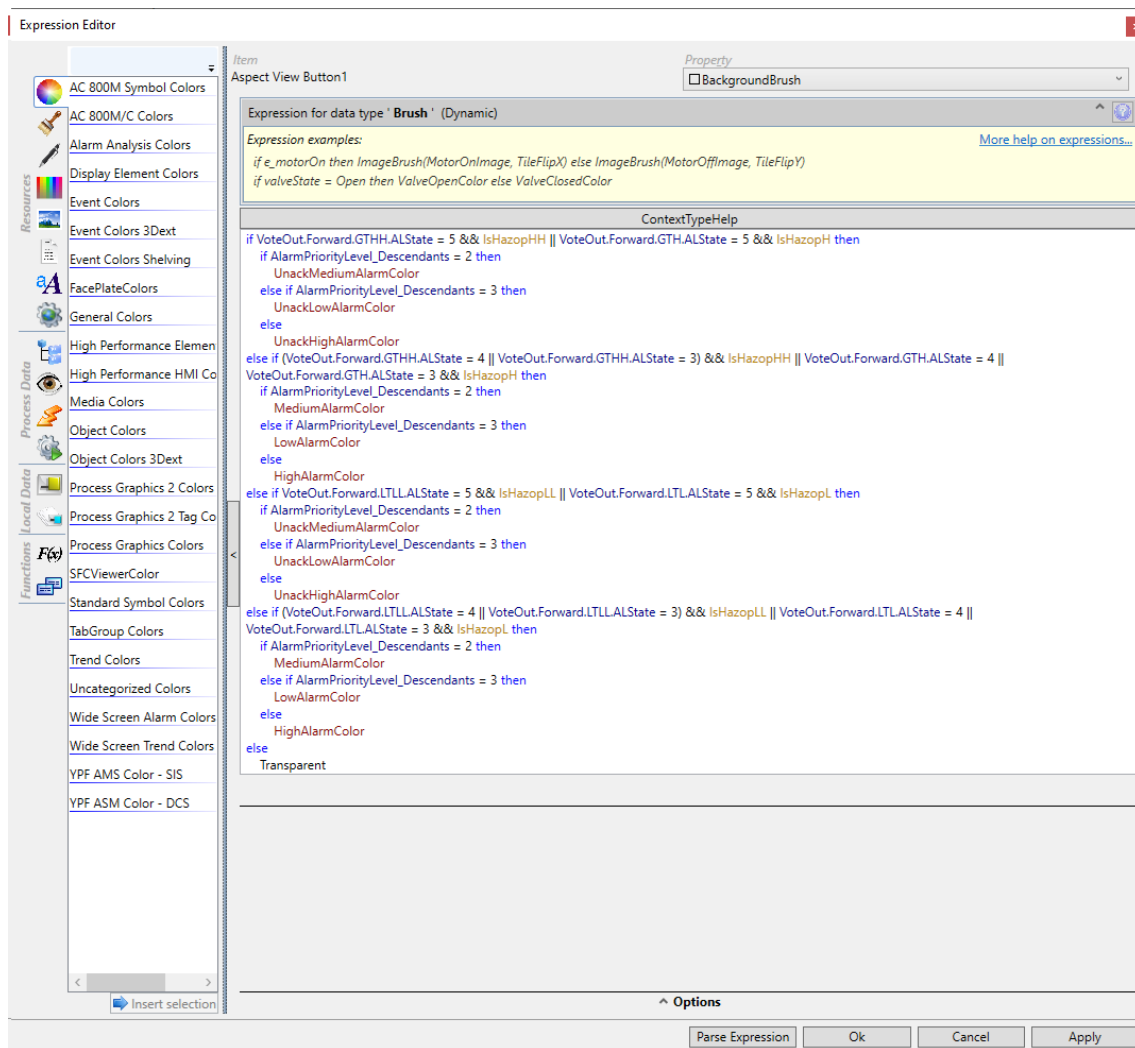


Imagen 9 - - Configuración de la propiedades de color del componente Aspect View Button en el indicador HAZOP_Indicator. El código asignado define la lógica de color según el estado de la variable, permitiendo una identificación visual inmediata del estado de la alarma SPS.

A su vez, las variables locales se definen en *Expression variables* de la siguiente forma:

Expression Variables						
Name	Type	Exposed as Out Terminal	Persistent	Shared	Expression	
IsHazopH	Boolean	False	False	False	AESevH = 311 AESevH = 611 AESevH = 911	⊗
IsHazopHH	Boolean	False	False	False	AESevHH = 311 AESevHH = 611 AESevHH = 911	⊗
IsHazopL	Boolean	False	False	False	AESevL = 311 AESevL = 611 AESevL = 911	⊗
IsHazopLL	Boolean	False	False	False	AESevLL = 311 AESevLL = 611 AESevLL = 911	⊗

Imagen 10 Expression Variables

2. HAZOP – Acciones Derivadas SPS (General Properties)

Este aspecto se utiliza para volcar la información obtenida de los estudios de seguridad, incluyendo las acciones derivadas, el tiempo de respuesta y las medidas a adoptar en caso de inhibición de la alarma. El contenido es editable desde el entorno de configuración del sistema,

lo que permite una actualización ágil y eficiente de la información una vez que el elemento ha sido configurado.

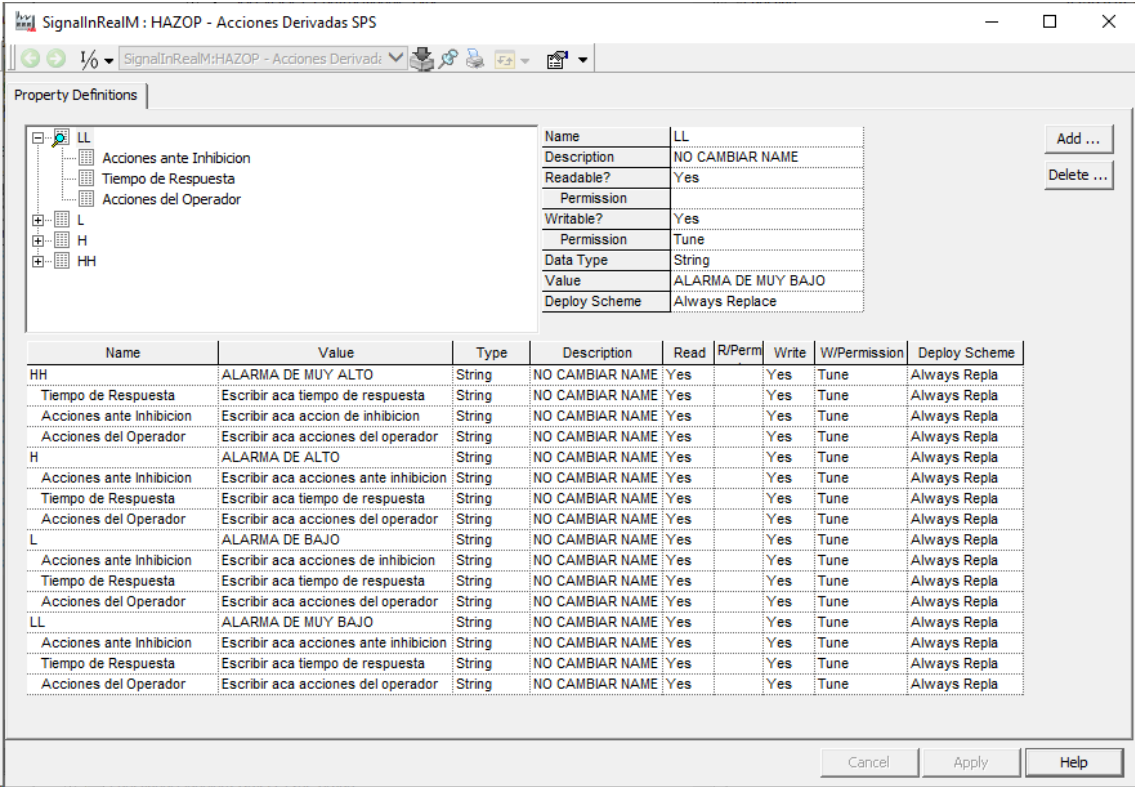


Imagen 11 Vista del aspecto HAZOP – Acciones Derivadas SPS dentro del entorno de configuración del sistema 800xA. En este campo se vuelca la información obtenida de los estudios de seguridad, incluyendo las acciones derivadas, el tiempo de respuesta y las medidas ante inhibición. Su carácter editable permite mantener actualizada la información de forma ágil y eficiente.

3. HAZOP – Acciones Derivadas Faceplate Element (Faceplate Element)

Este aspecto permite al operador acceder a un *faceplate*, definido como una ventana emergente destinada a la operación y el control. En este caso, el *faceplate* se abre directamente desde el gráfico de operación al hacer clic sobre el elemento visual correspondiente al *tag* con alarma SPS. La ventana emergente presenta de forma clara y estructurada la información crítica asociada a la alarma, incluyendo las acciones derivadas, el tiempo de respuesta y las medidas a adoptar en caso de inhibición, tal como fueron definidas en el aspecto *General Properties*. Esta funcionalidad mejora la eficiencia operativa al brindar acceso inmediato a información clave en situaciones críticas.

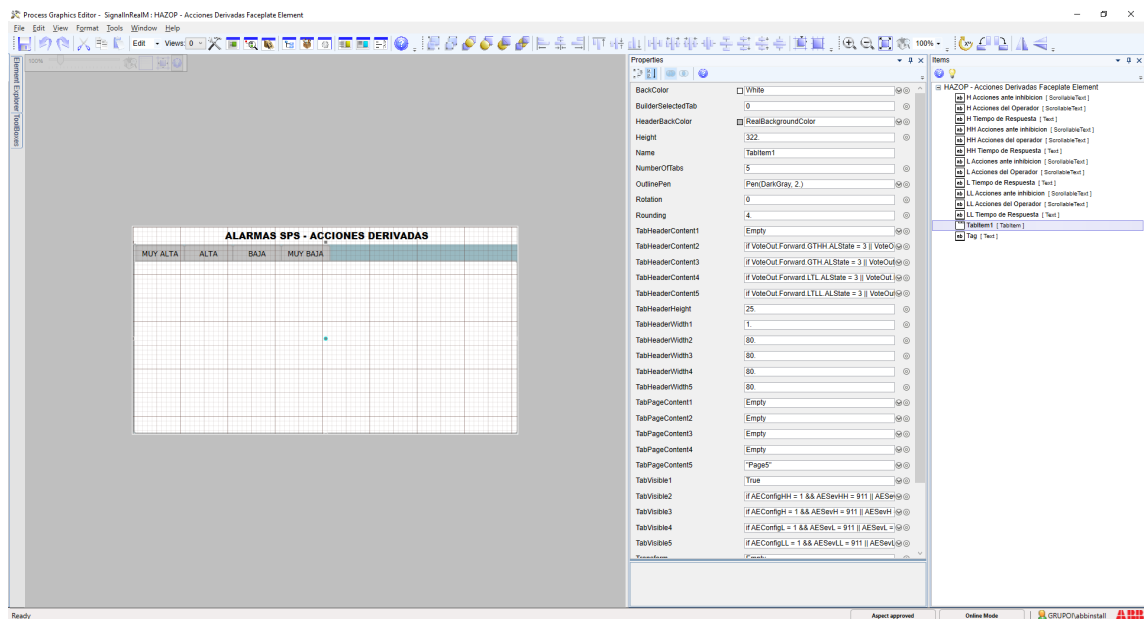


Imagen 12 Vista del editor gráfico del sistema 800xA, donde se configura el aspecto HAZOP – Acciones Derivadas Faceplate Element. Este componente permite al operador acceder a una ventana emergente desde el entorno de operación, la cual despliega información crítica como acciones derivadas, tiempo de respuesta y medidas ante inhibición, facilitando una respuesta rápida y fundamentada ante alarmas SPS.

Conclusión

La implementación de una herramienta visual para la gestión de alarmas de seguridad de procesos (SPS) en el sistema de control distribuido 800xA de ABB ha representado un avance significativo en la mejora de la seguridad operativa del complejo industrial. Esta solución fue posible gracias al trabajo conjunto de un equipo interdisciplinario, cuya experiencia fue fundamental para interpretar los resultados de las sesiones HAZOP y traducirlos en acciones concretas dentro del entorno del DCS.

Se logró optimizar la respuesta del operador ante eventos críticos mediante el diseño e integración de elementos gráficos específicos, como el indicador HAZOP, el acceso a información crítica mediante faceplates y la configuración estructurada de propiedades. Esta herramienta, alineada con los principios de las normas EEMUA 191 e ISA 18.2, mejora la visibilidad de las alarmas SPS, reduce la carga cognitiva del operador y minimiza el riesgo de errores humanos.

La implementación de esta herramienta ha sido fundamental para asistir a los operadores en la gestión de alarmas SPS, mejorando el acceso a la información, reduciendo el margen de error y proporcionando una solución efectiva para contribuir a la seguridad de los procesos. Su diseño versátil permite adaptarse a modificaciones derivadas de los estudios de seguridad, asegurando su vigencia y utilidad a lo largo del tiempo.

Además, la incorporación de definiciones operativas clave —como acción derivada, tiempo de respuesta y acción ante inhibición— refuerza la claridad de las instrucciones brindadas al operador, promoviendo una respuesta estructurada, eficaz y alineada con los objetivos de seguridad.

En el marco de una estrategia de mejora continua, se recomienda extender esta solución al resto de los DCS del complejo, consolidando así una cultura de seguridad robusta, sustentada en herramientas tecnológicas y en el conocimiento experto de equipos multidisciplinarios.

Bibliografía

- *EMMUA (The Engineering Equipment and Materials Users' Association) Publication 191 – Alarm systems: a guide to design, management and procurement*
- *ISA-18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries*
- *ASM Consortium Guidelines Effective Operator Display Desing*

CV Molle Mathias

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Optimización y Control – Infraestructura DCS.

Trayectoria:

- 2019 - ISP ingeniería en Seguridad de Procesos.
- 2020 – actualidad - YPF SA.

CV Paschetta Lautaro

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico, Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Cargo actual en la empresa: Jefe de Planta Lubricantes Grupo I

Trayectoria:

- 2011 – actualidad – YPF SA.