

GESTIÓN DE ALARMAS EN SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO

FILOSOFÍA DE ALARMAS PARA UNA CENTRAL TÉRMICA DE CICLO COMBINADO Y EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALARMAS



Autor: Gerardo Marina Vela

Director: Ramón Grau Mur

**Titulación: Ing. Téc. Naval en Propulsión y
Servicios del Buque**

Fecha: 4 de septiembre del 2014



INDICE.

GESTIÓN DE ALARMAS EN SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO	1
<i>INDICE.</i>	2
I. INTRODUCCIÓN.	7
II. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO?	8
II.I. Elementos.	8
II.II. Aplicaciones.	9
III. GESTIÓN DE SISTEMAS DE ALARMAS. LA ISA 18.2.	10
III.I. Las alarmas en los Sistemas de Control Distribuido.	10
III.II. ¿Por qué es importante la Gestión de Alarmas?	12
III.III. Principios, guías, estándares y regulaciones.	17
VI.I. La Gestión de Alarmas a través de la ISA 18.2, y el método de los 7 pasos.	19
III.IV. Los 7 pasos.	20
IV. FILOSOFIA DE ALARMAS PARA UNA CENTRAL TERMICA DE CICLO COMBINADO	24
1. INTRODUCCIÓN Y PROPOSITO.	24
1.1. Introducción.	24
1.2. El método de los 7 pasos. La Filosofía de Alarmas.	25
2. ALARMA: DEFINICIÓN Y DETERMINACIÓN.	27
2.1. Definición de alarma.	27
2.2. Determinación de alarmas.	28
3. ANUNCIACIÓN DE LAS ALARMAS Y RESPUESTA.	29
3.1. Operadores y su responsabilidad frente a las alarmas.	29
3.2. Distribución de la prioridad de las alarmas.	29
3.2.1. Alarmas del Sistema Contra Incendios de planta.	30
3.3. Aplicación para la presentación de las alarmas.	31
3.3.1. El software de planta.	32
3.3.2. Configuración del software de planta para la presentación de alarmas.	33
3.4. Respuesta frente a las alarmas.	36
4. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALARMAS.	38
4.1. Supervisión del Sistema de Alarmas.	38
4.2. Indicadores de la Eficiencia del Sistema y su análisis.	39
4.2.1. Capacidad de manejo de alarmas por parte del Operador.	39
4.2.2. Alarmas por día.	40



4.2.3. Alarmas cada diez minutos. Inundaciones de alarmas.	41
4.2.4. Alarmas frecuentes.	43
4.2.5. Malos actores.	45
4.2.5.1. Alarmas parlantes.	45
4.2.5.2. Alarmas fugaces.	46
4.2.5.3. Alarmas permanentes o rancias.	46
4.2.5.4. Análisis de la distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas.	47
4.2.6. Alarmas suprimidas.	48
4.2.7. Modificaciones de los atributos de las alarmas.	49
4.2.8. Tabla resumen de los Indicadores de la Eficiencia del Sistema.	50
4.2.9. Análisis predictivo de la eficiencia del sistema.	51
4.3. Informes del rendimiento del Sistema de Alarmas.	51
4.3.1. Nivel de rendimiento del Sistema de Alarmas. Método de Donald Campbell Brown.	53
4.4. Registros e históricos de alarmas.	53
5. MÉTODOS DE MANEJO DE ALARMAS MOLESTAS.	55
5.1. Alarmas molestas o malos actores.	55
5.2. Resultados esperados de la resolución de los malos actores.	55
5.3. Alarmas parlantes y alarmas fugaces.	56
5.4. Herramientas para el tratamiento de alarmas molestas.	57
5.4.1. La banda muerta en las alarmas.	57
5.4.1.1. El control on-off y la banda muerta.	57
5.4.1.2. Banda muerta y alarmas.	58
5.4.2. Filtrado de los valores del proceso y de las alarmas.	59
5.4.3. Análisis de los tiempos de delay y las alarmas.	60
5.4.3.1. Tiempo en alarma y tiempo entre alarmas.	61
5.4.3.2. On-delay.	64
5.4.3.3. Off-delay o debouncer timer.	64
5.4.3.4. Implementación del on-delay y del off-delay.	65
5.5. Otras alarmas frecuentes.	67
5.6. Alarmas suprimidas.	68
5.7. Alarmas permanentes o rancias.	68
5.8. Alarmas duplicadas.	68
5.8.1. Alarmas duplicadas dinámicas.	69
5.8.2. Alarmas duplicadas por configuración.	69
5.9. Alarmas molestas por mala medida/Bad Quality.	69



5.10. Alarmas que no representan eventos que requieren respuesta del Operador.	71
5.11. Soluciones avanzadas para la Gestión de Alarmas.	71
5.11.1. Aparcado de alarmas o shelving.	71
5.11.2. Alarmas basadas en el estado de operación.	73
5.11.3. Supresión de inundaciones de alarmas.	75
5.12. Sistema de Alertas al Operador.	75
5.12.1. Características del Sistema de Alertas.	76
6. DOCUMENTACIÓN Y RACIONALIZACIÓN DE ALARMAS (D&R).	77
6.1. Perspectiva general de la D&R.	77
6.2. Grupo de Trabajo.	78
6.3. Referencias para la D&R.	81
6.4. Determinación de alarmas.	82
6.5. Pautas específicas para el proceso de D&R.	82
6.5.1. Probabilidad.	82
6.5.2. Fiabilidad.	83
6.5.3. Fallos múltiples.	83
6.6. Determinación de la prioridad de la alarmas / Matrices de Racionalización.	83
6.6.1. Matriz de Severidad de las Consecuencias.	84
6.6.2. Matriz de Máximo Tiempo de Respuesta.	86
6.6.3. Matriz de determinación de la prioridad.	88
6.6.4. Criterios para la determinación de la prioridad de las alarmas.	89
6.7. Determinación de los puntos de ajuste de las alarmas.	89
6.8. Documentación de las alarmas.	90
6.9. La Base de Datos Maestra.	91
6.10. Acceso de los Operadores a la Documentación de las alarmas.	92
6.11. Clasificación de las alarmas.	92
6.12. Relación del Sistema de Alarmas con otros procedimientos de planta.	93
6.13. Implementación de la D&R.	93
6.13.1. Formación.	94
6.13.2. Implementación de los cambios resultantes de la D&R.	95
6.14. Racionalización de alarmas por etapas.	96
7. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE EL DISEÑO DE ALARMAS.	98
7.1. Manejo de alarmas provocadas por fallos de instrumentación.	98
7.2. Alarmas para sensores redundantes y sistemas de votación.	100
7.3. Alarmas de diagnóstico o estado de equipos externos.	103



7.4. Prioridad de las alarmas del Sistema de Parada de Emergencia (Emergency Shutdown).	105
7.5. Baipases de los Sistemas de Parada de Emergencia.	105
7.6. Alarmas para prevenir daños a las personas.	106
7.6.1. Detectores de atmósfera inflamable y de gases tóxicos.	106
7.6.2. Alarmas de duchas de seguridad y lavaojos.	106
7.6.3. Alarmas relativas a edificios, naves o instalaciones.	106
7.7. Alarmas generadas por programas.	107
7.8. Alarmas para iniciar tareas manuales.	107
7.9. Alarmas de diagnóstico del DCS.	108
7.10. Sistema de mensajes al Operador.	108
7.11. Abuso de las combinaciones de alarmas.	109
7.12. Uso de alarmas en enclavamientos, pasos de programa o acciones de control.	110
8. GESTIÓN DEL CAMBIO EN EL SISTEMA DE ALARMAS.	113
8.1. Metodología de las modificaciones.	115
8.1.1. Propuesta para la modificación, creación o eliminación de una alarma.	115
8.1.2. Estudio e implementación de la propuesta de modificación.	116
8.2. Control de las funciones para hacer los cambios en el Sistema de Alarmas.	117
8.2.1. Los peligros de la supresión.	118
9. FORMACIÓN.	119
9.1. Formación previa al proceso de mejora.	119
9.2. Formación tras la D&R.	120
9.3. Notificación de las modificaciones de Alarmas.	120
9.4. Registro de la formación.	120
10. PROCESO DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DEL SISTEMA DE ALARMAS.	121
10.1. Detección y resolución de problemas del Sistema de Alarmas.	121
10.2. Mantenimiento del Sistema de Alarmas y la Gestión del Cambio.	121
10.3. Supervisión avanzada de las alarmas e Indicadores de la Eficiencia del Sistema (KPIs).	121
10.4. Auditorias del Sistema de Alarmas.	122
11. APÉNDICES DE LA FILOSOFÍA DE ALARMAS.	123
A. Definiciones.	123
B. Método de Donald Campbell Brown para determinar el nivel de rendimiento del sistema.	125
B.A. Niveles de la escala para definir el grado de rendimiento del sistema.	125
B.A.A. Sistema Sobrecargado.	125
B.A.B. Sistema Reactivo.	126
B.A.C. Sistema Estable.	126



B.A.D. Sistema Robusto.	126
B.A.E. Sistema Predictivo.	127
B.B. Planes específicos para la mejora del rendimiento del Sistema de Alarmas.	128
B.B.A. De Sobrecargado a Reactivo.	128
B.B.B. De Reactivo a Estable.	128
B.B.C. De Estable a Robusto.	129
B.B.D. De Robusto a Predictivo:	130
C. Ejemplos de buenas prácticas para la determinación de alarmas.	132
C.A. Ejemplo 1: Sistemas con bombas redundantes.	132
C.B. Ejemplo 2: Operación de válvulas.	132
C.C. Ejemplo 3: Progreso de secuencias.	133
D. Criterios para la Documentación de las alarmas y ejemplos.	135
D.A. Criterios para cumplimentar los campos de la Documentación.	135
V. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALARMAS DE LA PLANTA EN BASE AL ANÁLISIS DE SUS KPIS.	139
V.I. Registro inicial de los Indicadores de la Eficiencia del Sistema de Alarmas.	141
V.I.I. Tabla de resultados del Alarm Reports.	141
V.I.II. Alarmas anunciadas por día.	142
V.I.III. Alarmas anunciadas por hora.	143
V.I.IV. Alarmas anunciadas cada 10 minutos.	144
V.I.V. Porcentaje del tiempo en que el sistema está en inundación.	145
V.I.VI. Porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total del Sistema de Alarmas.	145
V.I.VII. Alarmas parlantes o fugaces.	147
V.I.VIII. Alarmas rancias.	149
V.I.IX. Prioridad de las alarmas anunciadas.	150
V.I.X. Alarmas suprimidas.	151
V.I.XI. Modificaciones no autorizadas de los atributos de las alarmas.	152
V.I.XII. Tabla resumen con los resultados de la medida inicial del estado del Sistema de Alarmas.	152
V.II. Observaciones a raíz del análisis.	153
VI. CONCLUSIONES.	155
BIBLIOGRAFÍA.	157
ANEXOS.	158
i. Definiciones.	158



I. INTRODUCCIÓN.

La aparición de los nuevos Sistemas de Control Distribuido, o DCSs por sus siglas en Inglés, ha abierto un nuevo campo de posibilidades en los Sistemas de Control que han terminado por desplazar a los antiguos Sistemas Analógicos.

Algunas de las ventajas que ofrecen estos sistemas son:

- Sus posibilidades de modificación y reconfiguración.
- Su facilidad para acoger estrategias avanzadas de control.
- Su flexibilidad para el suministro y almacenamiento de datos, curvas e históricos.
- Sus capacidades de comunicación remota.

Por contra, también han traído consigo algunos problemas antes inexistentes. Uno de los más significativos es el exceso de configuración de alarmas, debido a lo fácil que resulta crearlas. Si esta tarea no se realiza correctamente, podría desembocar en una excesiva afluencia de éstas a Sala de Control, bloqueando la atención del Operador y dificultando su capacidad para el análisis de sucesos en tiempo real, lo que supone una pérdida de detalles sobre la situación general de la planta.

Tras una serie de accidentes industriales, en los que se vio que la mala gestión del Sistema de Alarmas había jugado un papel importante en su desarrollo, se empezó a trabajar en la publicación de guías y estándares que estableciesen unos criterios y pautas a seguir en la definición de alarmas y de filtros, y en la depuración y racionalización de las bases de datos. El objetivo era que los Sistemas de Alarmas cumpliesen con su propósito, proporcionando información suficiente, rápida y coherente al Operador, pero solo sobre aquellos sucesos que realmente requerían su atención.

En este documento se va a tratar con mayor detalle:

- El porqué de este problema.
- La respuesta de la industria y los gobiernos al problema.
- La ISA 18.2 como estándar internacional para mejorar la gestión de los Sistemas de Alarmas.
- El método de los 7 pasos de Hollifield y Habibi para implementar la ISA 18.2.
- Primer paso del proceso de mejora de un Sistema de Alarmas: la Filosofía de Alarmas, y redacción de ésta para una Central Térmica de Ciclo Combinado.
- Medida de la eficiencia de un Sistema de Alarmas real en el que no se ha implementado ningún sistema de gestión.



II. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO?

Un DCS es un Sistema de Control usado habitualmente en Sistemas de Producción, Sistemas de Proceso o en algún tipo de Sistema Dinámico, en el cual los elementos de control no están centralizados en un punto, como el cerebro, sino que están distribuidos a lo largo de la planta junto con los elementos de cada subsistema, que pueden estar controlados a su vez por una o más controladoras. Las diferentes controladoras están conectadas mediante redes de comunicación y monitorizado.

DCS es un término muy amplio usado en una gran variedad de industrias, para monitorizar y controlar equipos distribuidos:

- Redes eléctricas de potencia
- Plantas de generación eléctrica
- Sistemas de control ambiental
- Señales de tráfico
- Señales de radio
- Sistemas de gestión de agua
- Refinerías de crudo
- Procesos de plantas metalúrgicas
- Plantas químicas
- Producción farmacéutica
- Redes de sensores
- Buques de carga

II.1. Elementos.

Un típico DCS consiste en una serie de controladoras digitales distribuidas funcional y/o geográficamente, capaces de ejecutar de 1 a 256, o más, lazos de control por controladora. Los dispositivos de I/O pueden estar integrados en la misma controladora o localizados remotamente vía una red de campo. Las controladoras actuales tienen múltiples capacidades de cálculo en adición al control PID, pudiendo generalmente ejecutar controles lógicos y secuenciales. Los modernos DCSs además soportan redes neuronales y lógica difusa.

Los sistemas DCS se diseñan normalmente con procesadores redundantes para garantizar la fiabilidad del sistema. Muchos vienen preparados con displays y softwares de configuración que permiten al usuario final configurar el Sistema de Control de una forma bastante sencilla, permitiéndole centrarse más en la aplicación que en el equipo. Aun así sigue siendo necesario disponer de una gran cantidad de conocimientos y habilidades sobre el software y el hardware para adaptarlo correctamente a la aplicación



deseada. Muchas plantas tienen personal dedicado exclusivamente a esta tarea, e incluso en muchos casos se ve reforzado por personal del fabricante mediante contratos de mantenimiento.

Los DCSs pueden emplear una o más estaciones de trabajo, y pueden configurarse desde las mismas o por ordenadores externos a la red. Las comunicaciones locales se realizan mediante una red de control a través de cable de par trenzado, coaxial o fibra óptica. Además se pueden incluir en el sistema un servidor y/o procesadores de aplicaciones para dar una mayor capacidad de cálculo, de recolección de datos y de elaboración de informes de capacidad.

II.II. Aplicaciones.

Los DCSs son sistemas dedicados habitualmente al control de procesos de producción continua o por lotes, como refinerías, petroquímicas, centrales eléctricas, farmacéuticas, producción de comidas y bebidas, cementeras, acerías o papeleras. Estos van conectados a sensores y actuadores, y mediante el control de setpoints, regulan los procesos de las plantas. Un ejemplo muy común es un lazo de control compuesto por un sensor de presión, una controladora y una válvula de control. La medida de presión se transmite a la controladora, normalmente con la ayuda de un dispositivo que acondiciona las señales de entrada y salida (I/O). Cuando la variable alcanza un cierto valor, la controladora ordena a la válvula abrir o cerrar hasta que este llegue al setpoint deseado. Plantas como las grandes refinerías tienen muchos miles de puntos de I/O y emplean grandes DCSs.

Estos sistemas no se limitan únicamente al control de fluidos en tuberías, también pueden emplearse en maquinaria de papel y sus Sistemas de Control de Calidad asociados, Centros de Control de Motores y velocidad, hornos de cementeras, operaciones de minería, y otras muchas instalaciones de procesos.



III. GESTIÓN DE SISTEMAS DE ALARMAS. LA ISA 18.2.

III.I. Las alarmas en los Sistemas de Control Distribuido.

Los DCSs, por sus características, permiten a Ingenieros, Operadores, Técnicos e Instrumentistas crear alarmas y eventos de forma sencilla, lo cual es una ventaja. Aunque, como se ha visto a posteriori, puede convertirse en un inconveniente si se abusa de ello y/o no se configuran de forma adecuada, llegando al punto de poder afectar a la operación de la planta por un exceso de flujo de alarmas o una mala gestión de las mismas.

Durante la implementación de los primeros DCSs no existían pautas o guías consistentes para la creación de alarmas, y tanto en las plantas donde sustituían a los antiguos Sistemas de Control, como en las nuevas plantas que ya los incorporaban, el resultado era una masiva configuración de alarmas.

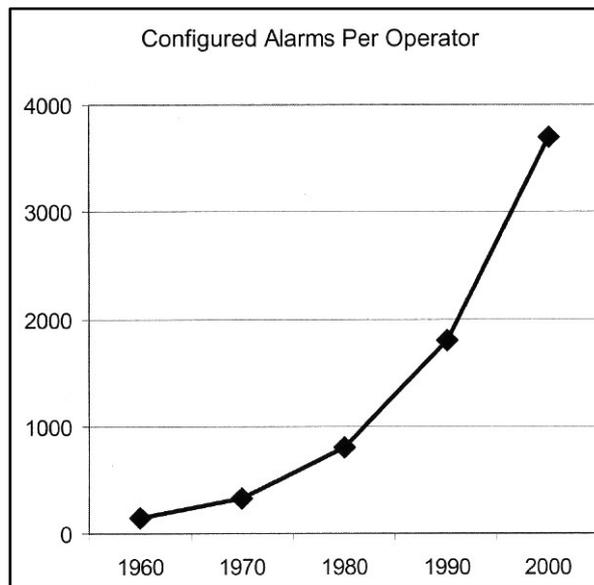


Fig. Incremento del número de alarmas configuradas por Operador.



Fig. Antigua Sala de Control con paneles anunciadores de alarmas. El espacio físico del panel limitaba ya de por sí el número de alarmas que se podían implementar, por lo que estas se elegían bien.

Por ejemplo, cuando los fabricantes empezaron a proporcionar funcionalidades como High, High High, e incluso HHH, las plantas las implementaban todas. Es decir, se solían habilitar todas las alarmas disponibles por defecto.





Fig. Sala de control de un DCS.

Todavía hoy en día, y en condiciones de operación estables, muchos sistemas generan más alarmas de las que el Operador puede atender, incrementándose aún más su número y velocidad de aparición en situaciones de inestabilidad. Esto no solo inutiliza el Sistema de Alarmas, sino que además lo convierte en un estorbo activo que merma la habilidad del Operador para resolver la situación.

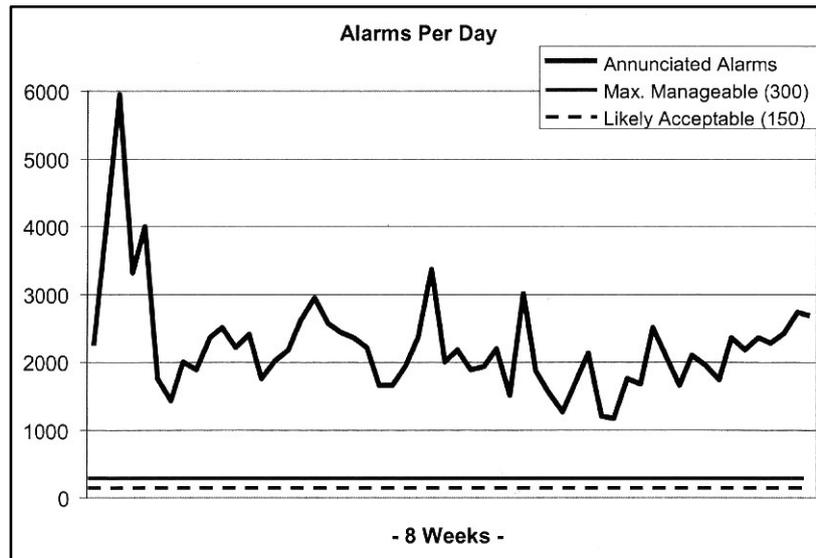


Fig. Registro típico del número de alarmas diario en un DCS donde se exceden las capacidades de manejo del Operador.

III.II. ¿Por qué es importante la Gestión de Alarmas?

La investigación de diferentes accidentes industriales ha demostrado que la mala interpretación y gestión de las alarmas ha contribuido en un número significativo de ellos. Los siguientes accidentes son algunos ejemplos de esto:

CENTRAL NUCLEAR DE THREE MILE ISLAND / Año 1979**Descripción.**

Una serie de fallos y errores operacionales dieron como resultado una fuga de material radioactivo a la atmosfera.

**Causas.**

1. Las alarmas no estaban definidas correctamente:

Esto se debe a una falta de comprensión del propósito de las alarmas y de la consideración de su importancia.

2. El uso de las alarmas:

Los datos relevantes han de mostrarse, ser intuitivos, guiar al Operador en su actuación ante ciertas situaciones, etc. Por lo que se requieren ciertos conocimientos para crear.

3. Los Sistemas de Alarmas pueden evitar estos incidentes:

Las alarmas que se activaron durante este incidente fueron inefectivas debido a su diseño; unas alarmas bien diseñadas podrían haber marcado la diferencia.



PLATAFORMA PETROLÍFERA PIPER ALPHA / Año 1988

Descripción.

Una acumulación de errores y decisiones cuestionables dieron lugar a una fuga de gas que finalmente explotó en una plataforma offshore. Esto causó un incendio catastrófico, 167 muertos y billones de dólares en daños.



Causas.

1. Cambios de turno inadecuados:

Una mala transmisión de la información durante el cambio de turno, llevó a que por necesidades operacionales se arrancara con urgencia una bomba de gas licuado que no se debía poner en funcionamiento.

La válvula de seguridad de la línea de descarga de la bba se había desmontado por labores de mantenimiento, y en su lugar se había dejado una brida ciega. En un momento dado se produjo una sobrepresión que llevó a una fuga de gas, la cual explotó antes de que nadie tuviese tiempo de reaccionar a las alarmas.

2. Falsas alarmas:

Antes de la explosión se liberaron 45 kg de gas licuado que deberían haberse detectado, pero había dos problemas con el Sistema de Alarmas para fugas de gas. **Por un lado anunciaba falsas alarmas, haciendo que al final todas fuesen ignoradas, y por otro había problemas de recogida de datos en Sala de Control debido al diseño de los paneles.**

REFINERÍA TEXACO EN MILFORD HAVEN / Año 1994

Descripción.

Las inestabilidades y perturbaciones causadas en la planta por una fuerte tormenta eléctrica, dieron lugar a una combinación de fallos en los equipos, el Sistema de Control y la gestión, que terminaron cinco horas más tarde con una importante explosión.

Como consecuencia 26 personas resultaron heridas y se produjeron daños por valor de 48 millones de Libras.



Causas.

La investigación realizada por el Gobierno británico concluyó que los factores clave que contribuyeron a incapacitar la refinería para reconocer y contener los acontecimientos sucedidos fueron:

- 1. Demasiadas alarmas y mal priorizadas.**
- 2. Los displays de Sala de Control no ayudaban a los Operadores a entender la situación.**
- 3. En los 11 minutos previos a la explosión, los dos Operadores tuvieron que reconocer y actuar sobre 275 alarmas.**

Determinando que:

Las indicaciones sobre el desarrollo del problema se perdieron en la marabunta de alarmas anunciadas en Sala de Control, muchas de las cuales eran innecesarias y lo único que hacían era aumentar la cadencia, llevando a que los Operadores no fuesen capaces de saber que estaba pasando.



TERMINAL DE HIDROCARBUROS BUNCEFIELD / Año 2005

Descripción.

Durante la tarde del 10 de diciembre de 2005, entre otras tareas se estaba llenando uno de los tanques de gasolina de la terminal. El nivel del tanque se podía controlar de dos formas: mediante una sonda que usaban los empleados para monitorizar las operaciones de llenado, y por un switch independiente de Alto Nivel que podía detener las operaciones automáticamente para evitar reboses.

La primera sonda se bloqueó, y el switch estaba inoperativo, por lo que no había manera de alertar al personal de Sala de Control de que el tanque estaba llegando a niveles peligrosos. Finalmente el tanque empezó a rebosar, vertiéndose grandes cantidades de gasolina. En las primeras horas del día 11 los vapores inflamables terminaron por encenderse causando una explosión que destruyó la mayor parte de la planta y provocó un incendio que ardió durante 5 días.



Causas.

Las alarmas no eran examinadas con regularidad: El domingo 11 de diciembre el Sistema ATG (Auto Tank Gauging) indicaba “flatlined”, esto quiere decir que había dejado de registrar un incremento del nivel del tanque aunque el tanque continuaba llenándose. Como consecuencia las tres alarmas del ATG: “userlevel”, “highlevel” y “highhighlevel”, no actuaron ya que nunca se llegó a esos niveles.

Como por costumbre se trabajaba con las alarmas de Sala de Control, el Supervisor de Turno no se percató del riesgo de rebose, y el nivel de gasolina en el tanque continuó subiendo sin control.



Estos y otros accidentes e incidentes parecidos dieron lugar a que asociaciones como: EEMUA (Engineering Equipment and Materials Users' Association), ISA (International Society of Automation) o IEC (International Electrotechnical Commission), empezasen a publicar los primeros textos específicos de referencia para afrontar y resolver estos problemas, y que se constituyeran nuevos foros, como el ASM (Abnormal Situation Management Consortium) en 1994, para abordar el tema.

La Gestión de Alarmas no es solo justificable desde el punto de vista de los accidentes, también es una forma de evitar tener que comparecer ante consejos de dirección y administraciones públicas para dar explicaciones sobre “que fue mal”.

III.III. Principios, guías, estándares y regulaciones.

Tras reconocer que la Gestión de Alarmas se había convertido en un problema, los usuarios de Sistemas de Control Industriales se unieron y formaron en 1990 la Alarm Management Task Force, que era una junta de asesoramiento dirigida por Honeywell, y en la que participaban miembros de las industrias química, petroquímica y de operaciones de refinado.

La AMTF redactó documentación sobre temas relacionados con la GdA, pero pronto se dieron cuenta de que los problemas con las alarmas eran simplemente un subapartado de un problema más grande, y crearon el Abnormal Situation Management Consortium. El ASM hizo una propuesta de investigación y recibió fondos del National Institute of Standards and Technology de los Estados Unidos en 1994. El objetivo de este trabajo iba dirigido a la compleja relación hombre-sistema, y a los factores que influyen en el buen desempeño de la operación por parte de los Operadores. A menudo la automatización de procesos se desarrolla sin tener en cuenta las necesidades de las personas que van a interactuar con ellos, por ejemplo, las alarmas se han de proyectar para mejorar el conocimiento del estado de la planta por parte de los Operadores de Sala de Control, pero un sistema mal diseñado o pobremente definido no conseguirá este objetivo.

El ASM ha elaborado varios documentos sobre buenas prácticas en la GdA, así como sobre el conocimiento por parte de los Operadores de la situación de la planta, la eficacia del Operador y otros temas también orientados al Operador.

En 1999, EEMUA publicó en el Reino Unido junto con el Gobierno británico la EEMUA 191 “Alarm Systems - A Guide to Design, Management and Procurement”. Esta guía para la Gestión de Alarmas se desarrolló con la participación del ASM, el cual proporcionó datos de las compañías que lo forman y además contribuyó a su edición. La guía provee una serie de pautas comprensibles para el diseño y gestión



de Sistemas de Alarmas efectivos, dando lugar a sistemas más funcionales, seguros y eficientes en costes operativos. La guía se actualizó en 2007.

En el 2003, la International Society of Automation reunió un grupo de trabajo para preparar recomendaciones prácticas o estándares para Sistemas de Alarmas de procesos industriales. Este trabajo se apoyó en las recomendaciones de la EEMUA 191, e intentó proporcionar una explicación clara a muchas de las prácticas incluidas en ella, añadiendo además aclaraciones en aquellas áreas poco precisas. El resultado fue la ISA 18.2 "Management of Alarm Systems for the Process Industries", publicada en el 2009.

La ISA 18.2 se basa en las recomendaciones de la EEMUA 191 para dirigir el diseño, desarrollo, instalación y gestión de los Sistemas de Alarmas en las industrias de procesos. Además como parte de la gestión de estos sistemas la guía requiere un mantenimiento y control de los mismos durante toda su vida. En definitiva, concreta la terminología y las pautas para desarrollar un Sistema de Alarmas efectivo y mantenerlo en el tiempo.

Este estándar se redactó como una extensión de los otros estándares ISA, con la debida consideración hacia otros documentos guía ya existentes y extendidos en la industria.

La industria petroquímica y las refinerías de los EUA ya estaban reguladas en algunos aspectos, habiéndose visto forzadas ya antes a incorporar las nuevas ideas en GdA a sus Sistemas de Control:

- La OSHA 29 CFR en su regulación 1910.10, "Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals", requiere que las alarmas estén documentadas y que la información esté disponible para los Operadores, indicando los límites de operación o actuación de las alarmas, las consecuencias de una desviación y los pasos para corregirla o evitarla.
- La ANSI/ISA-84.00.01 de 2004, tiene dos fines: El primero es determinar el ciclo de vida de los Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS) para plantas industriales de proceso. O sea, una práctica y simple metodología que define los pasos a seguir para garantizar la seguridad integral de la planta. El segundo es ayudar a coordinar los Niveles Integrales de Seguridad (SIL) necesarios para reducir el riesgo natural asociado al proceso a un nivel aceptable, mediante el uso de los Sistemas de Seguridad.

Otras instituciones y sociedades, como API o NAMUR, también han realizado estándares sobre la GdA para ayudar a sus miembros a optimizar el manejo práctico de éstas en Sistemas de Producción Industrial. Además, simultáneamente muchas empresas han desarrollado aplicaciones informáticas para ayudar a los usuarios de este tipo de sistemas en el tratamiento de la GdA.

VI.1. La Gestión de Alarmas a través de la ISA 18.2, y el método de los 7 pasos.

La ISA 18.2, “Management of Alarm Systems for the Process Industries”, es un estándar con una serie de requerimientos y recomendaciones para conseguir una gestión efectiva de las alarmas en industrias de procesos. Además, está reconocida y aceptada como una buena práctica por la mayoría de entidades reguladoras e industrias, complementando a menudo sus propios estándares o normas.

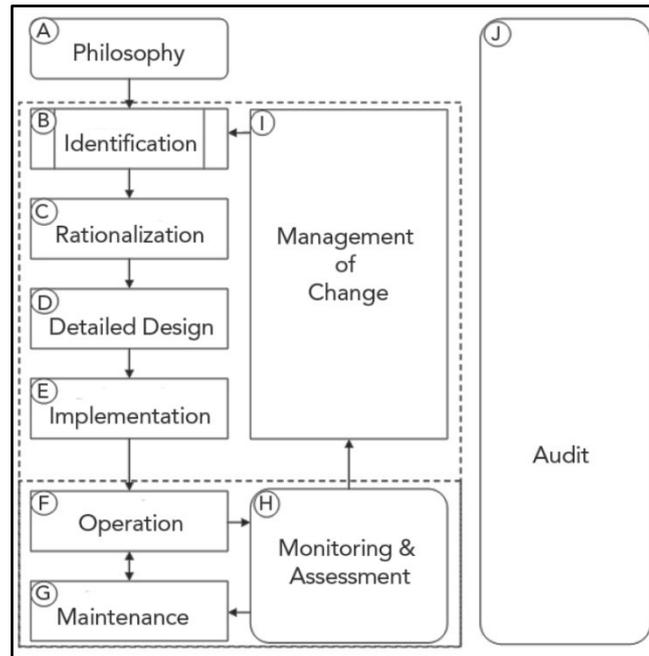


Fig. Etapas del ciclo de vida de la Gestión de Alarmas según la ISA 18.2.

El estándar establece una estructura con diferentes apartados o puntos, obligatorios, que se han de realizar como parte del proceso de mejora:

- La Filosofía de Alarmas.
- Control del rendimiento del SdA.
- Racionalización de las alarmas.
- Creación y mantenimiento de la Base de Datos Maestra.
- Entrenamiento del personal de Operaciones.
- Pruebas requeridas del Sistema de Alarmas.
- Requisitos específicos del HMI:
 - Control de las alarmas suprimidas.
 - Proporcionar un sistema de aparcado de alarmas.
 - Facilitar la información específica sobre las alarmas aparcadas y suprimidas.



En 2006 apareció la primera edición del libro “The Alarms Management Handbook”, de Hollifield & Habibi, el cual proporciona una visión del problema, y además define un método práctico de siete pasos basado en la ISA 18.2 para resolverlo. No existe conflicto alguno entre el estándar y el libro, solo hay algunas diferencias en la nomenclatura y disposición de algunas tareas.

La importancia y aceptación internacional de este estándar, sumada al libro de Hollifield y Habibi, él cual es una guía para ponerlo en práctica, es por lo que se ha elegido el método de los 7 pasos para atacar el problema de la Gestión de Alarmas en la central.

Mientras que la ISA 18.2 es “qué hacer”, el libro es “cómo hacerlo”. Esto allana sustancialmente el camino para solventar un problema tan complejo y difícil de abordar, incluso cuando sus consecuencias son bien conocidas y se sufren día tras día por parte del personal de Operaciones.

Los 7 pasos para mejorar la Eficiencia del Sistema de Alarmas	
Paso 1: Desarrollar, adoptar y mantener una Filosofía de Alarmas.	El paso 1 siempre es necesario. Estos 3 pasos a menudo se realizan a la vez, y condicionarán las mejoras alcanzadas en los siguientes.
Paso 2: Recopilar datos del Sistema de Alarmas y crear un punto de referencia para comparar.	
Paso 3: Resolver las alarmas de peor comportamiento.	
Paso 4: Racionalización y Documentación de las alarmas.	Serán necesarios en función de los resultados.
Paso 5: Implementar un sistema de auditoría de las alarmas y de restauración del sistema.	
Paso 6: Implementar la Gestión de Alarmas en tiempo real.	
Paso 7. Control y mantenimiento de las mejoras del sistema.	

Fig. Método de los 7 pasos de Hollifield y Habibi.

III.IV. Los 7 pasos.

El método de los siete pasos de Hollifield y Habibi es el resultado de la recolección y análisis de datos de numerosos sistemas reales. Además, es de los más reconocidos y ampliamente probados.

Los 7 pasos:

1. Desarrollar, adoptar y mantener una Filosofía de Alarmas.

La Filosofía de Alarmas es un documento guía, comprensible y adaptado a cada planta, que establece los criterios para la correcta

implementación y modificación de alarmas, basándose en principios de buenas prácticas.

Provee además metodologías pensadas para resolver los problemas que éstas generan: respuesta, manejo, vigilancia, mantenimiento del sistema mejorado, etc.

2. Recopilar datos del Sistema de Alarmas y crear un punto de referencia para comparar.

El primer paso para poder realizar un análisis que permita conocer el estado del SdA, será establecer un procedimiento de recogida de datos a partir de los cuales se calcularán ciertos indicadores. Los resultados se compararán con valores obtenidos de otros estudios y de la experiencia sobre plantas similares, de forma que queden en evidencia los problemas y debilidades del sistema en estudio.

Para hacer esto conviene disponer de un software de análisis de alarmas que proporcione las siguientes funciones:

- **Información gráfica y tabulada.**
- **Acceso al sistema de Gestión de Alarmas.**
- **Generación automática de informes.**

No habrá mejora sin un análisis previo de los datos disponibles y su correspondiente informe, que servirá como referencia comparativa para posteriores análisis.

3. Resolver las alarmas de peor comportamiento.

La experiencia ha demostrado que generalmente un reducido grupo de alarmas con mal comportamiento, por una razón u otra, producen un alto porcentaje de la carga total del SdA. Esta relación puede llegar al punto de que tan solo 10 alarmas incrementen la carga total del sistema entre un 20 y un 80 %, por ello conviene corregirlas lo antes posible una vez diagnosticadas. Existen técnicas que permiten resolverlas adecuadamente, proporcionando un primer alivio de la situación.

A este grupo de alarmas molestas se las conoce también como “malos actores”.

4. Racionalización y Documentación de las alarmas.



Consiste en revisar todas las alarmas, tanto su configuración como su propósito, con la finalidad de que cumplan con la filosofía desarrollada en el primer punto. Es un trabajo que puede suponer un alto coste temporal y económico.

La Documentación de las alarmas es un requisito indispensable para poder realizar la Base de Datos Maestra, ya que esta recogerá toda la información actualizada (configuraciones, ajustes, prioridades, etc.) de cada una de las alarmas del sistema.

5. Implementar un sistema de auditoría de las alarmas y de restauración del sistema.

Una vez implementadas las mejoras, se ha de asegurar que la configuración definitiva se mantendrá en el tiempo y no se modificará sin autorización. **Dado que los sistemas DCS y SCADA son fáciles de modificar, será necesaria la ayuda de un software especializado que audite y obligue a respetar la configuración de la Base de Datos Maestra.** Las soluciones para el control de cambios basadas en papel no suelen respetarse y terminan por ser inefectivas.

6. Implementar la Gestión de Alarmas en tiempo real.

En función de la naturaleza del proceso de cada planta y del comportamiento que se quiera obtener del SdA, es posible que se hayan de implementar soluciones avanzadas como las que se proponen a continuación:

- Alarmas basadas en el estado: Consiste en la implementación de algoritmos que permitan variar ciertos parámetros de las alarmas en función del estado en que se encuentre la planta en cada momento (arranques, paros, variaciones de carga, lavados, etc.), haciendo que estas se adapten a cada situación y actúen en concordancia.
- Aparcado de alarmas: Se establecen los métodos o procedimientos apropiados para poder deshabilitar alarmas molestas de un modo seguro, hasta subsanar el problema que hace que se comporten de forma inadecuada. La mayoría de sistemas poseen mecanismos ineficaces para controlar apropiadamente la supresión temporal de alarmas.

Los listados de aparcado de alarmas informatizados son una buena opción, dado que permiten introducir plazos límite, recordatorios, rehabilitar alarmas de forma automática, etc.

- Sistema de Alertas al Operador: Una vez se ha configurado el SdA correctamente, de manera que únicamente muestra aquellos sucesos que tienen la consideración de alarma, puede darse la necesidad de disponer de una herramienta configurable de alertas al Operador, la cual habrá de funcionar explícitamente al margen del SdA.

7. Control y mantenimiento de las mejoras del sistema.

Los procesos y sistemas de cualquier planta, así como sus sensores, son objeto de cambios y modificaciones con el tiempo, por lo que el comportamiento de las alarmas deberá actualizarse conjuntamente con ellos.

Un programa efectivo de Gestión del Cambio, que recoja estas modificaciones, y otro de análisis del sistema en curso y corrección de problemas, son pues herramientas imprescindibles para mantener el SdA actualizado y efectivo.

Las alarmas que hoy funcionan bien pueden volverse molestas o actuar de forma inapropiada en el futuro.



IV. FILOSOFIA DE ALARMAS PARA UNA CENTRAL TERMICA DE CICLO COMBINADO

1. INTRODUCCIÓN Y PROPOSITO.

1.1. Introducción.

La aparición de los nuevos Sistemas de Control Distribuido, o DCSs por sus siglas en Ingles, ha abierto un nuevo campo de posibilidades en los Sistemas de Control que han terminado por desplazar a los antiguos Sistemas Analógicos.

Algunas de las ventajas que ofrecen estos sistemas son:

- Sus posibilidades de modificación y reconfiguración.
- Su facilidad para acoger estrategias avanzadas de control.
- Su flexibilidad para el suministro y almacenamiento de datos, curvas e históricos.
- Sus capacidades de comunicación remota.

Por contra, también han traído consigo algunos problemas antes inexistentes. Uno de los más significativos es el exceso de configuración de alarmas, debido a lo fácil que resulta crearlas. Si esta tarea no se realiza correctamente, podría desembocar en una excesiva afluencia de éstas a Sala de Control, bloqueando la atención del Operador y dificultando su capacidad para el análisis de sucesos en tiempo real, lo que supone una pérdida de detalles sobre la situación general de la planta.

Tras una serie de accidentes industriales, en los que se vio que la mala gestión del Sistema de Alarmas había jugado un papel importante en su desarrollo, se empezó a trabajar en la publicación de guías y estándares que estableciesen unos criterios y pautas a seguir en la definición de alarmas y de filtros, y en la depuración y racionalización de las bases de datos. El objetivo era que los Sistemas de Alarmas cumpliesen con su propósito, proporcionando información suficiente, rápida y coherente al Operador, pero solo sobre aquellos sucesos que realmente requerían su atención.

Por lo tanto el objetivo de este documento es describir los conceptos y criterios que regirán la gestión del Sistema de Alarmas DCS de la Central Térmica de Ciclo Combinado, con la finalidad de conseguir un SdA efectivo. Esto quiere decir, que ante una situación anormal de la planta, el sistema ayudará al Operador a reaccionar de forma adecuada para corregirla y/o minimizar los daños.

1.2. El método de los 7 pasos. La Filosofía de Alarmas.

El método que se va a seguir para constituir un sistema de Gestión de Alarmas efectivo, es el de los 7 pasos de Hollifield y Habibi. Es un método práctico y ampliamente probado, que se basa en la ISA 18.2 “Management of Alarm Systems for the Process Industries”, un estándar aceptado internacionalmente por otros organismos e instituciones. Tan solo hay algunas diferencias en la nomenclatura y disposición de algunas tareas.

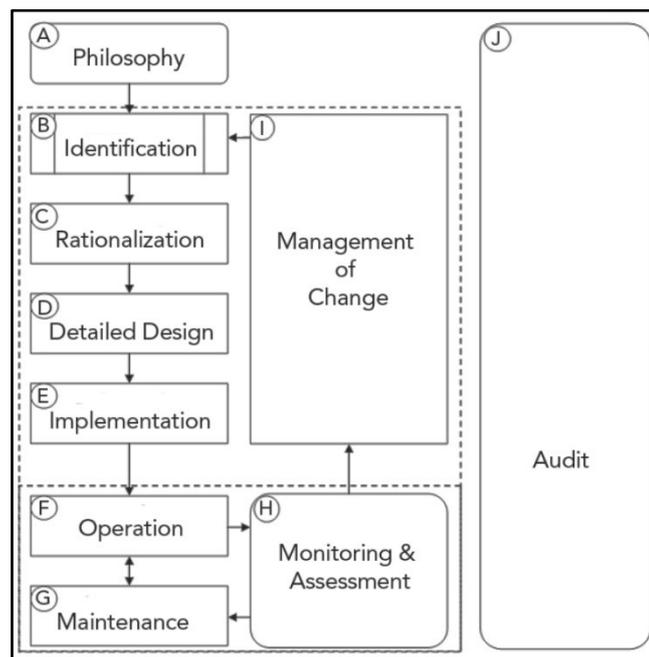


Fig. Ciclo de vida de la Gestión de Alarmas según la ISA 18.2.

Como su propio nombre indica el método consta de 7 pasos, donde los tres primeros son etapas imprescindibles que condicionarán las mejoras alcanzables en los siguientes:

1. Idear, adoptar y mantener una Filosofía de Alarmas.
2. Recopilar datos del Sistema de Alarmas y crear un punto de referencia.
3. Resolver las alarmas de peor comportamiento.
4. Racionalización y Documentación de las alarmas.
5. Implementar un sistema de auditoría de las alarmas y de restauración del sistema.
6. Implementar la Gestión de Alarmas en tiempo real.
7. Control y mantenimiento de las mejoras del sistema.

Este documento es el resultado del primer punto del proceso de mejora del Sistema de Alarmas: la Filosofía de Alarmas. Es un documento completo, a medida y comprensible sobre cómo configurar e



implementar las alarmas de una determinada planta. Provee además metodologías pensadas para resolver los problemas que éstas generan: respuesta, manejo, vigilancia, mantenimiento del sistema mejorado, etc

La aplicación de este documento debería producir los siguientes resultados:

- Las alarmas están correctamente elegidas e implementadas.
- Son relevantes, claras y fáciles de entender.
- Están configuradas consistentemente, bajo criterios de buenas prácticas industriales.
- Se presentan a un ritmo manejable por el Operador.
- Permiten valorar rápidamente su importancia relativa.
- Su información puede asimilarse correctamente en situaciones de gran afluencia de alarmas.
- El SdA permanece controlado, vigilado y correctamente mantenido.

En definitiva, será la guía de los cambios a realizar en el Sistema de Alarmas para hacerlo más eficiente y mantenerlo así en el futuro, sin que se puedan realizar modificaciones en el sistema al margen de los requerimientos establecidos por este documento.

2. ALARMA: DEFINICIÓN Y DETERMINACIÓN.

2.1. Definición de alarma.

Una alarma es un anuncio al Operador, normalmente por medios audibles y/o visuales, para alertarlo de alguna condición anormal de la operación que requiere de su intervención para ser corregida, y evitar así consecuencias negativas, tanto del proceso como de la seguridad de las personas, del medio ambiente y de los equipos.

Desde este punto de vista se consideran demandas de acción al Operador:

- Actuar sobre el control para efectuar un cambio en el proceso.
- Dirigir a otros para realizar cambios o maniobras.
- Cambiar el modo de operación de equipos por limitaciones o mal funcionamiento.
- Realizar operaciones manuales sobre equipos (bombas, válvulas, etc.).
- Comenzar el análisis de una situación problemática.
- Contactar a otras personas o grupos para resolver una situación.
- Registrar o recoger información sobre condiciones de los equipos para su posterior análisis y/o reparación.

Cualquier otra información que no requiera acción del Operador sobre el proceso deberá presentarse a través de algún otro medio que no sea el SdA. Por lo tanto, no serán entendidas como demandas de acción al Operador desde un punto de vista que justifique la creación de una alarma:

- Alertas o avisos sobre eventos, con objeto de dar a conocer continuamente el normal funcionamiento del proceso.
- Escribir informaciones en el Libro de Turno, excepto cuando hay que realizar Solicitudes de Ordenes de Trabajo.
- Alertar de sucesos que no tendrán consecuencias, o sobre consecuencias menores que pueden resolverse en otro momento.
- Dar informaciones o proporcionar registros sobre eventos que interesan a otros departamentos.

Dicho de otro modo, el objetivo de este documento es el concepto de “Panel Oscuro”, que establece: Con la planta en marcha, estable y todos los sistemas alineados en el modo habitual de operación, no debe existir ninguna alarma activa, es decir, la pantalla del alarmero debe de estar limpia.



2.2. Determinación de alarmas.

Se establecerán y tendrán el estatus de alarma, los puntos o señales del sistema que cumplan los siguientes requisitos:

1. Deben requerir la acción del Operador.
2. Deben crearse sobre el principal indicador de la causa raíz del problema. Una única situación del proceso no debe originar múltiples alarmas que indiquen lo mismo.
3. No deberán activarse durante cambios normales de las variables del proceso.
4. Casos o estados normales de operación no deberán provocar alarmas. Al contrario, las alarmas deberán señalar la frontera entre la situación normal y la anomalía.

3. ANUNCIACIÓN DE LAS ALARMAS Y RESPUESTA.

3.1. Operadores y su responsabilidad frente a las alarmas.

La responsabilidad del turno de Operación ante el Sistema de Alarmas es dar una respuesta rápida y adecuada a todas las alarmas que aparezcan.

En planta, al menos uno de los 3 miembros que componen cada turno de Operación, un Jefe de Turno y dos Operadores, siempre tendrá que estar vigilando las pantallas de las estaciones de trabajo, para atender los problemas o alarmas que puedan surgir.

3.2. Distribución de la prioridad de las alarmas.

Para la distribución de la prioridad de las alarmas se crearán solo cuatro niveles, donde el 1º será el más alto, y el 4º el más bajo. Además, entre las alarmas de prioridad 1, 2 y 3, y las de prioridad 4, habrá una clara frontera en cuanto a lo que representan unas y otras.

Las tres primeras prioridades implican una intervención urgente o pronta del Operador para evitar consecuencias negativas en las personas, el medio ambiente, los equipos o el proceso. En cambio, las alarmas de prioridad 4 no tienen este carácter de urgencia, pudiendo permanecer activas sin necesidad de respuesta más de un turno de Operación.

En la siguiente tabla se describen mejor los cuatro niveles de prioridad:

Prioridad de la alarma	Características
1	<ul style="list-style-type: none">▪ Es el nivel más alto, y contiene las alarmas que pueden tener peores consecuencias.▪ Solo alrededor del 5 % (3 - 7 %) de las alarmas debería estar en este nivel.▪ Aquí se ubicarán las alarmas del tipo: disparos de planta, runbacks, precursores de disparo, aborto de arranques, muy alta concentración de gases, detección de incendios, y otras alarmas que requieran una actuación urgente del Operador para evitar daños graves a las personas, el medio ambiente, los equipos o el proceso.
2	<ul style="list-style-type: none">▪ Este nivel engloba alarmas que sin ser de nivel 1, también pueden tener consecuencias importantes.▪ Aproximadamente deberían representar un 15 % (15 - 25 %) del total.▪ Se incluirán alarmas del tipo: fallos que inhiben el arranque o limitan la carga, alta concentración de gases, disparo de los principales equipos, y otras alarmas que requieran una rápida actuación del Operador.



3	<ul style="list-style-type: none">▪ Recoge las alarmas de carácter más común, pero que también requieren una pronta respuesta.▪ Son el grueso del total y suelen rondar el 80 % (70 - 80 %).▪ Engloba todas aquellas alarmas que sin ser de nivel 1 y 2 requieren una pronta actuación del Operador. Y las alarmas de proceso o de diagnóstico de equipos e instrumentos, que participan en lógicas de disparo, afectan al control o inhiben alguna protección.
4	<ul style="list-style-type: none">▪ Nivel generalmente reservado para las alarmas de diagnóstico y otras que no requieran una actuación del Operador a corto plazo (dentro del mismo turno).▪ No se incluyen en el cálculo de porcentajes porque las alarmas de diagnóstico se configuran generalmente en todos los puntos y falsearían la distribución.▪ Las alarmas de diagnóstico serán consideradas alarmas de nivel 4, salvo que participen en una lógica considerada dentro de otro nivel.

3.2.1. Alarmas del Sistema Contra Incendios de planta.

Las alarmas del Sistema Contra Incendios de planta no están integradas en el DCS, por lo que se anuncian desde las propias centralitas CI.

El Sistema CI consta de tres centralitas iguales y conectadas entre sí, a las que se unen los distintos lazos para la detección de incendios y gases, y los sistemas de extinción. Estas están ubicadas en los siguientes puntos de la central: una en Sala de Control, otra en la Sala de Electrónica del Grupo 1, y la tercera en la Sala de Electrónica del Grupo 2.

El hecho de que estén interconectadas permite que desde cualquiera de ellas se pueda monitorizar el estado del Sistema CI, y controlarlo.

Si las centralitas detectasen el mal funcionamiento de algún elemento del sistema, lo anunciarían mediante la señal "FALLO". En cambio, si se activase alguno de los siguientes sensores de detección o medios de extinción, las centralitas también lo anunciarían, pero esta vez a través de la señal "ALARMA", indicando la posible presencia de un incendio:

- Detectores de presencia de gases inflamables.
- Detectores de humo.
- Detectores de llama.
- Detectores de temperatura.
- Pulsadores locales de alarma CI.
- Accionamiento de los sistemas automáticos de extinción.
- Arranque de las bombas CI.

En ambos casos, en el display de las centralitas se mostrará cual es el elemento que está fallando, o la zona en la que se puede estar produciendo el fuego.

Aunque la gestión del Sistema de Alarmas del DCS no tiene nada que ver con el sistema de las centralitas CI, cualquier aviso de éstas, ALARMA o FALLO, tendrá la misma consideración que una alarma de prioridad 1.

3.3. Aplicación para la presentación de las alarmas.

Todos los DCSs vienen de fábrica con una aplicación informática para la presentación de las alarmas al Operador. Ésta suele consistir en una pantalla preconfigurada que muestra un listado que se puede desplazar verticalmente para ver las diferentes alarmas que han aparecido. A menudo los Operadores seleccionan una pantalla física de las varias de que disponen, y dejan en ella el alarmero continuamente abierto. Las capacidades más habituales de estas aplicaciones son:

- Ordenar por prioridad.
- Ordenar cronológicamente.
- Ordenar por una determinada área del proceso.
- Codificación por color.
- Capacidad para congelar temporalmente el listado de presentación de las alarmas durante periodos de alta cadencia de aparición.
- Capacidad para silenciar temporalmente las alarmas basándose en su prioridad.
- Seleccionar el color y la simbología de las alarmas.
- Mostrar la medida y el setpoint de alarma que se ha vulnerado.
- Guiar al Operador en su respuesta a la alarma, vinculando las alarmas a sus pantallas de control correspondientes.

Dependiendo del fabricante se tendrán unas capacidades u otras. **Pero lo importante desde el punto de vista de la gestión, es entender completamente cada una de las opciones de las que se dispone, y no limitarse a usar la configuración por defecto del software.** Por desgracia, esto requiere leerse la documentación del sistema.

En este sentido una aplicación bien diseñada ha de incluir los siguientes elementos:

- Sistemas de prioridad que permitan configuraciones de prioridad independientes para cada alarma.
- Sumarios o resúmenes de alarmas, cuyos listados o valores de medida se actualicen dinámicamente.



- Capacidad para navegar, con un solo click, de una alarma en el alarmero a su correspondiente pantalla para diagnosticar la situación.
- Congelar temporalmente el desplazamiento vertical de las alarmas en la pantalla para facilitar su lectura.

Es una buena práctica configurar la pantalla de presentación de las alarmas para que las ordene primero por prioridad (las más altas primero), y luego por orden cronológico inverso (las más recientes al principio).

3.3.1. El software de planta.

El software de planta para la presentación de alarmas es el “Alarm Viewer”. Éste forma parte del paquete de GE “ControlST”, que permite controlar los sistemas de planta estableciendo las sinergias necesarias entre el software y el hardware.

¿Cuál es la finalidad del ControlST suite?

Cada turbina de gas, turbina de vapor, generador, HRSG y sistema del balance de planta (BOP) tiene su propio SdC para controlar, proteger y monitorizar los equipos. Desde el momento en que los SdC individuales necesitan trabajar conjuntamente para que la planta opere de manera eficaz, la información se comparte de igual a igual (peer-to-peer) a través de una red Ethernet. El ControlST sincroniza todos estos datos de manera que los Operadores y el personal de mantenimiento puedan monitorizar toda la planta desde las estaciones de operación, las workstations de ingeniería y los historians.

Además permite tanto monitorizar como operar la planta de forma remota, por ejemplo desde un despacho de control centralizado.

Por ende, el Alarm Viewer, como parte del ControlST, estará instalado en todas las estaciones de trabajo de la planta. Esto quiere decir que desde cualquiera de ellas se podrán ver las alarmas del sistema.

Device Time [Local Time]	Received Time [Local Time]	Type	Alarm State	Class	Device	OPC Severity	Acknowledged	Alarm ID	Variable Name	Description
2014-09-02 11:02:17.370	2014-09-02 11:02:18.541	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	G1	1	No	13953	G1_R3a2	Turbine Accessory Compt Air Pressure Switch-E3A1-2 [PIDA-53>Contact16]
2014-09-02 11:02:15.964	2014-09-02 11:02:16.291	Event	Normal (1 → 0)	Event	G1	1	No	1679549	G1_L0F1_MB_TRG	Fixed Time/Count in (G2-53-04) - Count Trigger
2014-09-02 10:59:18.643	2014-09-02 10:59:19.039	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	6712016	H1_115CA20CP002-Z11	SVCE AIR RCVR PRES
2014-09-02 10:59:18.643	2014-09-02 10:59:19.039	Alarm	ALARMED	Alarm	H1	1	No	6712017	H1_115CA20CP002-Z11	SVCE AIR RCVR PRES
2014-09-02 10:59:18.454	2014-09-02 10:59:18.705	Alarm	ALARMED	LVL_4	BOPC	2	No	1680744	BOPC_000L_3TC0002-003	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 10:53:12.200	2014-09-02 10:53:12.537	Alarm	NORMAL	LVL_2	S1	1	No	1680724	S1_L71QA	LUBE OIL LEVEL LOW
2014-09-02 10:48:53.699	2014-09-02 10:48:54.019	Alarm	NORMAL	LVL_4	BOP1	1	No	6711679	BOP1_11PCB30CP001-Z01	OCPPS DISCH PRESS
2014-09-02 10:48:51.988	2014-09-02 10:48:51.986	Alarm	NORMAL	LVL_4	BOP2	1	No	67113526	BOP2_21PCB30CP001-Z01	OCPPS DISCH PRESS
2014-09-02 10:47:34.961	2014-09-02 10:47:37.518	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S2	1	No	11272	S2_C00ae1	Analyzer #1 in Case Mode [PID0-44Relay0]
2014-09-02 10:47:34.961	2014-09-02 10:47:37.518	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S2	1	No	11273	S2_C00ae2	Analyzer #2 in Case Mode [PID0-44Relay0]
2014-09-02 10:43:28.906	2014-09-02 10:43:33.015	Soe	Active (0 → 1)	SOE	S2	2	No	10760	S2_M0ccm	Heating/Cooling Circulation Start [PID0-44Relay0]
2014-09-02 10:43:28.919	2014-09-02 10:43:32.765	Soe	Active (0 → 1)	SOE	S2	2	No	12591	S2_K2hccm	Heating/Cooling Circulating Fan Motor Running [PID0-43>Contact24]
2014-09-02 10:43:28.901	2014-09-02 10:43:32.915	Soe	Active (0 → 1)	SOE	S2	2	No	18181	S2_C00bcv	Heating Circuit Transfer Valve Solenoid - Energize for Heating [PID0-71Relay0]
2014-09-02 10:43:15.157	2014-09-02 10:43:55.513	Diagnostic	NORMAL	Diag	H2	2	No	2113576	H2_PAC1241_02_R	Analog Input 9 unhealthy [Alarm ID: 40, FAC1L004-2B16, disp: 32, Pack: R [A1]]
2014-09-02 10:39:54.414	2014-09-02 10:39:54.754	Alarm	ALARMED	LVL_3	BOPC	2	No	1680714	BOPC_000A1300002-Z11	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 10:34:59.114	2014-09-02 10:34:59.510	Alarm	NORMAL	LVL_4	BOPC	1	No	1680746	BOPC_000A000CT001Y003	ENIGAS JUNCTION FRT TEMP HIGH
2014-09-02 10:32:56.083	2014-09-02 10:32:56.493	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	67113874	H1_111QL_3CQ0004-Z11	MKUP DEMI WTR SI
2014-09-02 10:25:13.154	2014-09-02 10:25:13.195	Alarm	ALARMED	LVL_3	BOPC	2	No	1679534	BOPC_000A1300002-Z11	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 10:21:16.277	2014-09-02 10:21:16.487	Alarm	NORMAL	Alarm	H2	1	No	6712454	H2_PAC1241_02_R	ANALOG INPUT 9 UNHEALTHY
2014-09-02 10:19:51.017	2014-09-02 10:19:51.212	Alarm	ALARMED	LVL_3	BOPC	2	No	1679531	BOPC_000A1300002-Z11	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 10:09:02.163	2014-09-02 10:09:02.464	Alarm	HI HI	LVL_5	H1	2	No	67113269	H1_111QL_13CQ001-Z11	LP SAT ST CAT CNDCIT HI HI
2014-09-02 10:02:15.283	2014-09-02 10:02:15.710	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	67113458	H1_111QL_22CQ001-Z11	ALK BLR ST CAT CNDC
2014-09-02 09:59:56.434	2014-09-02 09:59:56.419	Alarm	NORMAL	LVL_3	G2	1	No	16819862	G2_L300A04_PP001_3K	0-0 PP001 #1 DIAGNOSTIC ALARM
2014-09-02 09:59:52.954	2014-09-02 09:59:55.404	Diagnostic	NORMAL	Diag	G2	1	No	17487	G2_UCC0-01103.207_R	Inputs unhealthy on IO Module 103, R pack, IOInet 1 - Message Timeout [Alarm ID: 1103, UCC0-0, Controller 1]
2014-09-02 09:59:52.954	2014-09-02 09:59:54.576	Diagnostic	NORMAL	Diag	G2	1	No	56256	G2_UCC0-01103.207_T	Inputs unhealthy on IO Module 103, R pack, IOInet 1 - Message Timeout [Alarm ID: 1103, UCC0-0, Controller 1]
2014-09-02 09:59:52.954	2014-09-02 09:59:54.560	Diagnostic	NORMAL	Diag	G2	1	No	33871	G2_UCC0-01103.207_S	Inputs unhealthy on IO Module 103, R pack, IOInet 1 - Message Timeout [Alarm ID: 1103, UCC0-0, Controller 5]
2014-09-02 09:59:53.914	2014-09-02 09:59:53.913	Alarm	NORMAL	LVL_1	G2	1	No	16819903	G2_L30P_ALM	0-P BACKUP PROTECTION MODULE TROUBLE
2014-09-02 09:59:52.934	2014-09-02 09:59:52.938	Alarm	ALARMED	LVL_1	G2	2	No	16819754	G2_L300A04_CTRL_1	(T) CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM
2014-09-02 09:59:52.934	2014-09-02 09:59:52.938	Alarm	ALARMED	LVL_3	G2	2	No	16819916	G2_L300A04_CTRL_5	(R) CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM
2014-09-02 09:59:52.934	2014-09-02 09:59:52.938	Alarm	ALARMED	LVL_3	G2	2	No	16819948	G2_L300A04_CTRL_5	(G) CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM
2014-09-02 09:59:52.914	2014-09-02 09:59:52.913	Alarm	NORMAL	LVL_1	G2	1	No	16816106	G2_L300COM_ALM	COMMUNICATIONS FAILED WITH ANY IO PACK
2014-09-02 09:14:42.963	2014-09-02 09:14:42.966	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	67113293	H1_111QL_3CQ0009-Z11	Cw COND OUT BOX CL
2014-09-02 09:42:06.163	2014-09-02 09:42:06.182	Alarm	NORMAL	LVL_3	H1	1	No	16792345	H1_111QA10C002Y004	DOY SCAN TK LVL LOW
2014-09-02 09:34:38.094	2014-09-02 09:34:38.490	Alarm	NORMAL	LVL_2	G1	1	No	16791596	G1_L0F1AF_ALM	LIQ FUEL SHD PRESS LOW W/FAN RUNNING
2014-09-02 09:33:49.844	2014-09-02 09:33:50.228	Alarm	NORMAL	LVL_2	G1	1	No	16791944	G1_L0F1AF_ALM	LIQUID FUEL SHD COOLING FAN TROUBLE
2014-09-02 09:31:35.603	2014-09-02 09:31:35.616	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	67113542	H1_111QL_32CQ001-Z11	CPS OUT CAT CNDCIT
2014-09-02 09:30:02.483	2014-09-02 09:30:02.489	Alarm	NORMAL	Alarm	H1	1	No	67113634	H1_111QL_32CQ001-Z11	LP ECOMR INL WTR CC
2014-09-02 09:29:59.755	2014-09-02 09:21:02.966	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	G1	1	No	20342	G1_D0q3c0d	Gas Chromatograph No. 2 in Calibration Mode [PIDA-79>Contact19]
2014-09-02 09:29:59.757	2014-09-02 09:21:01.716	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	G2	1	No	20342	G2_D0q3c0d	Gas Chromatograph No. 2 in Calibration Mode [PIDA-79>Contact19]
2014-09-02 09:17:42.117	2014-09-02 09:17:42.148	Alarm	ALARMED	Diag	H2	2	No	16819986	H2_L000A_2B16_L300A04_R	(G) Diagnostic Inclusion
2014-09-02 07:37:36.607	2014-09-02 07:37:36.190	Alarm	HI	LVL_3	H2	2	No	67113622	H2_L000A_2B16_L300A04_R	ALK BLR ST CAT CNDC HI
2014-09-02 07:23:49.387	2014-09-02 07:23:49.874	Event	Normal (1 → 0)	OpGet	BOP1	1	No	30523864	BOP1_11B0110G1003.CTL	Workstation5T_CRM3_SVR1.user_CRM3_SVR1Administrator changed Variable: BOP1_11B0110G1003.CTL value from 'NO_CMD()' to 'RAISE'
2014-09-02 07:21:01.418	2014-09-02 07:21:02.397	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	118218	S1_R3a1	Drip Filter Alarm - Open to Alarm [PID0-71>Contact19]
2014-09-02 07:18:23.827	2014-09-02 07:18:23.839	Alarm	ALARMED	LVL_3	BOPC	2	No	16795614	BOPC_000A1300002-Z11	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 07:14:29.834	2014-09-02 07:14:29.839	Alarm	ALARMED	LVL_3	BOPC	2	No	16795612	BOPC_000A1300002-Z11	ENIGAS JUNCTION FRT CONDUCT HIGH
2014-09-02 07:06:08.209	2014-09-02 07:06:09.952	Soe	Active (0 → 1)	SOE	S1	2	No	118182	S1_G3aav1_0	ASV #1 Open - Closed when Valve Open [PID0-46>Contact13]
2014-09-02 07:06:07.985	2014-09-02 07:06:09.952	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	118183	S1_G3aav1_1	ASV #1 Test - Closed when Valve in Test [PID0-46>Contact13]
2014-09-02 07:06:06.035	2014-09-02 07:06:09.286	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	11205	S1_G3aav1_1	Admission Stop Valve #1 Test Solenoid [PID0-44Relay02]
2014-09-02 07:06:03.700	2014-09-02 07:06:03.747	Event	Normal (1 → 0)	OpGet	S1	1	No	689949570	S1_L43ASV1T_ON	Workstation5T_CRM3_SVR1.user_CRM3_SVR1Administrator changed Variable 'S1_L43ASV1T_ON' value from 'False' to 'True'
2014-09-02 07:05:36.195	2014-09-02 07:05:40.286	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	11257	S1_G3aav1_0N	Reheat Stop Valve #2 Dump Test Solenoid [PID0-44Relay04]
2014-09-02 07:05:37.195	2014-09-02 07:05:40.286	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	11266	S1_G3aav1_0N	Reheat Stop Valve #2 Test Solenoid [PID0-44Relay03]
2014-09-02 07:05:32.979	2014-09-02 07:05:33.026	Event	Normal (1 → 0)	OpGet	S1	1	No	2321001636	S1_L43CRV2T_OFF	Workstation5T_CRM3_SVR1.user_CRM3_SVR1Administrator changed Variable 'S1_L43CRV2T_OFF' value from 'False' to 'True'
2014-09-02 07:05:24.755	2014-09-02 07:05:27.786	Soe	Normal (1 → 0)	SOE	S1	1	No	17820	S1_G3aav1_0c	RV2 Quick Close Solenoid [ASV] [PID0-70Relay01]

Fig. Pantalla del Alarm Viewer sin ningún tipo de configuración, ni filtrado de las alarmas.

3.3.2. Configuración del software de planta para la presentación de alarmas.

En este punto, en base a los criterios de buenas prácticas sobre la materia, se van a establecer las pautas para configurar el Alarm Viewer de forma que las alarmas se notifiquen correctamente a los Operadores.

En el Alarm Viewer de todas las estaciones de trabajo del DCS se configurará un filtro con el nombre "SystemAlarms". Este habrá de estar operativo en cualquier ordenador desde el que se opere, y tendrá que cumplir con los siguientes requerimientos:

- Solo se mostrarán las alarmas de prioridad 1, 2 y 3.
- Las alarmas se presentarán en orden cronológico inverso, quedando las más recientes en la parte superior del listado.
- Toda alarma que aparezca se anunciará de forma visual y acústica.
- Cada prioridad de alarma estará representada por un color diferente. Para los tres primeros niveles serán:



Prioridad	Color
1	Rojo
2	Naranja
3	Amarillo

- Del mismo modo, cada prioridad tendrá su propio sonido, y habrá de ser ilustrativo del nivel que está anunciando. Por ejemplo:

Prioridad	Color
1	Un pitido largo (2 seg)
2	Dos pitidos cortos consecutivos
3	Un pitido corto (0,75 seg)

- El volumen del anuncio acústico habrá de estar 15 dB por encima del ruido de fondo de la estancia, pero sin exceder los 80 dB.
- Cuando una alarma se active, aparecerá en el listado con letras blancas sobre un fondo del color correspondiente a su prioridad, y sonará una vez la señal acústica asociada.
- Si aparecen varias alarmas simultáneamente, solo sonará la señal de la de mayor prioridad.
- Cuando se reconozca una alarma que aún está activa, las letras pasarán a ser del color de su nivel de prioridad, y el fondo será claro.
- Al normalizarse una alarma, el texto pasará a ser negro y el fondo será claro.
- Para que las alarmas desaparezcan del listado se tendrán que cumplir dos condiciones: que la causa que las origina se normalice, y que se hayan reconocido.

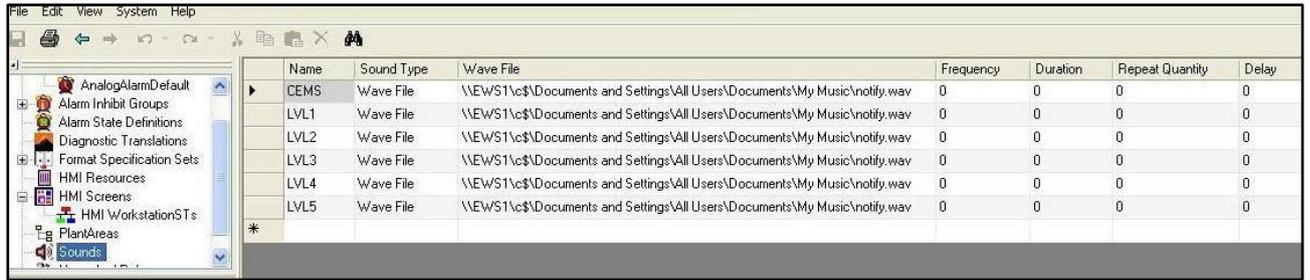


Fig. Pantalla para la configuración de los sonidos de anuncio acústico de las alarmas.

Name	Description	Priority	Normal Foreground Color	Normal Background Color	Alarm Foreground Color	Alarm Background Color	Ack Foreground Color	Ack Background Color	Blink Enabled	Blink Foreground Color	Blink Background Color
Alarm	Default Class for Process Alarms	99	Black	White	White	Red	Red	White	False	Red	White
Diag	Default Class for Process Diagnostics	99	Black	White	White	Purple	Purple	White	False	Red	White
Event	Default Class for Process Events	99	Black	White	Black	Yellow	Yellow	White	False	Red	White
SDE	Default Class for Sequence of event	99	Black	White	Black	Yellow	Yellow	White	False	Red	White
Hold	Default Class for Holds	99	Black	White	Black	Yellow	Yellow	White	False	Red	White
Trip	Default Class for Converter Trips	99	Black	White	White	Red	Red	White	False	Red	White
Sys	Default Class for WorkstationST System alarms	99	Black	White	White	Teal	Teal	White	False	Red	White
OpSet	Alarm Class for Operator Setpoint Events	99	Black	White	Black	Yellow	Yellow	White	False	Red	White
Netwk	Default Class for Network Alarms	99	Black	White	Black	Yellow	Yellow	White	False	Red	White
TgOut	Default Class for Tagout Events	99	White	White	Black	Yellow	Black	Black	False	Red	White
CEMS	Alarms From CEMS	99	Black	White	White	Red	Red	White	True	Red	White
LVL_1	Plant Level Trip	1	Black	White	White	Red	Red	White	False	Red	White
LVL_2	Redundant Equipment Alarm/Trip	2	Black	White	White	253, 94, 47	253, 94, 47	White	False	Red	White
LVL_3	Process Protection Alarm	3	Black	White	White	255, 47, 128	255, 47, 128	White	False	Red	White
LVL_4	Equipment/Device Alarms	4	Black	White	White	150, 0, 0	150, 0, 0	White	False	Red	White
LVL_5	Nonredundant Sensor Alarm/Trip	5	Black	White	White	79, 79, 125	79, 79, 125	White	False	Red	White
LVL_6	XMTR Deviation Alarm	6	Black	White	White	79, 79, 125	79, 79, 125	White	False	Red	White
LVL_7	Equipment Status Alarm	7	Black	White	White	150, 0, 0	150, 0, 0	White	False	Red	White
PRC	Process Alarm	99	Black	White	White	Red	Red	White	False	Red	White

Fig. Pantalla para la configuración de la presentación en pantalla de las alarmas.

Los parámetros de las alarmas que se van anunciando en el Alarm Viewer aparecen ordenados por columnas. Es importante que éstas estén bien organizadas, para que la información que se les muestra a los Operadores, les sea práctica a la hora de interpretarla.

De todos los atributos que se pueden ver, solo se presentarán al Operador los siguientes, y en este mismo orden:

- Device Time (Local Time).
- Class.
- Priority.
- Alarm State.
- Primary Language Description.
- Second Language Description.
- Acknowledged.
- Variable Name.
- Value.
- Quality.
- Silenced.
- Locked State.
- OPC Severity.



El resto de atributos disponibles no hace falta que estén en pantalla, ya que no aportan información necesaria para la Operación.

Device Time (Local Time)	Class	Priority	Alarm State	Primary Language Description	Second Language Description	Acknowledged	Variable Name	Value	Quality	Silenced
2014-09-02 10:53:12.200	LVL_2	2	NORMAL	LUBE OIL LEVEL LOW	BAJO NIVEL DE ACEITE LUBRICANTE	No	G1.L71.OLA	False	Good	No
2014-09-02 10:55:11.154	LVL_2	3	ALARMED	SW SELF-CLEANING FILTER ANOMALY	BAJAS FILTROS AUTOLIMPIACION	No	BOPC.003AC41AT001VA10	True	Good	No
2014-09-02 09:50:56.434	LVL_3	3	NORMAL	<>> PPRO #1 DIAGNOSTIC ALARM		No	G2.L30DAG_PPR01_X	True	Good	No
2014-09-02 09:50:53.514	LVL_1	1	NORMAL	<>> BACKUP PROTECTION MODULE TROUBLE	MÓDULO <>> DE PROTECCIÓN DE RESPALDO PROBLEMA	No	G2.L30P_ALM	False	Good	No
2014-09-02 09:50:53.534	LVL_3	3	ALARMED	LS: CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM		No	G2.L30DAG_CTRL_T	True	Good	No
2014-09-02 09:50:52.634	LVL_3	3	ALARMED	LS: CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM		No	G2.L30DAG_CTRL_B	True	Good	No
2014-09-02 09:50:52.634	LVL_3	3	ALARMED	LS: CONTROLLER DIAGNOSTIC ALARM		No	G2.L30DAG_CTRL_S	True	Good	No
2014-09-02 09:50:52.514	LVL_1	1	NORMAL	COMMUNICATIONS FAILED WITH ANY IO PACK	COMUNICACIONES FALLARON CON CUALQ PAQUETE ES (00)	No	G2.L30COMM_ALM	False	Good	No
2014-09-02 08:42:06.163	LVL_3	3	NORMAL	OXY SCAV TK LVL LOW	NIV TANQ DESOXI BAJO	No	H1.11QCAC0002YAD4	False	Good	No
2014-09-02 08:34:26.094	LVL_2	2	NORMAL	LIQ FUEL SKID PRESS LOW W/ FAN RUNNING	BAJA PRESION COMBUSTIBLE LIQ CON ABANICO OPERANDO	No	G1.L85FAT_ALM	False	Good	No
2014-09-02 08:33:49.944	LVL_2	2	NORMAL	LIQUID FUEL SKID COOLING FAN TROUBLE	ABANICO VENT CAMARA COMB LIQ ANORMAL	No	G1.L85FV_ALM	False	Good	No
2014-09-02 07:14:28.934	LVL_3	3	ALARMED	DOB:IAS2 MCC VLT CTRL V FLR RELAY ANOMALY	TT CTRL COM OBUS2B RI FALL TENS ANOMALIA	No	BOPC.005A295GH002V306	True	Good	No
2014-09-02 07:14:28.934	LVL_3	3	ALARMED	DOB:IAS2 MCC INCOM 02 RELAY ACTIVATED	ACOM CON OBUS2B REL 02 ACTIVADO	No	BOPC.005A295GH001V307	True	Good	No
2014-09-02 08:29:21.964	LVL_3	3	ALARMED	FALLO COMP BALSAT ARO BBAS RECIRCUL PTE	FALLO COMP BALSAT ARO BBAS RECIRCUL PTE	Yes	BOPC.003GN_30A002U10	True	Good	Yes
2014-09-02 08:29:20.274	LVL_3	3	ALARMED	FALLO COMP BALSAT ARO BBAS RECIRCUL PTE	FALLO COMP BALSAT ARO BBAS RECIRCUL PTE	Yes	BOPC.003GN_30A001U10	True	Good	Yes
2014-09-01 20:28:05.488	LVL_3	3	ALARMED	OCWPP2 NOT AVAILABLE	BRACA NO DISPONIBLE	Yes	BOPC.21PC20AP001.AVAIL_A	True	Good	Yes
2014-09-01 20:06:38.364	LVL_3	3	ALARMED	FALLO BOMBA RECIRCULACION 2	FALLO BOMBA RECIRCULACION 2	Yes	BOPC.003GN_20AP002U10	True	Good	Yes
2014-09-01 17:40:51.444	LVL_3	3	ALARMED	LS: PAIC #3 DIAGNOSTIC ALARM		No	G1.L30DAG_PAIC3_F	True	Good	No
2014-09-01 17:40:51.444	LVL_3	3	ALARMED	LS: PAIC #3 DIAGNOSTIC ALARM		No	G1.L30DAG_PAIC3_S	True	Good	No
2014-09-01 17:40:51.364	LVL_3	3	ALARMED	LS: PAIC #3 DIAGNOSTIC ALARM		No	G1.L30DAG_PAIC3_T	True	Good	No
2014-09-01 14:27:18.764	LVL_2	2	ALARMED	HIGH SHAFT CURRENT		No	G1.L30T3CH	True	Good	No
2014-09-01 11:31:03.244	LVL_3	3	ALARMED	GC READINGS LOST FOR 3 E HRS - WARNING		No	G1.L30MMI_ALM	True	Good	No
2014-09-01 09:15:57.934	LVL_3	3	ALARMED	IP DRUM PRESS HI - OVER CLOSE PEGS STM VLV	IP DRUM PRESS HI - OVR CLOSE PEGS STM VLV	No	H1.111845000300YV490	True	Good	No
2014-09-01 09:05:03.244	LVL_3	3	ALARMED	GC READINGS LOST - UNIT SHUTDOWN IN 4 HRS		No	G1.L30MMI_LOST_A	True	Good	No
2014-06-31 15:26:06.163	LVL_3	3	ALARMED	COND TUBES CLEANING B FAIL TO START	LIMPIEZA TUBOS COND FAIL TO START	Yes	H1.11PAH00H001_FL_ST_A	True	Good	Yes
2014-06-31 04:33:42.923	LVL_1	1	ALARMED	AIR PROCESSING UNIT UNDERVOLTAGE	Sustension unidad proceso aire	Yes	G1.L27AD1_ALM	True	Good	Yes
2014-06-31 04:33:42.923	LVL_1	1	ALARMED	SIGNAL FORCING ENABLED	Señal forzada permitida	Yes	G1.L30FORCED_AL	True	Good	Yes
2014-06-31 04:33:42.923	LVL_2	2	ALARMED	GAS FUEL STARTUP HEATER IS NOT IN REMOTE MODE -ALARM		Yes	G1.L30GHRAT_ALM	True	Good	Yes
2014-06-30 07:06:14.764	LVL_1	1	ALARMED	GAS FUEL COMPARTMENT DIFF PRESSURE LOW		Yes	G2.L85VL3_ALM	True	Good	Yes
2014-06-30 00:00:15.317	LVL_2	2	ALARMED	COND HOTWELL LEVEL LOLO	NIV POZO CAL CONDR MUY BAJO	Yes	H2.21.CP20AP001.VA06	True	Good	Yes
2014-06-29 19:16:43.074	LVL_3	3	ALARMED	HVAC ELECT AUX BLDG N ANOM	HVAC EDIF ELECT CONTROL N ANOM	Yes	BOPC.005AA75GH001V324	False	Good	Yes
2014-06-29 19:16:43.074	LVL_3	3	ALARMED	HVAC CTRL BLDG N ANOM	HVAC EDIF CONTROL N ANOM	Yes	BOPC.005AA03GH001V324	False	Good	Yes
2014-06-29 17:41:04.093	LVL_2	2	ALARMED	PFR OFF-OUT OF PRIMARY REG COMPLIANCE	PFR DESCONECTADO-FUERA DE CUMPLIMIENTO REGULACION PRIMARIA	Yes	G1.L49PFR_ALM	True	Good	Yes
2014-06-29 10:44:37.477	LVL_3	3	ALARMED	IPFPW-2 SUC MAN VLV NOT FULLY OPEN	VALV ASP BBAS MP N TOT ABRT	Yes	H2.21.AB20A0001VA17	True	Good	Yes
2014-06-29 10:42:31.397	LVL_3	3	ALARMED	IPFPW-1 SUC MAN VLV NOT FULLY OPEN	VALV ASP BBAS MP N TOT ABRT	Yes	H2.21.AB10A0001VA17	True	Good	Yes
2014-06-29 10:20:33.405	LVL_2	2	ALARMED	LUBE OIL TANK LOW VACUUM	DEFENSITO DE ACEITE LUBRICANTE BAJO VAC	Yes	G2.L30OOLA	True	Good	Yes
2014-06-29 08:27:06.354	LVL_2	2	ALARMED	TURB AIR INLET SYASINSTRUMENTS FAULT	SIS DE ENTRADA TURB AIRE / FALLA DE INSTRUMENTOS	Yes	G2.L30TF_ALM	True	Good	Yes
2014-06-29 08:02:43.967	LVL_3	3	ALARMED	LP SH DRAIN1 LVL HI HI	NIV DRT1 SAL SCAL BP M ALT	Yes	H2.21.BD20C1001.LAHH	True	Good	Yes
2014-06-29 07:57:36.597	LVL_3	3	ALARMED	LP SH DRAIN1 LVL HI HI	NIV DRT1 SAL SCAL BP ALT	Yes	H2.21.BD20C1002.LAHH	True	Good	Yes

Fig. Pantalla del Alarm Viewer con las columnas configuradas y ordenadas.

La supervisión de las alarmas de nivel 4 y de los eventos se realizará como una tarea totalmente al margen de la operación normal de vigilancia de las alarmas. Teniendo en cuenta este principio, será responsabilidad del Grupo de Trabajo encargado de la Documentación y Racionalización establecer las pautas para llevar a cabo su control, dejándolas por escrito en forma de procedimiento en los anexos de este documento.

Si la Racionalización se hace correctamente, ninguna de estas alarmas de P4 debería tener una importancia tal que no permita dejarla activa sin prestarle atención durante un cierto periodo de tiempo, y que ello no conlleve a su vez un riesgo para la operación o la seguridad.

3.4. Respuesta frente a las alarmas.

La respuesta del Operador a una alarma consta de las siguientes etapas:

1. Detección de la alarma.
2. Reconocimiento y silenciado.
3. Navegar a la pantalla adecuada y consultar el proceso al que la alarma está asociado.
4. Comprobar que la alarma es correcta y que no se trata de un error del sistema.



5. Analizar la situación del proceso y la causa que ha producido la alarma. Seleccionar la mejor acción de respuesta. En esta etapa puede ser necesario consultar con otras personas.
6. Implementar la acción elegida: a través del DCS, contactando y dirigiendo a otras personas para que realicen una determinada maniobra, dejando la consola del HMI para realizar acciones que no pueden ser realizadas de otra forma, o mediante una combinación de todas estas.
7. Comprobar que las acciones realizadas corrigen la situación que causó la alarma.
8. Realizar una Orden de Trabajo si es necesario, informar a los responsables de otros departamentos si corresponde, informar de las limitaciones al despacho, etc...

En situaciones en las que se presenten varias alarmas simultáneamente, el o los Operadores tendrán la potestad para decidir en qué orden las abordan, en función de las alarmas en cuestión, el estado operacional de la planta y su experiencia. Siempre teniendo en cuenta que la prioridad y el orden de aparición son factores importantes a la hora de tomar dicha decisión, o de interpretar correctamente que sucede y/o porque sucede.



4. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALARMAS.

4.1. Supervisión del Sistema de Alarmas.

El Sistema de Alarmas engloba varios equipos y sistemas diferentes entre sí. Teniendo en cuenta que las señales de alarma se generan en las controladoras de cada sistema, excepto unas pocas que por seguridad o duplicidad son de lógica cableada, y que se anuncian a los Operadores en las estaciones de trabajo, el Sistema de Alarmas se puede decir que está formado por:

- Estaciones de trabajo o HMIs: Son los ordenadores que hacen de interfaz entre los Operadores y el DCS, que en este caso es el Mark VIe de General Electric. Comprenden las diferentes estaciones de operación, de ingeniería y los historials.
- El Alarm Viewer: Es el software utilizado para presentar las alarmas en pantalla.
- Controladoras: Controlan los diferentes sistemas de la central a partir de la lógica de control que se les ha volcado.
- La red UDH (Unit Data Highway): Es la red a través de la que se comunican las controladoras. Donde comparten las señales que requieren otras controladoras, las estaciones de trabajo, el Alarm Viewer, los registros, etc. Además provee la interfaz para la operación y mantenimiento del sistema.
- Los servidores HMI: Hacen de enlace entre la red UDH y la red PDH (Plant Data Highway).
- La red PDH: Conecta los servidores HMI con las estaciones de trabajo, impresoras, históricos, y otras interfaces externas. No tiene conexión directa con las controladoras.

Esta relativa complejidad del Sistema de Alarmas hace que las tareas de supervisión, mantenimiento y mejora no recaigan únicamente en el Departamento de Operaciones, sino que se requiera de la colaboración de otros miembros del personal dependiendo de la situación.

Algunas de las personas cuya participación se podría requerir son:

- Instrumentistas.
- Eléctricos.
- Jefes de los Departamento.
- Departamento de Control Técnico.
- Responsable de Medio Ambiente.
- Responsable de Seguridad.

Dado que Operaciones e Instrumentación son quienes trabajan o manipulan habitualmente los sistemas y equipos del SdA, su supervisión recaerá principalmente en ellos. Y las tareas que se establezcan como necesarias para este trabajo, se tendrán que integrar dentro de sus rutinas.

4.2. Indicadores de la Eficiencia del Sistema y su análisis.

Para planificar adecuadamente el proceso de mejora se realizará un registro inicial del comportamiento del Sistema de Alarmas, y se comparará con los objetivos que propone la ISA 18.2. A partir de aquí, las comparativas entre los futuros análisis del sistema y la experiencia adquirida se tendrán también en cuenta para realizar nuevas mejoras.

A continuación se van a especificar los análisis, filtrados y reducciones de datos que se tendrán que hacer para conocer la eficiencia del sistema. El análisis de éstos mediante hojas Excel resulta lento y pesado, por lo que no se recomienda. Lo ideal es usar una aplicación con potencial para automatizar el cálculo de los principales indicadores, y generar informes configurables que proporcionen la información para el seguimiento del sistema.

El Alarm Viewer en principio posee estas capacidades, así que se usará para determinar la eficiencia del sistema. Y en caso de que presente alguna limitación, se valorará la opción de adquirir un software compatible fabricado por terceros que mejore sus los puntos débiles o carencias.

No se deberían tomar menos de ocho semanas seguidas de datos para realizar el registro inicial.

Los Indicadores de la Eficiencia del Sistema también se conocen como KPIs, por sus siglas en inglés: Key Performance Indicators.

4.2.1. Capacidad de manejo de alarmas por parte del Operador.

La respuesta a las alarmas por parte del Operador comprende una serie de pasos que se han de realizar secuencialmente. Si apareciesen varias a la vez, estas secuencias de respuesta podrían tener que sucederse de forma simultánea para dar cobertura a todas. Es evidente que dadas las tareas cognitivas a desarrollar, las respuestas no serán instantáneas. Por ello, los promedios aceptables dados por los expertos, EEMUA 191 e ISA 18.2, están en torno a las 150 alarmas por día, aproximadamente 1 alarma cada 10 minutos. El límite de lo aceptable estaría alrededor del doble de dicha cantidad, es decir, 1 alarma cada cinco minutos.

Dar una respuesta adecuada a una frecuencia de alarmas superior dependerá en gran medida de las características de las alarmas aparecidas, de la complejidad de las respuestas y de algún factor más. Por



encima de las 150 alarmas/día, se hace menos probable dar una buena respuesta a las alarmas y aumentan las posibilidades de perder algunas, es decir, se empeora la calidad de la operación. **Frecuencias de entre 2 y 5 alarmas cada 10 minutos se consideran sobredemanda, y ratios de 10 alarmas cada 10 minutos inaceptables.**

Para el cálculo de estos indicadores, los promedios extraídos en base a largos periodos de tiempo pueden llevar a engaño. Son los datos horarios o diarios los que dan una idea del comportamiento del sistema y de la magnitud del problema. Además, su representación en gráficos facilita la interpretación.

El análisis de eficiencia del SdA se hará en base a las alarmas anunciadas en las estaciones desde las que se opere. Así que para el cálculo de los KPIs se emplearán los datos de las alarmas filtradas en el Alarm Viewer por el filtro "SystemAlarms", que es el que se ha especificado para tener en ejecución durante la operación.

Ha de tenerse en cuenta que cuando se supera la capacidad de respuesta del Operador, este comienza a ignorar alarmas, no porque le guste sino porque no tiene más remedio, y por lo tanto no se puede asegurar que alarmas importantes pasen inadvertidas, constituyéndose la base para un accidente grave.

4.2.2. Alarmas por día.

Es el indicador más importante y simple, y como su nombre indica muestra el número de alarmas que aparecen diariamente.

La siguiente imagen es un ejemplo de representación gráfica de alarmas anunciadas por día:

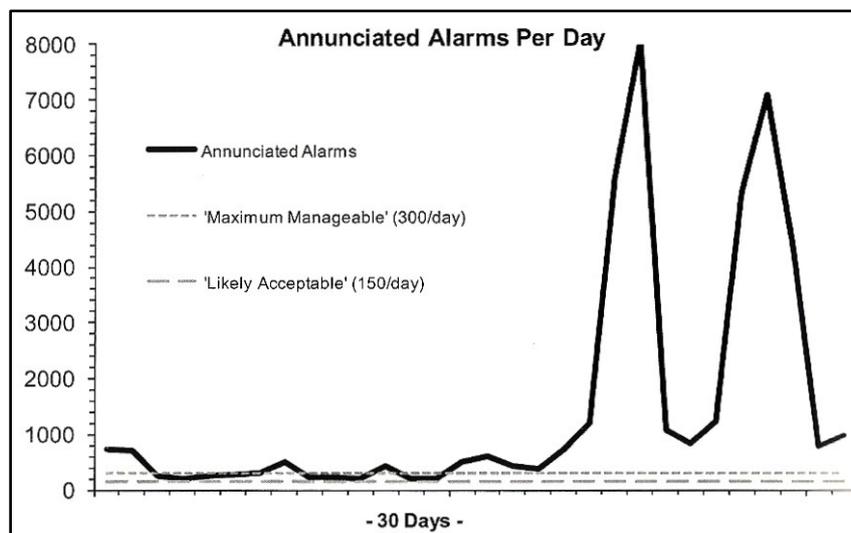


Fig. En la gráfica también se han representado los límites aceptables de alarmas por día.

Otro parámetro vinculado a las alarmas por día, y bastante indicativo, es el porcentaje de días que se sobrepasa el límite aceptable dentro del periodo en estudio:

$$\frac{\text{Número días} > 300 \text{ alarmas/día}}{\text{Número de días del periodo}} \cdot 100$$

Este dato permite visualizar rápidamente la magnitud del problema en el sistema.

4.2.3. Alarmas cada diez minutos. Inundaciones de alarmas.

La finalidad de este análisis es detectar las inundaciones de alarmas, que son también un indicador significativo para evaluar el comportamiento del sistema.

Se considera que el sistema entra en inundación cuando aparecen 10 o más alarmas en un periodo de 10 minutos. Estos periodos pueden prolongarse durante horas, y sobrepasar de largo las 10 alarmas cada 10 minutos, tiempo en el que es fácil que el Operador pierda alarmas relevantes.

La inundación se da por terminada cuando el número de alarmas cada 10 minutos es menor a 5. A continuación se muestra una gráfica donde se representan las alarmas aparecidas cada 10 minutos, para un sistema en el que se rebasa el límite de las 10 alarmas muy menudo:

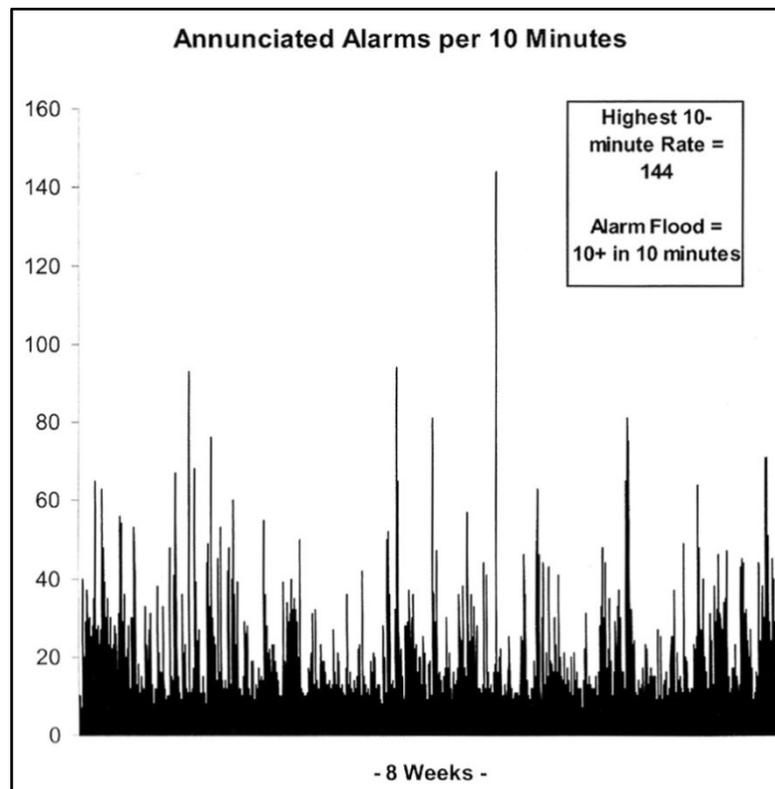


Fig. Ejemplo de representación gráfica de alarmas cada diez minutos.



Como las inundaciones son procesos de duración variable, que empiezan cuando se pasa de las 10 alarmas/10 min y terminan cuando se está por debajo de las 5 alarmas/10 min, su determinación se realiza mediante un análisis algo más elaborado que las alarmas cada diez minutos. La siguiente tabla muestra cómo realizar este análisis:

Análisis de las inundaciones de alarmas para un periodo de 90 días		
Número de inundaciones	Periodos en los que se superan las 10 alarmas cada 10 min.	340
Inundaciones por día	$\frac{\text{Número de inundaciones}}{\text{Número de días}}$	3,8
Alarmas totales en todas las inundaciones	Σ de todas las alarmas aparecidas en las inundaciones	30447
Promedio de alarmas por inundación	$\frac{\text{Alarmas totales en las inundaciones}}{\text{Número de inundaciones}}$	90
Número máximo de alarmas en una inundación		2787
Alarmas en las inundaciones sobre el total de alarmas anunciadas	$\frac{\text{Alarmas totales en las inundaciones}}{\text{Alarmas totales anunciadas}} \cdot 100$	71,5 %
Duración total de las inundaciones en horas	Σ de los tiempos de duración de todas las inundaciones	149
Porcentaje del tiempo de inundación	$\frac{\text{Duración total de las inundaciones}}{\text{Duración del periodo de análisis}} \cdot 100$	6,9 %

El último dato es muy importante, es el tiempo en que el sistema se encuentra en inundación, durante el cual el SdA pierde su capacidad de protección como herramienta del Operador. **Teniendo en cuenta la frecuencia y la magnitud del exceso de alarmas sobre el nivel aceptable, se podrá cuantificar la cantidad de alarmas pérdidas o desatendidas.**

Por ejemplo, para la tabla anterior la cantidad de alarmas desatendidas es:

$$\frac{\text{Promedio alarmas por inund} \cdot \text{Número de inund}}{\text{Número de meses}} = 10600 \frac{\text{alarmas perdidas}}{\text{mes}}$$

O lo que es lo mismo: 2150 alarmas perdidas/semana

Como la pérdida de alarmas puede dar lugar a consecuencias negativas, estas situaciones serán totalmente inaceptables y se tendrá que trabajar para eliminarlas.

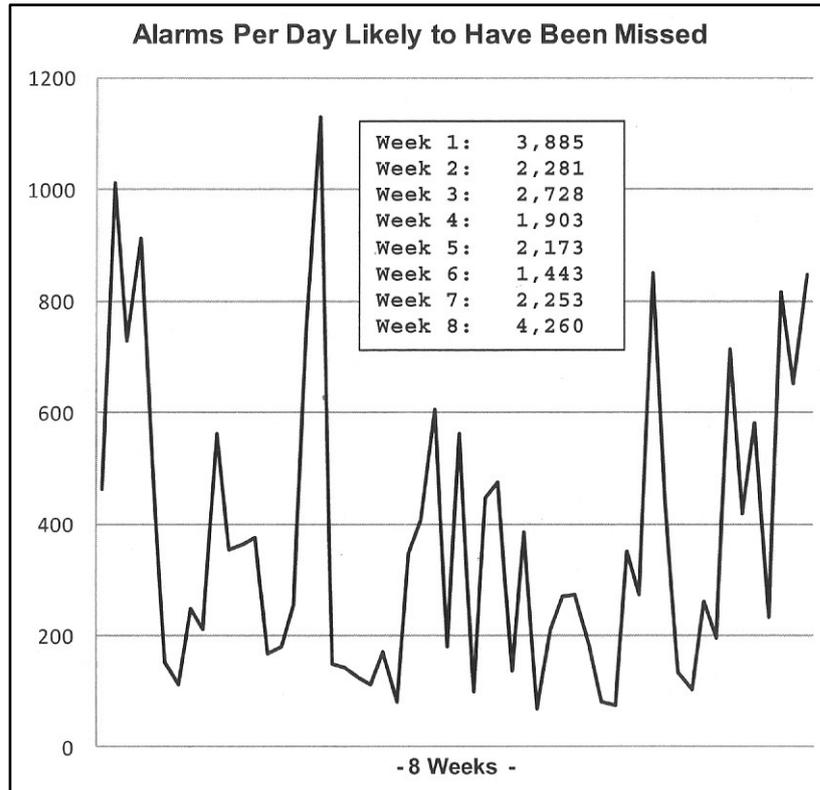


Fig. Representación de las alarmas por día que se han podido perder.

4.2.4. Alarmas frecuentes.

En sistemas en los que no se ha realizado ningún proceso de mejora, se ha visto que generalmente entre el 20 y el 80 % de las alarmas anunciadas las genera un conjunto de tan solo 10 alarmas.

En este análisis las alarmas se ordenan según su frecuencia de aparición de mayor a menor, con el objetivo de detectar ese grupo de alarmas que aparecen con mayor frecuencia, y que representan buena parte de la carga del sistema.

La siguiente imagen es un ejemplo de distribución de las alarmas más frecuentes durante una semana:

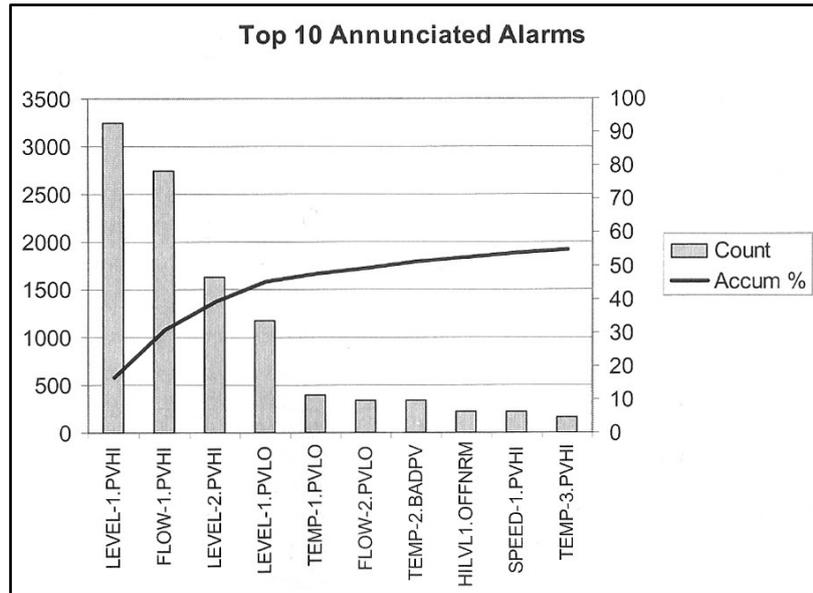


Fig. Las 10 alarmas representadas suponen casi el 55 % de la carga impuesta al Operador.

La tabla que se muestra a continuación es otra forma de representar la clasificación de alarmas por frecuencia. En este ejemplo, solo las 4 primeras alarmas constituyen el 40 % de la carga del sistema, y el acumulado de las 20 el 70 %. Queda claro pues, que con el diseño actual dichas alarmas no son útiles y que necesitaran correcciones para cumplir con su cometido.

Point	Alarm type	Count	%	Cumul (- %)	Priority	Point description
LEVEL-1	PVHI	3248	16,65	16,65	2	C-301 BOTTOMS LEVEL
FLOW-1	PVHI	2744	14,19	30,84	2	CONDENSATE FLOW
LEVEL-2	PVHI	1624	8,32	39,16	2	C-201 LEVEL
LEVEL-1	PVLO	1176	6,05	45,2	2	C-301 BOTTOMS LEVEL
TEMP-1	PVLO	392	2,2	47,41	2	C501 COIL OUTLET
FLOW-2	PVLO	336	1,9	49,31	2	INLET FUEL FLOW
TEMP-2	BADPV	336	1,75	51,06	3	C701 SKIN TEMP
HILVL-1	OFFNORM	224	1,34	52,4	2	C310 LEVEL
SPEED-1	PVHI	224	1,34	53,74	2	WEST COMPRESSOR
TEMP-3	PVHI	168	1,03	54,77	2	C702 SKIN TEMP

HIGH-PRES-1	OFFNORM	168	0,98	55,75	1	MAIN FEED HIGH PRES TRIP
TEMP-4	BADPV	168	0,96	56,71	2	E-511 TEMP
TEMP-5	BADPV	168	0,95	57,66	2	E-512 TEMP
FLOW-3	PVHI	168	0,92	58,59	2	C401 OUTLET FLOW
VALV-BYPASS-1	BYPASS-IN-EFFECT	112	0,57	59,16	3	MOV 332 BYPASSED
LEVEL-4	PVHI	56	0,55	59,71	2	SUPPLY TANK LEVEL
TEMP-6	BADPV	56	0,51	60,22	2	E612 TEMP
FLOW-4	PVLO	56	0,51	61,24	2	C225 BOTTOMS FLOW
VALV-BYPASS-3	BYPASS-IN-EFFECT	56	0,44	61,68	3	MOV 334 BYPASSED
PV: Point Value.						

Durante el estudio del SdA de esta central, todas aquellas alarmas cuyo porcentaje de aparición este un 5 % por encima del resto sin una causa justificada, se tendrán que estudiar y corregir.

4.2.5. Malos actores.

A las alarmas que por su mala configuración cobran exceso de protagonismo también se las denomina “malos actores”, y se pueden dividir en diferentes grupos dependiendo de la raíz de su causa:

- Alarmas parlantes (Chattering alarms).
- Alarmas fugaces (Fleeting alarms).
- Alarmas permanentes o rancias (Stale alarms).
- Alarmas duplicadas (Duplicate alarms).
- Alarmas de diagnóstico molestas (Nuisance diagnostic alarms).

4.2.5.1. Alarmas parlantes.

Se clasifican dentro de esta denominación aquellas alarmas con una frecuencia de 3 o más apariciones por minuto, en las que obviamente, su desaparición no se debe a las acciones tomadas por el Operador. Para corregirlas, será preciso identificar y solucionar las causas del problema, que pueden ser del tipo: fallos de instrumentación, errores de configuración, problemas de funcionamiento de la instalación, etc.



Naturalmente, el comportamiento intermitente de estas alarmas entrando y saliendo a altas frecuencias, hará que también queden reflejadas como alarmas frecuentes.

La siguiente tabla es un ejemplo basado en el análisis de otros sistemas antes de solucionar el problema de las alarmas parlantes:

Promedio diario de alarmas, incluidas las parlantes.	Promedio diario de alarmas, descontando las parlantes.	Porcentaje de carga del sistema, procedente de alarmas parlantes.
1570	391	74 %

A partir de estos datos se puede concluir que, solucionando las causas que originan estas alarmas con intermitencia se conseguiría una notable mejora en el comportamiento del sistema, motivo más que suficiente para configurar una aplicación que permita detectarlas y contabilizarlas.

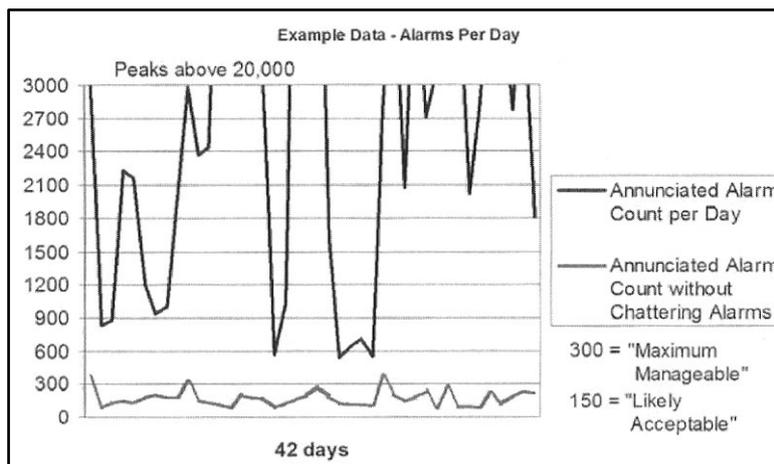


Fig. Alarmas por día con y sin las alarmas parlantes.

4.2.5.2. Alarmas fugaces.

Son aquellas alarmas cuyo tiempo de permanencia en el panel es muy muy corto. Además, si se vuelven recurrentes entrarán también dentro del cómputo de las alarmas parlantes y frecuentes.

Como en los anteriores casos no interesa tener alarmas con este comportamiento, así que para todas ellas se tendrá que estudiar la causa y corregirla.

4.2.5.3. Alarmas permanentes o rancias.

Son alarmas rancias aquellas que después de ser aceptadas quedan activas más de 24 horas. Tras su aparición inicial, estas alarmas no aportan al Operador ninguna información de valor que justifique su

permanencia, sin embargo quedan en la pantalla convirtiéndose en un posible estorbo o distracción que dificulte la detección de nuevas.

La causa de este comportamiento suele estar en un problema de configuración, ya que la mayor parte de ellas no indican una verdadera situación anormal.

Las aplicaciones para el análisis de alarmas generalmente permiten obtener el listado de aquellas que han permanecido activas un cierto periodo de tiempo, proporcionando otra línea de mejora.

Tag	Alarma	Tiempo que lleva activa (días, horas, minutos y segundos)	Contador	Descripción
D118B	OFFNRM	125.02:21:28	2	C-118 AMINE AIRFAN
S118B	OFFNRM	42.11:15:02	1	C-118 AMINE AIRFAN
PC-016E	OPHI	80.08:24:41	2	JC-105 H2 SPILLBACK
PI-026B	PVLO	80.08:18:52	2	JC-105 STG2 SUCTION
PI-025B	PVLO	80.08:18:43	2	JC-105 STG1 DISCH
NS801B	OFFNRM	80.08:18:25	2	JC-101B MOTOR STATUS
XA921	OFFNRM	80.08:18:25	2	JC101B TRIP COIL
XL953	OFFNRM	80.08:18:25	2	JC101B BREAKER STATUS
PI026B	PVLL	80.08:18:18	2	JC-105 STG2 SUCTION

Fig. Tabla de alarmas rancias.

4.2.5.4. Análisis de la distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas.

Como se ha dicho antes, la distribución de la prioridad de las alarmas en un sistema efectivo, tendrá configuradas un número muy inferior de alarmas de alta prioridad, en comparación con las de media o baja:

- P1: 5 % (3 - 7 %)
- P2: 15 % (15 - 25 %)
- P3: 80 % (70 - 80 %)

Sin embargo, este reparto no tiene por qué ser igual a la distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas durante el funcionamiento de la planta, puesto que cada alarma tiene su propia probabilidad de aparición. Por ejemplo, si se tomara el porcentaje de alarmas de alta prioridad aparecidas en un



determinado periodo suficientemente largo, este debería ser inferior al porcentaje de las configuradas como de alta prioridad, 5 %. Y aunque en ocasiones pueda haber cierta similitud entre ambos patrones, la distribución de alarmas configuradas no es indicativa de una buena distribución de alarmas anunciadas.

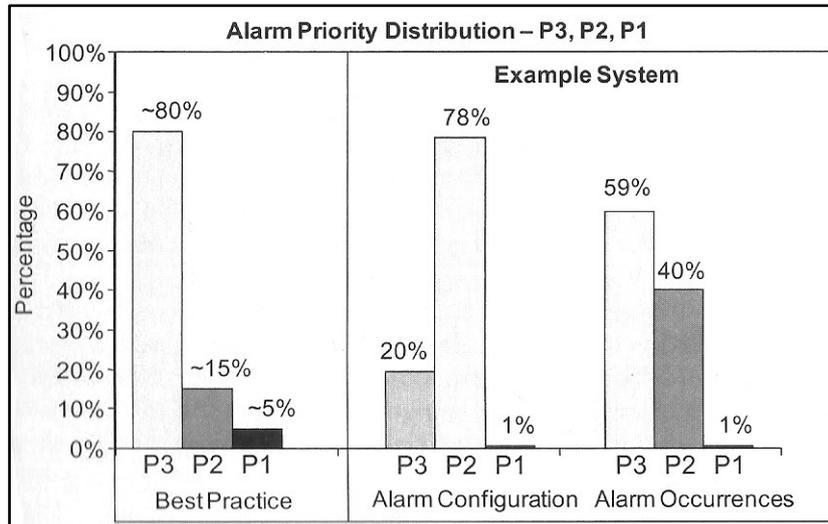


Fig. Ejemplo de la distribución de prioridades para la configuración y en las alarmas anunciadas.

Durante el proceso de Racionalización, las prioridades se fijan cruzando criterios dirigidos a evitar consecuencias, con otros referidos a los tiempos de respuesta. En cambio, la distribución de alarmas anunciadas es una muestra de la probabilidad con que se dan situaciones reales de la planta, unidas a la capacidad del sistema para mantenerlas controladas, y a las consideraciones hechas durante la selección de la prioridad de las alarmas.

Desde el punto de vista del análisis, lo que interesa es la distribución de las alarmas anunciadas, ya que es a las que tendrá que dar respuesta el Operador.

Tras la fase de Racionalización, las alarmas mostradas, cualquiera que sea su prioridad, se deberán a la incapacidad del sistema para mantener el proceso dentro de los límites definidos. Por ello, la respuesta correcta a una mala distribución de las alarmas anunciadas puede estar en mejorar la capacidad del SdC del proceso, en lugar de ajustar la matriz de decisión utilizada para seleccionar la prioridad de las alarmas.

4.2.6. Alarmas suprimidas.

El efecto de las alarmas suprimidas en el sistema es otra de las referencias importantes a tomar inicialmente antes de comenzar con el programa de mejora.

La supresión inhibe la presentación de las alarmas en pantalla, aunque la alarma puede permanecer activa en el sistema a otros niveles.

La supresión incontrolada de alarmas como método para reducir el exceso de alarmas no es segura, ni efectiva. Si se realiza sin la autorización, la vigilancia, el seguimiento y el orden de un procedimiento de Gestión del Cambio, puede conducir a suprimir alarmas importantes, con el riesgo que supone para el sistema.

El objetivo del programa de mejora será eliminar todas las supresiones, y en caso de que se haya de mantener o de realizar alguna, esta será justificada, registrada y controlada, hasta que se corrija el motivo que la originó.

4.2.7. Modificaciones de los atributos de las alarmas.

Como se explica en el punto anterior, los cambios deben ser vigilados, de manera que solo se hagan aquellos que han sido debidamente autorizados. De no ser así se compromete la integridad y la seguridad del sistema. Por ejemplo, la modificación de setpoints o de la prioridad de las alarmas, puede tener un impacto significativo en los tiempos de respuesta y en las acciones que los Operadores pueden llevar a cabo.

La siguiente tabla es un ejemplo de los parámetros que deberían modificarse siguiendo un procedimiento de Gestión del Cambio, junto al número de modificaciones detectadas para cada uno en un análisis del sistema:

Sumario de las modificaciones que requieren Gestión del Cambio	
Tipo de modificación realizada	Nº de modificaciones realizadas
Prioridad	92
Supresión de alarmas	79
Setpoint	181
Rango	121
Estado de señales (True / False)	105
Coeficientes de corrección	16
Total	701
Promedio diario	6



Por tanto, cualquier cambio habrá de ser evaluado, autorizado y comunicado a todo el personal, antes de realizarse, y siempre siguiendo el procedimiento de GdC.

Las acciones para el control de cambios verificarán que el número total de modificaciones realizadas se corresponde con el de los cambios autorizados a través del procedimiento GdC. En este punto del análisis de la eficiencia del sistema el objetivo son 0 modificaciones sin autorización.

4.2.8. Tabla resumen de los Indicadores de la Eficiencia del Sistema.

A continuación se resumen los objetivos para la planta de cada uno de los Indicadores de la Eficiencia explicados en los puntos anteriores. Los objetivos definitivos son los que se proponen en la ISA 18.2:

Indicadores de la Eficiencia del Sistema de Alarmas (Basados en una recolección de datos de al menos 8 semanas)		
Indicador	Objetivo	
	Objetivo final	Máximo manejable
Alarmas anunciadas por día	≈< 150 alarmas/día	≈ 300 alarmas/día
Alarmas anunciadas por hora	≈ 6 (media)	≈ 12 (media)
Alarmas anunciadas cada 10 minutos	≈ 1 (media)	≈ 2 (media)
Indicador	Objetivo	
Porcentaje de horas con más de 30 alarmas	≈< 1 %	
Máximo número de alarmas anunciadas cada 10 minutos	≤ 10 alarmas/10 minutos	
Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas	≈< 1 %	
Periodos de 10 minutos en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)	0 inundaciones/día	
Porcentaje de tiempo en que el sistema está en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)	≈< 1 %	
Porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total	≈< 1 % a un máximo de 5 % (Con plan de acción para corregirlas)	
Alarmas parlantes o fugaces (≥ 3 alarmas/minuto)	0 (Con plan de acción para corregir aquellas que aparezcan)	
Alarmas rancias (Activas durante más de 24 horas)	< 5 alarmas/día (Con plan de acción para corregirlas)	



Distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas (*)	P1: ≈ 5 % / P2: ≈ 15 % / P3: ≈ 80 %
Alarmas suprimidas	0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio
Modificaciones no autorizadas de los atributos de las alarmas (setpoint, prioridad, banda muerta, etc.)	0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio

* Los valores dados para la distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas, están basados en los datos recopilados en estudios realizados sobre el tema, y son aproximaciones. Es posible que los valores resultantes difieran de los propuestos, pero si la Racionalización está bien hecha y se mantiene una distribución en la que las alarmas de P3 están muy por encima en número de las de P2, y estas a su vez de las de P1, se darán por válidos y se añadirán a la tabla como referencia.

4.2.9. Análisis predictivo de la eficiencia del sistema.

Los análisis vistos hasta ahora están diseñados para proporcionar una medida del rendimiento del sistema a partir de los datos de las alarmas ocurridas durante ciertos periodos de tiempo. Son ensayos relativamente fáciles de realizar y señalan directamente a los principales problemas del sistema analizado. Así que resolviendo aquellos problemas que se pongan de manifiesto, puede conseguirse una notable mejoría del sistema con unos medios sencillos y en un tiempo moderado.

Existe otro tipo de análisis para predecir la eficiencia basado en los datos de la Base de Datos Maestra sobre la configuración de los ajustes de las alarmas. Son análisis más complejos, con los que se han realizado ensayos a partir de los datos recabados en numerosos sistemas, cuyas alarmas se habían configurado según las nuevas directrices propuestas por publicaciones que tratan el problema de la Gestión de Alarmas, como la EEMUA 191.

Los datos muestran concluyentemente que las directrices dadas para la configuración del sistema no representan una predicción válida del comportamiento posterior del mismo. Sistemas bien configurados según las directrices recomendadas han tenido un rendimiento desastroso. Por ello no se recomienda realizar este tipo de análisis hoy por hoy, ya que no predicen nada.

4.3. Informes del rendimiento del Sistema de Alarmas.

Los resultados obtenidos de los análisis anteriores y las conclusiones que de ellos se extraigan, habrán de reflejarse en un informe final.

Dado que el software para el análisis habrá de tener capacidad para realizar de forma automática la toma de datos y los análisis explicados en el apartado anterior, esta tarea quedará bastante simplificada.

En el informe tendrán que figurar los siguientes puntos:



- Fecha del informe.
- Nombre de las personas que han revisado la información. Un miembro del Dpto. de Operaciones y otro de Instrumentación.
- Nombre de la persona que revisa el informe final. Esta persona será el “Campeón de la Gestión de Alarmas” (ver en el apartado “Grupo de Trabajo”), o la persona en la que delegue esta tarea si fuese necesario por causas puntuales.
- Los análisis realizados.
- Las conclusiones extraídas.
- Problemas encontrados y la solución propuesta a cada uno de ellos. Se fijará una fecha límite para implementar cada solución.
- Estado de los planes de trabajo puestos en marcha a raíz de los problemas detectados en otros informes y que todavía no se han cerrado.
También se incluirán aquí, el estado de los trabajos derivados de las modificaciones propuestas por el personal.
- Nivel de rendimiento del sistema según el método de Donald Campbell (ver en los anexos).

Los informes se harán mensualmente. Seguramente al principio del proceso de mejora darán lugar a una carga de trabajo importante, hasta que los resultados de los análisis de rendimiento queden dentro de los objetivos propuestos en el punto 4.2.8., o el sistema alcance el nivel de Robusto en la escala del método Donald Campbell. Una vez llegados a este punto el SdA será más estable, generará menos problemas, y por lo tanto requerirá menos acciones correctivas.

Estos informes los elaborará y analizará el Grupo de Trabajo que se establezca para la D&R, ya que serán ellos mismos quienes tendrán que emprender las medidas oportunas para corregir los problemas que se evidencien.

Estando reunido el grupo, y ya con el análisis de eficiencia del mes finalizado:

- Se determinarán los planes de acción para los problemas que se hayan encontrado y se pondrá una fecha límite para realizarlos.
- Se revisará en qué estado se encuentran los planes de trabajo creados a partir de los problemas detectados en anteriores informes, y de las propuestas de modificación. Se arrastrarán hasta que estén totalmente solucionados.
- Se estudiarán las propuestas de modificación realizadas por el personal de planta, y si se aprueban se incluirán en la lista de planes de trabajo.

Los informes tendrán que presentarse durante la primera quincena del mes siguiente al correspondiente del informe.

4.3.1. Nivel de rendimiento del Sistema de Alarmas. Método de Donald Campbell Brown.

Este método para determinar el rendimiento fue ideado por Donald Campbell Brown, del BP Upstream Technology Group, y propone una escala de cinco niveles en la que el nivel de rendimiento asignado al sistema estará determinado por medidas objetivas y subjetivas, es decir, no solo por los análisis numéricos.

En los anexos de este documento se explica este método, se definen los cinco niveles de la escala y se proponen planes para la mejora del sistema.

4.4. Registros e históricos de alarmas.

El análisis del comportamiento de las alarmas requiere de la captura y almacenamiento de sus datos para su posterior tratamiento.

Estos registros se almacenarán por lo menos durante un periodo de cinco años, y habrán de permitir recuperar la siguiente información:

- Alarmas anunciadas al Operador:

El sistema debe poder analizar todas las alarmas anunciadas, así como aquellas cuya presentación al Operador ha sido cancelada, de forma que pueda utilizarse como filtro para análisis.

- Periodos sin registros:

El sistema de grabación continua no debería perder datos.

Durante el estudio de las alarmas, estos posibles periodos en blanco pueden ser difíciles de detectar, pero los métodos de análisis tendrían que encontrarlos.

- Alarmas que anuncian las modificaciones de atributos:

Las modificaciones que se hagan en las alarmas (prioridad, setpoint, banda muerta, etc.) se tendrán que poder registrar, y particularmente aquellas relacionadas con las supresiones.

Para entender correctamente el comportamiento de una alarma, sus apariciones se han de interpretar junto con los cambios en sus atributos, por



lo que los datos de estos cambios deberán aparecer también en los filtrados de alarmas.

▪ Cambios realizados sobre el control de la planta:

También se han de poder recopilar los cambios sobre los SdC motivados por causas ajenas a las alarmas. Datos como modificaciones en los ajustes de parámetros de controladoras, simulaciones, forzado de valores, etc., deberían poder recogerse.

▪ Capacidad del Sistema de Almacenamiento:

El Sistema de Almacenamiento tiene una capacidad limitada para archivar eventos y alarmas, por lo que los nuevos datos que van entrando desalojan a los antiguos. Esto implica que durante los periodos con alto régimen de generación de alarmas, se pierdan gran cantidad de datos pasados, reduciéndose el material disponible para los análisis. Para evitarlo, se tendrá que disponer un archivo de datos externo al SdC. La OPC Foundation ha especificado un servidor OPC estándar, llamado A&E Server, para la transferencia de alarmas y eventos desde el SdC hacia el cliente OPC A&E. La especificación incluye la creación de herramientas estándar de recogida y agrupación de eventos y alarmas para su tratamiento especializado.

El SdA cuenta con este servidor OPC, será responsabilidad de Instrumentación, que este correctamente configurado y operativo.

▪ Software cliente:

El Alarm Viewer ha de permitir tanto filtrar y extraer los datos de las alarmas, como analizarlos, si no se tendrá que adquirir un software con capacidad para ello.

El Dpto. de Instrumentación será el encargado de asegurar que el sistema cumple con estos requisitos, y si fuese necesario de implementar los cambios o mejoras que hagan falta.

5. MÉTODOS DE MANEJO DE ALARMAS MOLESTAS.

5.1. Alarmas molestas o malos actores.

En este capítulo se revisan las categorías de alarmas problemáticas más comunes y se proponen algunas técnicas para tratarlas. Conocidas como alarmas molestas o malos actores, representan esas alarmas que los Operadores categorizan como sin sentido o molestas. Cuando empieza a haber suficientes malos actores en el SdA, éste se vuelve virtualmente inútil y puede conducir la planta a una condición de peligro, puesto que las alarmas importantes o críticas se pierden en el mar de las molestas. Esta situación puede llegar a tener consecuencias adversas para la seguridad de las personas, del medio ambiente, y/o de carácter económico.

Otra consecuencia negativa de las alarmas molestas es la sobrecarga de la red de comunicaciones del DCS, dado que no tiene un ancho de banda infinito. Cada alarma molesta anunciada, reconocida y normalizada causa un tráfico innecesario de la red, y ocupa una parte del disco duro del histórico. Esta reducción de los recursos disponibles de la red de trabajo es particularmente preocupante durante las perturbaciones de la planta, cuando los malos actores y las alarmas reales la inundan.

5.2. Resultados esperados de la resolución de los malos actores.

Las estadísticas dicen que las 20 alarmas más frecuentes normalmente comprenden del 25 al 95 % de la carga total del sistema, en cualquier planta. Obviamente, si estas alarmas se resuelven con éxito se obtendrá la mejor proporción: mejora del sistema por esfuerzo realizado.

Es increíble que exista un número tan elevado de alarmas molestas, porque aun queriéndolo, es dudoso que cualquier buen ingeniero de control fuese capaz de diseñar alarmas con este comportamiento. Sin embargo existen y están en casi todos los sistemas que se analizan.

Como muestra de que estas técnicas pueden dar unos resultados muy interesantes, en la siguiente figura se presentan algunos ejemplos de sus efectos en diferentes sistemas:

Resultado del proceso de trabajo de resolución de malos actores	Alarmas al inicio del proceso	Reducción de malos actores a partir de las recomendaciones	% reducción
System 1	339521	325423	95,8 %
System 2	644487	593904	92,2 %
System 3	79434	72935	91,8 %



System 4	58049	51782	89,2 %
System 5	482375	413094	85,6 %
System 6	414887	333395	80,4 %
System 7	93848	71372	76,1 %
System 8	64695	46749	72,3 %
System 9	33115	22646	68,4 %
System 10	225668	133307	59,1 %
System 11	44527	24882	55,9 %
System 12	183312	77417	42,2 %
System 13	106212	38566	36,3 %
System 14	91686	29188	31,8 %
System 15	39305	8625	21,9 %

Fig. Mejora tras la resolución de malos actores.

En los sistemas de la tabla anterior se analizaron menos de cincuenta puntos con las técnicas que se explican en este capítulo. La reducción media en porcentaje de alarmas anunciadas fue de un 66 % basándose en el sistema, y de un 77 % basándose en el total de alarmas. Esto es una mejora sustancial para una cantidad de trabajo relativamente pequeña.

Si esta tarea se realiza al principio del esfuerzo de mejora, se conseguirá una reducción significativa inmediatamente, dándole credibilidad al proceso. Además, probablemente se solucionen cosas que los Operadores ya sabían desde hacía tiempo y que se habían dejado por imposible.

5.3. Alarmas parlantes y alarmas fugaces.

Como se ha dicho anteriormente, las alarmas parlantes son aquellas cuya frecuencia de aparición y desaparición es de 3 o más veces por minuto. Además su desaparición no se debe a la detección, análisis y modificación del proceso por parte del Operador para eliminar la causa que las activó.

Estas alarmas son bastante comunes y representan una molestia y una distracción importante para el Operador, aunque tienen una parte positiva, y es que son bastante fáciles de solucionar.

Tanto las señales analógicas, como las digitales (On - Off) provenientes de switches, pueden parlotear, y de hecho no es raro que lo hagan.

Dentro de las alarmas parlantes esta la subcategoría de las alarmas fugaces. Estas aparecen y desaparecen muy rápidamente, demasiado como para que el Operador pueda hacer algo al respecto. Se pueden resolver aplicando los mismos métodos que a las parlantes.

En los sensores analógicos con parloteo el primer paso es considerar la Banda Muerta de la alarma. A continuación se hace una pequeña revisión del concepto de Banda Muerta.

5.4. Herramientas para el tratamiento de alarmas molestas.

Las tres primeras herramientas que se usaran para corregir las alarmas molestas son:

- Configuración de la banda muerta en las alarmas.
- Correcto filtrado de los valores del proceso y de las alarmas.
- Uso efectivo de los tiempos de delay (on-delay u off-delay).

Las dos primeras técnicas, a diferencia de la tercera, pueden resultar más familiares. El análisis de los tiempos de delay y su ajuste es una de las técnicas más potentes que existen para tratar ciertos tipos de alarmas molestas.

5.4.1. La banda muerta en las alarmas.

5.4.1.1. El control on-off y la banda muerta.

El on-off es la forma más básica de control. Cuando el valor de la variable de control cruza el punto de ajuste establecido (setpoint), la variable de salida pasa de on a off, o viceversa.

Para evitar los continuos cambios de estado que se darían en la salida si la variable de control oscilase continuamente, se le da a esta un margen o banda muerta alrededor del punto de ajuste, de manera que el estado de la variable de salida no cambia hasta que la de control no supera por abajo o por arriba la banda muerta.

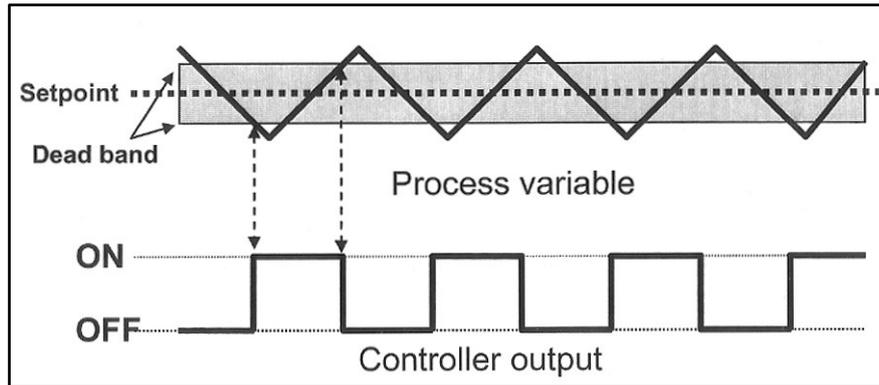


Fig. Banda muerta y control on-off.

Se usa habitualmente para regular la temperatura de procesos no críticos, como por ejemplo sistemas centralizados de calefacción y de aire acondicionado, temperatura del aceite lubricante, temperatura de cámaras refrigeradas, etc. Pueden usarse también en bombas de llenado (o vaciado) de tanques, arrancando p.e. al 20 % y parando al 80.

En los sistemas de control on-off la variable de proceso siempre oscilará alrededor de la banda muerta, así que la única manera de conseguir una regulación precisa será reducir su ancho. El resultado de este ajuste tendrá como consecuencia un incremento de la frecuencia de oscilación del elemento de control (relés, válvulas, etc.), y por lo tanto a una reducción de su vida útil.

5.4.1.2. Banda muerta y alarmas.

De manera similar a la banda muerta en los puntos de ajuste de los procesos de control on-off, las alarmas de valores analógicos deben tener también una banda muerta específica. Cuando un valor de proceso está cercano a su valor de alarma, cualquier ruido o pequeña variación de la señal dará lugar a múltiples alarmas en el caso de que la banda sea demasiado pequeña, y todas las señales de proceso tienen ruidos.

La siguiente figura muestra como una adecuada banda muerta, mayor que el ruido de la señal, reduce los eventos de alarma cuando el valor de proceso oscila alrededor del valor de ajuste. La Banda Muerta debe ser mayor que el ruido esperado de la señal. El que la posición relativa de la banda muerta este por encima o por debajo del punto de ajuste puede variar dependiendo del tipo de alarma. Para cada alarma de un mismo punto analógico se pueden configurar diferentes bandas muertas, o se puede configurar una que aplique a todas.

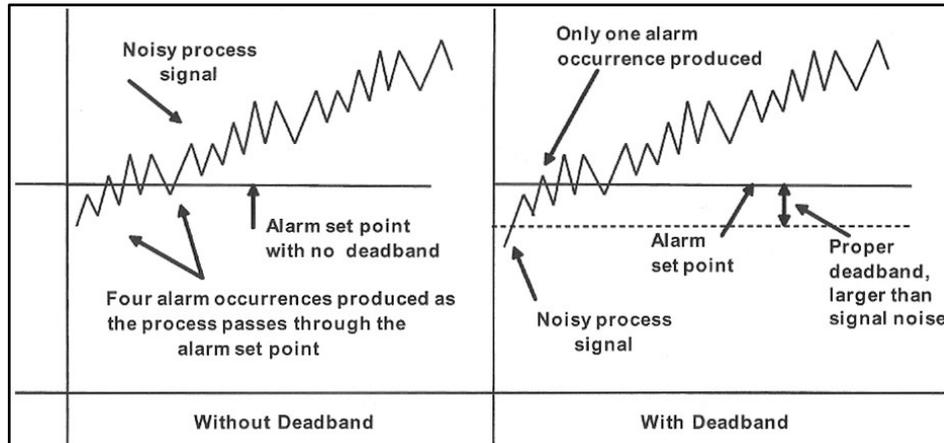


Fig. Banda muerta y alarmas.

La banda muerta se tendrá que configurar en todas las alarmas analógicas. Normalmente no es necesario realizar unos cálculos muy rigurosos, los valores de la siguiente tabla pueden servir de referencia para empezar:

Tipo de señal	Banda Muerta
Flujo	5 %
Nivel	5 %
Presión	2 %
Temperatura	1 %

5.4.2. Filtrado de los valores del proceso y de las alarmas.

La principal razón para filtrar las señales de las variables del proceso tiene que ver con el comportamiento de los lazos de control, no con las alarmas.

El buen funcionamiento de cualquier lazo se puede ver afectado por el ruido que contienen las señales. Cuando se introduce una señal sin filtrar en una controladora PID, la salida resultante arrastrará cualquier perturbación que tuviese la entrada, propagándola en forma de oscilaciones a los actuadores de mando de los elementos de control del proceso (válvulas, motores, etc.), lo que dará lugar a un control pobre y a un mayor desgaste de los componentes.

Los filtros algorítmicos de los SdC permiten tratar el ruido de las señales del proceso, y así mejorar el comportamiento de los lazos. No obstante, también tienen un efecto similar al de la banda muerta en la activación de las alarmas, motivo por el que se tratan en este documento.



El filtrado de los valores del proceso introduce un notable retraso en el lazo de control, cuyas secuelas serán percibidas como un tiempo muerto dentro del mismo y se habrán de tener en consideración. La configuración óptima del filtro es aquella que suaviza el ruido de la señal de salida, pero que influye poco en la respuesta deseada del sistema. Un filtro demasiado amplio podría ocultarle problemas al Operador.

Después de añadir o de modificar un filtro en cualquiera de las variables de proceso de una controladora PID, ésta se habrá de reajustar.

La elección de los parámetros de configuración apropiados para el filtrado, abarca generalmente un capítulo entero en los libros de texto de ingeniería de control. En cuanto a la Gestión de Alarmas, tan solo es de interés por su efecto sobre ellas, y se puede resumir mediante la siguiente conclusión: **Es más importante configurar los filtros de manera que actúen correctamente sobre el control, que pensando en su resultado o efecto sobre las alarmas. Por eso, no se aboga por el filtrado de señales como un buen método para reconducir las alarmas analógicas parlantes.**

Si se sospecha que el problema de comportamiento nervioso de un lazo de control, está inducido por ruido en la señal de un elemento de medida, los siguientes valores serán un buen punto de inicio para filtrarla, introduciéndole una ligera temporización:

Tipo de señal	Constante de tiempo del filtro
Flujo	2 seg
Nivel	2 seg
Presión	1 seg
Temperatura	Ninguno

5.4.3. Análisis de los tiempos de delay y las alarmas.

A menudo, los peores casos de alarmas parlantes o fugaces están asociados a señales de on - off, como las de los switches de presión o de nivel. Si bien estos equipos suelen disponer de un tornillo de regulación que permite ajustar la banda muerta mediante prueba y error, dar con el punto correcto puede resultar algo impreciso. Aun así, existe una alternativa más efectiva para afrontar este problema: el delay o retraso. A veces no se usa por desconocimiento o por falta de comprensión, pero una vez entendido resulta sencillo, y los resultados obtenidos en comparación con el esfuerzo realizado son importantes. **Además, a diferencia de la banda muerta y del filtrado de los valores del proceso, que solo son aplicables a valores analógicos, el delay se puede aplicar tanto a puntos analógicos como a digitales.**

Existen dos tipos de retrasos, el on-delay y el off-delay, y puesto que evidentemente actúan de forma diferente, al ponerlos en práctica se habrá de tener en cuenta cómo afectará cada uno de ellos al sistema. Por otro lado, al ser un potente método para tratar las alarmas parlantes y fugaces, las características de éstas servirán de prefacio durante éste capítulo para discutir su correcta aplicación.

Recordando lo visto hasta ahora, una alarma fugaz es aquella en la que la transición del estado de alarma al normal se da en un intervalo de tiempo muy corto, es decir, su duración es demasiado breve como para que desaparezca por la respuesta del Operador. Asimismo, si esto sucede repetidamente será a la vez una alarma parlante.

Desde el momento en que se hace necesario el empleo de un programa informático para mejorar el SdA, es conveniente hacer uso de él no solo para detectar problemas, sino también para solucionarlos, sacándole de este modo el máximo partido. Con éste fin, se le realizarán dos análisis de frecuencia a las alarmas parlantes o fugaces: el análisis de tiempo en alarma (duración) y el de tiempo entre alarmas (intervalo).

5.4.3.1 Tiempo en alarma y tiempo entre alarmas.

Los DCSs, y así es en planta, registran al menos tres tiempos para cada alarma: el de aparición, el de retorno a su estado normal y el de reconocimiento por parte del Operador. En este apartado van a ser de interés los dos primeros, con ellos el software para el análisis de las alarmas permitirá calcular fácilmente el “tiempo en alarma” (duración), que es simplemente la diferencia entre el tiempo de aparición y el de desaparición.

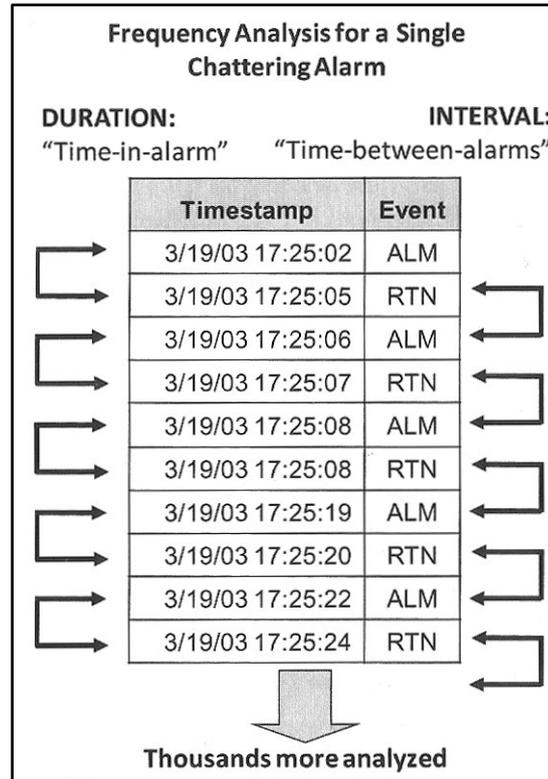


Fig. Duración e intervalos de las alarmas parlantes y de las inundaciones.

De manera similar, la diferencia entre la desaparición de cada alarma y su siguiente aparición, da como resultado el "tiempo entre alarmas" o intervalo.

Si se representan estos tiempos para cientos de eventos de una misma alarma, a menudo se obtiene una gráfica similar a la siguiente:

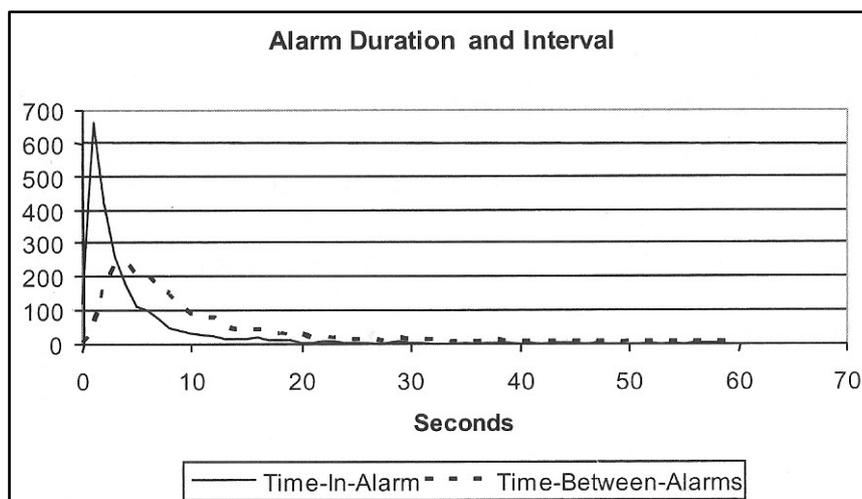


Fig. Gráfica para el análisis del tiempo de delay.

Las dos curvas de la figura anterior se determinan del siguiente modo:

- Gráfica de tiempo en alarma (duración): $Y =$ Número de veces que la alarma ha aparecido con una duración de X segundos.
- Gráfica de tiempo entre alarmas (intervalo): $Y =$ Número de veces que el intervalo entre alarmas es de X segundos.

En este caso, basado en miles de parejas de tiempos de entrada y de salida, la mayoría de alarmas tienen duraciones (línea continua) de menos de 10 segundos, y el tiempo entre alarmas (línea discontinua) es mayoritariamente menor a 20 segundos. Lógicamente, una alarma que entra durante menos de 10 segundos y que desaparece por sí misma no cumple con los criterios de definición de alarmas: Toda requiere una acción por parte del Operador para ser resuelta.

En la representación gráfica de estos intervalos, el área bajo la curva supone el 100 % de las apariciones de la alarma analizada. Un ejemplo de este principio es la siguiente figura.

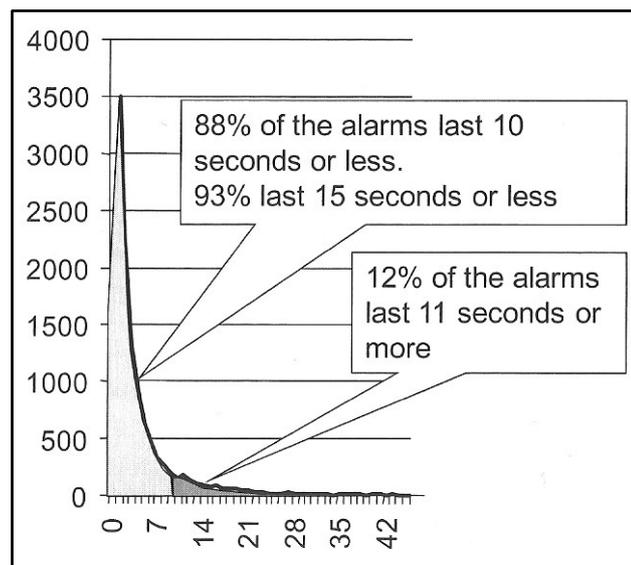


Fig. Histograma para la determinación del on-delay.

En la figura se ve como la alarma tuvo miles de activaciones de 10 segundos o menos. De hecho la duración del 93 % de las alarmas estuvo por debajo de los 15 segundos, por lo que no fue la respuesta de un Operador lo que las devolvió a su estado normal, esto es indicativo de algún tipo de condición transitoria que no requiere acción alguna para ser resuelta. Sin embargo, una parte de las alarmas sí que permanecieron activas varios minutos.

Los tiempos de duración de las alarmas y de intervalo entre alarmas son muy valiosos cuando se van a utilizar las capacidades on-delay y off-delay de un DCS. A continuación se explica cómo funcionan.



5.4.3.2. On-delay.

El uso del parámetro de tiempo on-delay puede ayudar a prevenir la aparición de alarmas transitorias. En este caso la alarma no se anunciará inmediatamente, sino que permanecerá activa un tiempo determinado antes de ser comunicada al Operador. De no ser así, ésta no habrá existido a todos los efectos.

La elección correcta del tiempo de on-delay no es baladí, ya que supondrá un retraso en la presentación de la alarma al Operador, y a su vez un incremento del tiempo total que le llevará darle respuesta. Dado que esto puede afectar a la seguridad, se tendrán en cuenta los siguientes puntos a la hora de ponerlo en práctica:

- On-delays de 30 segundos o menos no son generalmente un problema para alarmas de prioridad 3.
- On-delays de más de 30 segundos o un minuto se han de aplicar con mucho cuidado, incluso en alarmas de prioridad 3.
- On-delays de más de unos pocos segundos se han de estudiar escrupulosamente antes de utilizarlos en alarmas de prioridad 1 o 2.

5.4.3.3. Off-delay o debouncer timer.

Este método, conocido también como “debouncer timer” (temporizador antirrebotes), puede convertir una serie de alarmas repetitivas, molestas y parlantes, en un único evento de alarma de larga duración.

Con este método la alarma se anunciará nada más activarse, sin embargo cuando la condición de alarma desaparezca, esta no se procesará hasta después del tiempo de delay programado. De esta forma las ráfagas de alarmas fugaces o parlantes se convierten en una sola alarma sostenida, sin retraso en su anunciación. La clave aquí es escoger correctamente el tiempo de delay de modo que sea mayor que el tiempo entre alarmas.

El inconveniente de esta técnica es también el tiempo de retraso. Cuando aparezca una alarma y el Operador realice las acciones correctivas oportunas, éste no verá el resultado hasta que haya expirado el tiempo de delay, independientemente de que hayan tenido un éxito inmediato. En la mayoría de casos esto es tolerable, pudiendo configurarse tiempos de off-delay de hasta 2 minutos.

Otra desventaja es que las alarmas pueden terminar convirtiéndose en rancias si el parloteo se prolonga durante largos periodos. Aquí la fuente del problema podría radicar en que el punto de ajuste de

la alarma queda muy pegado al valor normal del proceso, y no indica realmente una transición a un rango anormal.

5.4.3.4. Implementación del on-delay y del off-delay.

Mientras que la banda muerta únicamente puede aplicarse a señales analógicas, a menos que el sensor tenga algún tipo de ajuste mecánico, el on-delay y el off-delay son aplicables tanto a inputs analógicos como a discretizados (p.e.: switches).

Retraso en segundos	% Reducción	
	Tiempo en alarma (On-delay)	Tiempo entre alarmas (Off-delay)
5	77,7	19,7
10	87,6	37,8
15	93,0	48,7
20	95,4	58,4
25	96,1	62,4
30	96,5	64,1
35	97,6	66,5
40	97,8	68,7
45	97,9	69,6
50	98,2	70,6
55	98,5	71,6
60	98,5	72,2
65	98,6	72,4
70	98,7	73,2
75	98,7	73,6
80	98,7	74,1
85	98,7	74,6



90	98,9	75,1
95	99,0	75,7
100	99,0	75,8
105	99,0	76,0
110	99,2	76,4
115	99,2	76,9
120	99,2	77,2

Fig. Tabla de tiempos de delay y su correspondiente reducción del número de alarmas.

Para cada alarma se creará una tabla similar a la de la figura anterior. Este análisis numérico proporciona el porcentaje exacto de las alarmas que se eliminarán en función del tipo y tiempo del delay. La tabla y las gráficas ayudan a visualizar mejor la disminución, y por lo tanto a seleccionar el delay más adecuado.

En la alarma del ejemplo, un on-delay de treinta segundos eliminará alrededor del 96 % de las apariciones, y un off-delay de un minuto el 72 %. Esto es normal, ya que el off-delay acostumbra a ser menos efectivo que el on, para el mismo tiempo de retraso generalmente eliminará menos alarmas.

Dependiendo del SdC, puede haber restricciones alrededor de la elección del tipo de delay.

Este procedimiento no determina porque se da el parloteo o la fugacidad, son las condiciones del proceso y las características del hardware las que conducen a estos comportamientos. Seguramente una investigación de las raíces del problema sacaría a la luz complicaciones de la instalación o del hardware. **La implementación de los tiempos de retraso es pues una “tirita” de alta efectividad, más que una solución de la causa real.**

Para hacer una tabla como la de la figura se necesitan los datos de los históricos, pero cuando se implementan nuevos puntos, inicialmente no se dispone de éstos. ¿Cuáles deberían ser entonces los valores por defecto? La respuesta requiere cierta explicación.

La implementación del on-delay y del off-delay es diferente a la de la banda muerta. En las especificaciones de ésta última, la física de la situación ya de entrada contraindica el uso del cero. En cambio, para muchos puntos un cero de on o de off-delay puede ser perfectamente aceptable.

Si se consulta la documentación sobre la materia a este respecto: La EEMUA 191 describe solo el off-delay y sugiere algunos valores por defecto. La ISA 18.2 añade algunas advertencias y generaliza los valores por defecto para ambos casos. No obstante, Hollifield y Habibi profundizan algo más en su libro:

Tipo de señal	Tiempo de on-delay: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Por defecto es cero. ▪ Usar el on-delay solo en problemas identificados y en alarmas de prioridad 3. ▪ Su uso en alarmas de prioridad 1 y 2 debe evaluarse individualmente para su aceptación. 	Tiempo de off-delay: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Por defecto se empleará en la alarmas de prioridad 3. ▪ Su uso en alarmas de prioridad 1 y 2 debe evaluarse individualmente para su aceptación.
Flujo	0 - 15 segundos	15 segundos por defecto
Nivel	Emplear con precaución tiempos > 30 segundos.	30 - 60 segundos por defecto. Con precaución tiempos > 30, considerando el volumen del tanque y los ratios de producción.
Presión	Emplear con precaución tiempos > 15 segundos.	15 segundos por defecto. Límites superiores de 60 - 120 segundos no son preocupantes normalmente.
Temperatura	Emplear con precaución tiempos > 30 segundos.	30 - 60 segundos por defecto. Límites superiores de 60 - 120 segundos no son preocupantes normalmente.
Otros	Considerarlos individualmente. A menudo incluso un delay muy corto (5 segundos) puede eliminar prácticamente las alarmas fugaces.	5 - 30 segundos; hacer uso de un buen juicio ingenieril basado en cada alarma en particular.

Fig. Tiempos de delay recomendados basándose en el tipo de señal.

Ambas técnicas redirigen el comportamiento de las alarmas sin determinar los motivos por los que la señal está parlotando o comportándose de modo fugaz, más bien los esquivan o parchean. La parte positiva es que corrigen el problema inmediatamente sin eliminar la visión de la alarma por parte del Operador, como haría la supresión de alarmas.

Aunque el uso apropiado de algunos métodos puede mejorar dramáticamente el rendimiento de las alarmas, los procesos subyacentes y las causas mecánicas que las originan también deben investigarse. Esto a menudo supone disponer del tiempo, del dinero o del personal necesario para revisar las instalaciones y los equipos. Sin embargo, muchas plantas no tienen estos recursos y una gran tirita como el delay es a veces una solución razonable al problema.

5.5. Otras alarmas frecuentes.

Una vez solucionadas todas las alarmas parlantes que se hayan identificado por el criterio de las tres apariciones por minuto, se puede ampliar el intervalo a por ejemplo: tres apariciones en dos minutos, y así detectar y corregir algunas más. Aparte de éstas, habrá otras muchas que aparecerán en el listado de



alarmas más frecuentes, y que no tienen por qué cumplir con los criterios específicos de alarmas parlantes o fugaces. Como ya se ha dicho, normalmente un pequeño número de alarmas son las causantes de la mayor parte de la carga del sistema, por ello es importante dirigir los esfuerzos de mejora allí donde van a ser más efectivos, mediante el uso de técnicas ya probadas y documentadas en la bibliografía sobre el tema.

5.6. Alarmas suprimidas.

El análisis inicial del sistema para la determinación de los malos actores, debe llevar también a la identificación de todas las alarmas que se haya suprimido. La supresión de alarmas es algo que habitualmente se hace de manera incontrolada, con los riesgos que esto conlleva.

Al final de la resolución de malos actores no deberán quedar alarmas suprimidas.

5.7. Alarmas permanentes o rancias.

Las alarmas rancias son aquellas que aparecen y quedan activas ocupando el alarmero por largos periodos de tiempo, pudiendo llegar a ser una distracción para los Operadores. Para su identificación, generalmente un filtrado de duraciones superiores a 24 horas es un buen valor de inicio.

Durante el estudio previo a la mejora, en algunos sistemas se han llegado a encontrar alarmas que llevan activas años. A menudo reflejan condiciones estables de la unidad, como un equipo parado o el fallo de un sensor, en lugar de situaciones verdaderamente anormales. La mejor forma de enfocar una solución para este tipo de alarmas es la siguiente:

- Tener una buena comprensión de los estados del proceso y del hardware involucrado.
- Asegurarse de que la alarma cumple los fundamentos básicos para la definición de alarmas y los principios de buenas prácticas.
- Reconfigurar la alarma aplicando cierta imaginación, creando estructuras lógicas que solo reflejen condiciones anormales o inesperadas, y que requieran de la acción del Operador para resolverse.
- Aplicar soluciones basadas en el estado de operación (se explica más adelante).

5.8. Alarmas duplicadas.

Existen dos tipos de alarmas duplicadas, las dinámicas y las configuradas.

5.8.1. Alarmas duplicadas dinámicas.

Las alarmas duplicadas dinámicas son parejas o grupos de alarmas que siempre, o frecuentemente, aparecen con un determinado intervalo de tiempo entre ellas.

Las aplicaciones especializadas para el análisis de alarmas permiten detectar y listar aquellas que están altamente correlacionadas en su aparición.

Se dan situaciones en las que un mismo evento se anuncia varias veces de manera distinta, dando lugar a situaciones indeseables. En estos casos un estudio individualizado determinará que alarmas se han de mantener y cuales se han de eliminar, o que ajustes se han de realizar. **Una alta cantidad de alarmas duplicadas es una indicación de la necesidad de aplicar un proceso de racionalización para eliminarlas.**

5.8.2. Alarmas duplicadas por configuración.

Las interconexiones entre puntos del DCS pueden dar lugar a casos de alarmas duplicadas por configuración.

Por ejemplo, una señal de entrada puede reenviarse a varios puntos: un selector, un totalizador y una controladora. En muchos casos se configuran por defecto alarmas de diagnóstico para todos ellos, por lo que una alarma como Bad Quality sobre el punto de entrada, puede originar otras tres en los puntos conectados.

Esta forma de configurar las alarmas se ha de evitar. Las alarmas de diagnóstico deben emplazarse únicamente en los puntos de la estructura donde el Operador haya de dar respuesta, en este caso la controladora.

5.9. Alarmas molestas por mala medida/Bad Quality.

El porcentaje que representan las alarmas por mala medida sobre el total puede llegar a resultar sorprendente, ya que a menudo son miles. Estas suelen deberse a una inadecuada configuración del rango, a errores en la toma de la medida, o a problemas de la instalación. Por ejemplo, es poco probable que entre las especificaciones para la instalación de un caudalímetro, haya una que indique como algo normal que éste solo funcione correctamente la mitad del tiempo. Dado que ningún instrumento se diseña para estar en Bad Quality, dichas situaciones se han de corregir y no se deben tolerar.

Estos sucesos se tendrán que reconducir lo antes posible, desde el mismo momento en que el mal funcionamiento de un instrumento devalúe la visión de los Operadores. El tiempo que empleen en confirmar el problema del instrumento, será un tiempo en el que su atención por el resto de sus obligaciones se verá mermada.



Generalmente, la adición de un nuevo instrumento debe ir acompañada de un procedimiento de Gestión del Cambio para asegurar que se hace adecuadamente. La eliminación de un instrumento también se hará del mismo modo, siguiendo un procedimiento de GdC, para asegurar que no es necesario y que se elimina de forma correcta. **Funcionalmente, la tolerancia indefinida del mal funcionamiento de instrumentos es lo mismo que eliminarlos. Además si hubiese algún incidente sería complicado justificar cómo se permitió que un instrumento relevante funcionase mal durante meses, o que se retirase del servicio sin el apropiado nivel de supervisión. Este es el tipo de cosas que terminan con multas y demandas.**

Tiempo atrás los instrumentos de medida mantenían una relación entre precisión y rango. Solo en un pequeño rango, a veces menor a la variación del proceso, se podía obtener una alta precisión. Los ingenieros de control, sabedores del inconveniente, estaban acostumbrados a diseñar lidiando con estos límites, pero entonces apareció la revolución digital y la mentada limitación desapareció. Los sensores modernos generalmente proporcionan la precisión necesaria en todo el rango de variación del proceso, aunque algunos ingenieros continúan aplicando las viejas prácticas de configuración, sin considerar las consecuencias de generar cuantiosas alarmas de mala medida durante situaciones como arranques y paradas.

Así que por defecto se deberá configurar el instrumento para todo el posible rango de valores que pueda abarcar el proceso, incluyendo ambiente, y entonces comprobar si la precisión que se obtiene es suficiente. Si no, cosa rara para los transmisores modernos, habría que comprar uno con mejores prestaciones. Lo que no hay que hacer es configurar un sensor sabiendo que se tendrán situaciones de mala medida o de bloqueo.

Los caudalímetros diferenciales son habitualmente unos de los peores transgresores. Si con caudal cero hubiese un pequeño desequilibrio en las cámaras, el sensor trataría de reportar un pequeño caudal negativo o de retorno. Y en caso de que el rango de flujo no estuviese configurado para desviaciones negativas, esto daría lugar a la correspondiente alarma de Bad Quality. Luego, estos puntos se deberán configurar con un límite en el cero, de modo que los pequeños valores de flujo negativos no progresen y afecten a los procesos aguas abajo.

La capacidad del DCS para inmovilizar los valores analógicos al final del rango, evitando que entren en estado de Bad Quality, deberá entenderse y usarse adecuadamente. Los puntos de control que utilicen estos valores se habrían de acompañar de acciones predeterminadas a realizar cuando la medida sea errónea, se habrán de definir con cuidado.

5.10. Alarmas que no representan eventos que requieren respuesta del Operador.

A veces la clasificación de alarmas frecuentes registra alarmas que no deberían serlo, acostumbran a ser notificaciones de acciones normales del proceso, transiciones o hechos similares. Estos eventos son una de las peores contribuciones a los problemas de la Gestión de Alarmas. **De alguna forma, se ha extendido la mala práctica de utilizar el Sistema de Alarmas para canalizar informaciones sobre los diversos estados de los equipos.** En estos casos se han de aplicar las pautas de configuración dadas en este documento. Para la transmisión de información sobre el estado de los equipos se han de utilizar otros medios.

5.11. Soluciones avanzadas para la Gestión de Alarmas.

Como aconsejan Hollifield y Habibi en “The Alarm Management Handbook”, antes de aventurarse con soluciones avanzadas es preferible hacer uso de las funcionalidades del DCS para la configuración de alarmas y de las técnicas de GdA más básicas. Sin embargo, existen situaciones que simplemente no pueden manejarse adecuadamente con las capacidades básicas de los DCSs, haciéndose necesarios métodos más avanzados.

El concepto avanzado no quiere decir necesariamente complicado. Las soluciones avanzadas que se describen a continuación pueden implementarse de manera directa y son fácilmente comprensibles.

5.11.1. Aparcado de alarmas o shelving.

La función shelving del Alarm Viewer permite inhibir la presentación de alarmas al Operador. Esto se hace aparcándolas de forma manual en una lista, evitando así que reaparezcan en pantalla mientras permanezcan en este estado. Se usa habitualmente como respuesta a las alarmas molestas o para suprimir grupos de alarmas relacionadas, como por ejemplo aquellas que se producen cuando se para un equipo grande.

La supresión es una función necesaria, pero debe emplearse con cuidado e importantes controles para que una vez normalizada la causa que originaba el fallo, la alarma sea reactivada.

El aparcado de alarmas puede definirse como el conjunto de técnicas usadas para suprimir alarmas temporalmente de forma manual y controlada, respetando una serie de importantes criterios de control. Estos controles de gestión son:

- Autorización:

Se impondrá una metodología de aprobación por la cual ciertas alarmas podrán ser aparcadas por el Operador, mientras que otras necesitarán ser aprobadas por instancias superiores o por un grupo de



trabajo que podría incluir: Jefe de Operaciones, Supervisores de Turno y/o algún miembro del Dpto. de Mantenimiento.

▪ Visibilidad y seguimiento:

Se listarán de manera precisa todas las alarmas suprimidas, la duración de las supresiones y las razones que las motivaron.

Estos registros serán fácilmente accesibles.

▪ Límite temporal:

Debe especificarse un límite temporal sobrepasado el cual la alarma se deberá restablecer automáticamente.

▪ Concretar el alcance de la supresión:

Se debe poder aparcar una determinada alarma sin afectar a ninguna otra de su mismo punto. Hay que asegurarse que al suprimir una alarma, otras no se verán afectadas simultáneamente.

La experiencia en la industria ha demostrado que los procedimientos de aparcado y desaparcado basados en el papel no resultan efectivos, y tampoco garantizan un seguimiento flexible de las supresiones. Además, normalmente las herramientas de serie suministradas con el DCS tampoco están a la altura de la tarea. Es bastante común encontrar alarmas suprimidas durante semanas o meses, habiendo pasado tal situación desapercibida.

En estudios realizados sobre incidentes mayores se ha demostrado que las alarmas suprimidas contribuyeron a que el Operador no pudiera hacerse una idea exacta de la situación, y que por tanto no actuase de forma correcta. Investigaciones más profundas de esos incidentes han revelado que alarmas clave habían sido suprimidas y olvidadas por largos periodos de tiempo.

The screenshot shows the Alarm Viewer interface. The main window displays a list of alarms with columns for Priority, Alarm State, Device, and Description. The 'Alarm Attributes Display' panel on the right shows various configuration options for an alarm. A yellow box highlights the 'Atributos del aparcado de alarmas' section, which includes the following attributes:

Attribute Name	Value
Compare Value	
Device	S2
Device Time (Local Time)	2014-08-28 10:20:33.405
Display High Limit	
Display Low Limit	
Display Screen	
EGD Page	Page1
Enable BQ	false
Enable Deviation	false
Enable H	false
Enable HH	false
Enable HHH	false
Enable L	false
Enable LL	false
Enable LLL	false
Enable Rate Failure	false
Format Spec	
HMI Resource	
Hysteresis	
Event	false
Hold	false
Locked State	Unlocked
Historian Deadband	1
Historian Deadband Definition	Engineering Units
Measurement System	Metric
Normal Severity	1
Acknowledged Required	Yes
Actor ID	CRM3_SVR:Administrator
Quality	Bad
OPC Severity	2
Plant Area	
Precision	
Recorder Deadband	Not Logged
Recorder Deadband Definition	Engineering Units
Silenced	Yes

Fig. Entre los atributos de las alarmas del Alarm Viewer se encuentran las posibilidades de configuración que permite para el aparcado.

5.11.2. Alarmas basadas en el estado de operación.

La central puede encontrarse en diferentes estados de operación:

- En espera.
- Pre-arranque.
- Arranque.



- Operación normal en carga.
- Parada.
- Lavado del compresor.
- Embotellada.
- Combustibles alternativos.

Por ello no es raro que aparezcan alarmas indicando alguna situación que en ese momento no representa ninguna anomalía.

El uso de alarmas con un solo estado puede dar lugar a los siguientes problemas y limitaciones:

- Aparición de falsas alarmas que contribuyen a distraer a los Operadores.
- Series de alarmas innecesarias durante los arranques y las paradas.
- Alarmas con puntos de ajuste muy altos o muy bajos para determinadas situaciones del proceso.

Durante los análisis del SdA y de la D&R se habrá de tener presente este problema, para así configurar las alarmas correctamente o aplicar las medidas correctivas oportunas.

La considerada como mejor práctica en estos casos consiste en:

Que todas las operaciones normales realizadas intencionadamente, no causen la entrada de alarmas relacionadas con el equipo en cuestión. Por ejemplo, si se para un ventilador de tiro forzado intencionadamente, no deberían aparecer alarmas como consecuencia de la parada, p.e.: Baja Velocidad, Baja Presión de Descarga o Baja Presión de Aceite.

La tecnología de alarmas basada en el estado del proceso se fundamenta en poder definir varios puntos de ajuste diferentes para cada alarma, pudiendo asociar cada uno de ellos a un estado diferente. De este modo, durante el funcionamiento de la planta el SdA irá ajustando cada alarma de acuerdo al estado en que se encuentre. Esto implica cambios en:

- Setpoints
- Prioridades
- Tipos de alarmas
- Supresiones

La detección de cada estado del proceso puede hacerse de diferentes maneras dependiendo del equipo, sistema o parte del proceso. Por ejemplo, en el caso de una turbina pueden tomarse parámetros



lógicos como la velocidad, la temperatura, la posición de las válvulas de control, el caudal de vapor, u otros similares. Otra opción es la introducción de entradas manuales de confirmación por parte del Operador.

5.11.3. Supresión de inundaciones de alarmas.

Las inundaciones constituyen una de las peores características operacionales de los SdA, ya que durante estas el sistema se convierte en una continua molestia y distracción para el Operador. Además, suelen darse durante transitorios e incidentes de la instalación, es decir, precisamente cuando más se necesita la ayuda y el correcto funcionamiento del sistema.

Tras el disparo de ciertos equipos, se pueden producir decenas de alarmas relacionadas con ellos y/o los procesos en los que intervienen (Baja Velocidad, Baja Presión de aceite, Bajo Caudal, etc.), a las que se suman las consiguientes alarmas de diagnóstico. Este tipo de alarmas son totalmente normales después de un disparo y no le aportan nada al Operador, más bien resultan un estorbo para el control de la alteración. Generalmente, las alarmas importantes en esos momentos no son las que dicen porque ha disparado un equipo, si no aquellas que suponen una indicación de cómo han reaccionado el proceso y el SdC al disparo. Por otro lado, las alarmas de diagnóstico resultarían relevantes cuando llegue el momento de volver a arrancar el equipo nuevamente o de investigar las causas de su disparo.

La supresión de inundaciones es en realidad un sub-caso de alarmas basadas en el estado. Para realizarla se estudian gran variedad de estados y los eventos que los determinan. En el caso de los disparos de equipos, se examina el grupo de alarmas que aparecerían como consecuencia del mismo, y se listan las alarmas no relevantes para la respuesta del Operador. Luego se busca el parámetro, o conjunto de ellos, que mejor detecta la condición de disparo del equipo, y se implementan como condición de estado para la inhibición temporal de las alarmas listadas. Sin embargo, esto debe llevarse a cabo de forma que el registro de eventos no sea suprimido, sino que solo se inhiba su aparición, evitando la situación de estrés al Operador durante la respuesta de este a la situación anormal.

5.12. Sistema de Alertas al Operador.

Todo Sistema de Alarmas debe estar protegido contra los cambios no autorizados, especialmente después de la racionalización. Esto puede derivar en algunas dificultades operacionales para anunciar determinadas situaciones a los Operadores, por ello puede ser necesaria la creación de un Sistema de Alertas al Operador independiente del SdA.

Ejemplo de situación que precisa un Sistema de Alertas:



Se está efectuando un trasiego entre tanques lentamente, y el que se está vaciando debe quedar al 34 % de su nivel para otros usos operacionales. Sin embargo, el 34 % del nivel no se corresponde con el punto de ajuste para la alarma racionalizada de Bajo Nivel. Como el trasiego terminará después del cambio de turno, se da por hecho que una buena práctica será dejar preparada una alerta que avise al turno entrante cuando el nivel alcance el valor deseado. Dado que está prohibido modificar los ajustes racionalizados, este tipo de situaciones deben resolverse a través de un Sistema de Alertas que permita a los Operadores llevarlas a cabo sin comprometer la integridad del SdA.

5.12.1. Características del Sistema de Alertas.

La creación de una herramienta de notificación de alertas manejada por el Operador, es una buena opción para separar esta necesidad de la integridad del SdA. El Sistema de Alertas tendrá que cumplir las siguientes características:

- Independiente del Sistema de Alarmas.
- Las alertas no deben mezclarse con las alarmas racionalizadas.
- La prioridad de las alertas debe quedar a parte del sistema de prioridad para las alarmas.
- Disponer de su propio tono acústico, diferente al del SdA.
- Debe estar dotado de una pantalla propia, con una interfaz de diseño diferente al de la pantalla de alarmas.
- Las alertas deben ser configurables por el Operador.

No es una buena práctica usar alarmas de baja prioridad como alertas, ya que se mezclarían con las alarmas racionalizadas, apareciendo bajo el mismo tono de alarma, pantalla e interfaz. En cualquier caso, el Operador deberá atender en primer lugar a las alarmas y posteriormente las alertas.

6. DOCUMENTACIÓN Y RACIONALIZACIÓN DE ALARMAS (D&R).

El propósito de la D&R es asegurar que todas las alarmas del sistema, nuevas o existentes, cumplan con los requisitos de configuración establecidos por la Filosofía de Alarmas.

6.1. Perspectiva general de la D&R.

La D&R es un método sólido, lógico y consistente para determinar, priorizar y documentar alarmas. Se trata de un esfuerzo de trabajo en grupo para revisar en profundidad cada una de las alarmas, nuevas o existentes, con el fin de hacer que cumplan con los requisitos establecidos en este documento. Las alarmas tratadas se dice que están “racionalizadas”.

Mediante la D&R se busca conseguir los siguientes resultados:

- Asegurar una selección de ajustes consistente y con sentido para las alarmas.
- Asignar las prioridades adecuadas.
- Reconfigurar las alarmas existentes sobre los principios adecuados. El resultado tendría que ser una notable reducción del número de parámetros alarmados.
- Hacer las alarmas compatibles con los análisis de seguridad.
- Eliminar las alarmas duplicadas.
- Configurar correctamente las alarmas de los puntos que se añadan o modifiquen en el proyecto.
- Crear la Base de Datos Maestra. Contendrá la lista completa de todas las alarmas del sistema ya revisadas y racionalizadas, y será la referencia para los análisis de seguimiento del rendimiento del sistema, supresión de inundaciones, gestión de alarmas por estado, control de cambios, etc.
- Proporcionar a los Operadores documentación detallada de las alarmas.
- Mejorar el rendimiento del SdA.

La metodología para la D&R es clara, se trata de formar un grupo de gente bien preparada para revisar punto a punto el sistema y:

- Discutir cada una de las alarmas existentes y las que se vayan a crear.
- Verificar que las alarmas reflejan realmente situaciones anormales del proceso.
- Confirmar que las alarmas realmente requieren la acción del Operador como respuesta.
- Para cada alarma valorar la conveniencia de su existencia.



- Comprobar que las alarmas no están duplicadas, y si fuese así mantener la que mejor refleje la anomalía.
- Determinar la prioridad de cada alarma a partir del método de las Matrices de Racionalización.
- Determinar los ajustes (setpoints) de cada alarma basándose en:
 - El historial del proceso.
 - Los procedimientos de operación relevantes.
 - Las especificaciones del equipo y de seguridad aplicables.
- Documentar tanto como sea posible los siguientes aspectos:
 - Causas posibles de la alarma.
 - Método de verificación de la alarma.
 - Respuesta adecuada del Operador a la alarma.
 - Otros puntos relacionados con la alarma.
 - Procedimientos de operación, de respuesta a la alarma, de análisis de riesgos, o de cualquier otra referencia relacionada.
- Considerar las modificaciones que puedan necesitar las alarmas existentes (introducción de lógica, cambio del tipo de alarma, cambio del texto del mensaje, etc.).
- Para procesos con varios estados operativos puede ser necesario registrar diferentes ajustes para cada uno.

En una planta de nuevo proyecto la D&R debe incorporarse como parte del plan de configuración del SdA desde un principio, de ese modo se conseguirá una mayor eficiencia que realizándola a posteriori.

Para Sistemas de Alarmas ya existentes, como es este caso, la etapa de D&R se iniciará solucionando las alarmas de peor comportamiento.

La D&R es un proceso caro y nada trivial que solo se realiza una vez, por lo que una vez finalizada se debe eliminar la posibilidad de hacer cambios no autorizados sobre el sistema, y los cambios o modificaciones que se autoricen, deben hacerse siguiendo un proceso de Gestión del Cambio y de D&R.

6.2. Grupo de Trabajo.

La selección de un Grupo de Trabajo experto y cualificado resulta fundamental. Dentro de este grupo se debe contar con:

- “Campeón de la Gestión de Alarmas”:

Un ingeniero muy familiarizado con los sistemas de planta, temas económicos y los Sistemas de Control del DCS. Este rol puede ser representado por una o dos personas. Preferiblemente será un miembro de Operaciones.

Funciones:

- Generalmente es responsable de la ejecución total del programa.
- Asegurar que el resto de miembros estarán disponibles.
- Recopilar la documentación necesaria.
- Mantener la Base de Datos Maestra.
- Participar en el proceso de Racionalización.
- A tiempo completo.

▪ **Facilitador:**

Persona familiarizada con los procesos de D&R. Este rol es necesario al inicio para poner en marcha la dinámica de trabajo. Para este papel se buscará una persona externa a la planta y con experiencia.

Funciones:

- Encargado de liderar el proceso de racionalización.
- Debe conocer a la perfección los requerimientos de la Filosofía de Alarmas del cliente, y participar o no de su redacción.
- Asegurar la participación de todo el equipo.
- A tiempo completo.

▪ **Dos Operadores expertos:**

Serán preferiblemente de dos turnos diferentes para aumentar la aceptación de los cambios mayores resultantes de la D&R.

Funciones:

- Representar los intereses del Dpto. de Operaciones en el proceso de Racionalización.
- Participar activamente en la racionalización.
- Deben ser Operadores con mucha experiencia y conocimiento de la instalación.
- A tiempo completo.



▪ Ingeniero de Control:

Será una persona con amplios conocimientos en Instrumentación y Control. Puede ser el segundo miembro en el rol de Campeón de la Gestión de Alarmas.

Funciones:

- Representar los intereses del Dpto. de Instrumentación y Control en el proceso de Racionalización.
- Participar activamente en la Racionalización.
- Debe estar muy familiarizado con todos los Sistemas de Control racionalizados.
- A tiempo completo.

▪ Representantes de Mantenimiento:

Según la necesidad del tipo de alarmas a tratar.

Funciones:

- Representar los intereses de Mantenimiento en el proceso de racionalización.
- Participar activamente de la Racionalización.
- A tiempo parcial.

▪ Un miembro del Dpto. de Control Técnico:

Además de colaborar desde el punto vista técnico de las alarmas, será la persona encargada de realizar los procesos de Gestión del Cambio necesarios para autorizar las modificaciones:

Funciones:

- Encargado de los procesos de gestión del Cambio.
- Cooperar en la recopilación de la documentación necesaria.
- Cooperar en el mantenimiento de la Base de Datos Maestra.
- Participar en el proceso de Racionalización.
- A tiempo completo.

▪ Responsable de Seguridad:

Según se requiera en función de las alarmas a tratar.

Funciones:

- Representar los intereses del Dpto. de Seguridad en el proceso de racionalización.
- Participar activamente de la Racionalización.
- A tiempo parcial.

▪ Responsable de Medio Ambiente:

Según la necesidad del tipo de alarmas tratar.

Funciones:

- Representar los intereses del Dpto. de Medio Ambiente en el proceso de racionalización.
- Participar activamente de la Racionalización.
- A tiempo parcial.

Antes de comenzar la Racionalización, el GdT deberá familiarizarse y discutir en profundidad este documento.

6.3. Referencias para la D&R.

Durante la D&R puede precisarse la siguiente documentación o información:

- Procedimientos de planta: Operaciones, Mantenimiento, etc.
- Documentación técnica de la TG, TV y el Generador.
- Documentación técnica del BOP.
- Documentación sobre los valores de trabajo, alarma y disparo de los equipos, p.e.: GE device.
- P&IDs de la planta.
- Documentación sobre seguridad, como evaluaciones de riesgos, estudios que se hayan realizado o informes de incidentes.
- Documentación medio ambiental, por ejemplo: autorizaciones medio ambientales, límites de emisiones, etc.
- Acceso a los diagramas lógicos, tanto los programados en las controladoras como los de lógica cableada.
- Configuración de cada uno de los puntos de alarma del DCS / Base de datos de las alarmas.
- Disponibilidad de los datos de históricos del proceso.
- Disponibilidad de los registros de alarmas.



- Datos económicos: Costes por disparos, por inactividad, de reparación de equipos, etc.

Durante la D&R se examinarán todos los puntos del DCS con alarma, así como cualquier otro sistema que envíe alarmas o notificaciones de situaciones anormales a los Operadores de Sala de Control.

6.4. Determinación de alarmas.

Como se ha dicho anteriormente solo se considerarán alarmas aquellas señales que cumplan los siguientes requisitos:

1. Deben requerir la acción del Operador.
2. Deben crearse sobre el principal indicador de la causa raíz del problema. Una única situación del proceso no debe originar múltiples alarmas que indiquen lo mismo.
3. No deberán activarse durante cambios normales de las variables del proceso.
4. Casos o estados normales de operación no deberán provocar alarmas. Al contrario, las alarmas deberán señalar la frontera entre la situación normal y la anomalía.

El Anexo B presenta algunos ejemplos de buenas prácticas para la determinación de alarmas.

6.5. Pautas específicas para el proceso de D&R.

Aunque estas pautas son bastante generales y de sentido común, va bien tenerlas claras durante el proceso de D&R para no perder el rumbo de lo que se está haciendo ni de los objetivos que se persiguen, evitando así caer en otras tareas que no tienen nada que ver con este proceso.

6.5.1. Probabilidad.

Durante la D&R no se discute la probabilidad de las alarmas. Se da por hecho que los eventos que las provocan ya han ocurrido, cual quiera que sea la probabilidad de que esas situaciones o anomalías se produzcan dentro del proceso. Lo que debe considerarse aquí son las consecuencias de que el Operador, eventualmente, no realice las acciones correctivas adecuadas como respuesta a cada una de las alarmas en cuestión.

6.5.2. Fiabilidad.

El propósito de la D&R es asignar una prioridad a las alarmas, no el reexaminar los equipos del proceso y determinar donde se necesitan transmisores redundantes. Esa responsabilidad debería ser asumida por un grupo de revisión del diseño o de discusión de la fiabilidad.

6.5.3. Fallos múltiples.

Durante la D&R, en las discusiones sobre los posibles escenarios consecuencia de las alarmas, los fallos múltiples o en cascada no se contemplan. Es decir, durante la Racionalización se asume que todos los equipos de operación y protección están correctamente diseñados, se encuentran activos y funcionan adecuadamente. La D&R tampoco es un ejercicio de diseño de equipos.

Considérese como ejemplo un depósito de vapor con una alarma de Alta Presión. El depósito dispone de un enclavamiento para cerrar la válvula de entrada de vapor en caso de que la presión alcance un valor superior al de tarado de la alarma. También tiene una válvula de seguridad, que desahogará vapor a la atmósfera si la presión sobrepasa su valor de timbre, que lógicamente será superior al del enclavamiento de cierre de la válvula de suministro de vapor.

En este ejemplo, si la válvula automática falla al cierre ante la aparición de la alarma, y el Operador no realiza la acción correctiva correspondiente cerrándola a mano, podría llegar a haber alguna consecuencia económica si se produjese una interrupción del proceso por el disparo de la válvula de seguridad.

Al fijar la prioridad de la alarma no sería lógico asumir que, en caso de un escenario de Alta Presión y debido a los posibles fallos de las válvulas de entrada y de seguridad, el depósito podría llegar a estallar y a herir a personas. Por lo tanto, es necesario que durante la D&R se mantenga esta norma de sentido común, de otra manera, la asignación de prioridades se verá prácticamente siempre desplazada hacia el extremo de mayor severidad.

6.6. Determinación de la prioridad de la alarmas / Matrices de Racionalización.

La asignación del nivel de prioridad se hace mediante un sistema de matrices que permite evaluar ciertos aspectos de cada alarma:

- En primer lugar, se establece la Severidad de las Consecuencias para cada Área de Impacto.
- En segundo lugar, se clasifican las alarmas según el Tiempo de Respuesta del que dispone el Operador.



- Finalmente, con el Nivel del Impacto y el Tiempo de Respuesta, en una tercera matriz se determina la prioridad de la alarma.

Estas matrices son propias de cada planta y están adaptadas a sus prácticas de trabajo y normativas. En los siguientes apartados se presentan las matrices para esta planta, las cuales podrán ser complementadas o modificadas durante el proceso de Racionalización si el GdT lo cree necesario, y siempre cumpliendo con los criterios expuestos.

Quedarán excluidas del proceso de determinación de la prioridad las alarmas que:

- No requieran una actuación del Operador, o que no la requieran dentro del mismo turno.
- Las alarmas de diagnóstico, excepto aquellas que participen en una lógica considerada dentro de otro nivel.

Estas se considerarán directamente de P4, así que no será necesario discutir cuan severas son sus consecuencias, ni cuál es su máximo tiempo de respuesta.

6.6.1. Matriz de Severidad de las Consecuencias.

Esta matriz relaciona las Áreas de Impacto con la Severidad de las Consecuencias, y funciona del siguiente modo:

- Se establecen y describen diferentes grados de severidad para cada una de las Áreas de Impacto.
- Cada área se ha de discutir por separado, dirigiendo la discusión a analizar cuán severas serían las consecuencias si tras la aparición de la alarma, el Operador no toma las acciones de respuesta requeridas.
- De entre las posibles respuestas de severidad (Menor, Mayor, Severa), será la más alta de todas las Áreas de Impacto la que defina la severidad total de la alarma.
- La matriz solo tendrá tres niveles de severidad, y deberá mantenerse así de sencilla. Una matriz de mayor orden no aportaría nada nuevo, ya que de lo que se trata es de asignar una de las tres prioridades posibles (P1, P2 o P3) a las alarmas.

Matriz de Severidad de las Consecuencias para la central:

ÁREAS DE IMPACTO		SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS				
		Nula	Menor	Mayor	Severa	
Seguridad del personal		<ul style="list-style-type: none"> Sin daños o efectos sobre la salud. 	<ul style="list-style-type: none"> Cualquier alarma que requiera la acción del Operador como primera acción para evitar daños sobre las personas, deberá configurarse con el nivel más alto de Prioridad. (*) 			
Medio ambiental o público		Sin efecto.	<ul style="list-style-type: none"> No se exceden los niveles de los permisos operativos (ej: SO2, NOx, Partículas, etc.), administrativos o de otro tipo. 	<ul style="list-style-type: none"> Se exceden los niveles de los permisos operativos (ej: SO2, NOx, Partículas, etc.), administrativos o de otro tipo, habiendo de informar a las autoridades. 	<ul style="list-style-type: none"> Se exceden los niveles de los permisos operativos (ej: SO2, NOx, Partículas, etc.), administrativos o de otro tipo, amplia y/o repetidamente, por lo que se precisa informar a las autoridades. 	
			<ul style="list-style-type: none"> En caso de fuga, los efectos medio ambientales no pasan de los límites de la planta, quedando contenida. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de fuga, una cantidad limitada de ésta sobrepasa los límites de la planta, siendo contenida o no posteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> Fuga no contenida de productos contaminantes y/o peligrosos, afectando al medio ambiente y/o a terceras partes. 	
			<ul style="list-style-type: none"> Se soluciona con una pequeña limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> La contaminación origina algunos daños medio ambientales no permanentes. 	<ul style="list-style-type: none"> Limpieza de áreas extensas. 	
			<ul style="list-style-type: none"> Alguna consecuencia económica. 	<ul style="list-style-type: none"> Habrà consecuencias económicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Serias consecuencias financieras. 	
			<ul style="list-style-type: none"> Requiere solamente un informe interno. 	<ul style="list-style-type: none"> Se habrá de redactar un informe para las autoridades. 	<ul style="list-style-type: none"> Se habrá de redactar un informe para las autoridades. 	
Económica		Capacidad de generación	Sin pérdida.	<ul style="list-style-type: none"> No hay conflicto con la ciudadanía. 	<ul style="list-style-type: none"> Se esperan muy pocas quejas de la ciudadanía. 	<ul style="list-style-type: none"> Se esperan numerosas quejas de la ciudadanía.
				<ul style="list-style-type: none"> La capacidad de generación del grupo desciende un 10 % durante más de un periodo. 	<ul style="list-style-type: none"> La generación del grupo desciende más del 10 %, y menos del 170 MW (Mínimo Técnico), durante más de un periodo. 	<ul style="list-style-type: none"> Parada del grupo, sin importar durante cuánto tiempo.



	Impacto sobre la Red Eléctrica	▪ Sin efecto.	▪ Caída de la potencia generada. Los sistemas automáticos de gestión de la red la pueden compensar automáticamente.	▪ Caída de la potencia generada que requiere un ajuste significativo de los recursos de la red, intervención humana y modificaciones en la planificación.	▪ La caída de la potencia generada es tal que pueden producirse apagones.
	Informe al Operador del Sistema (CECOEL)	▪ Sin informe.	▪ Remitir informe al Cecoel. ▪ No hay multa.	▪ Remitir informe al Cecoel. ▪ Posible multa.	▪ Se infringe gravemente la normativa del Cecoel, se le ha de remitir informe. ▪ Multa.
	Coste económico, o temporal con coste económico	▪ Sin pérdidas.	▪ Incidente con un coste de hasta 5000 Euros. ▪ Se requiere informar a nivel de planta.	▪ Incidencia con un costo de entre 5000 y 50000 Euros. ▪ Se requiere informar a nivel de planta.	▪ Incidencia con un coste mayor a los 50000 Euros. ▪ Se requiere informar a niveles superiores al de planta.
Ver el apartado sobre: "Alarmas para prevenir daños a las personas", en el capítulo: "Alarmas para prevenir daños a las personas".					

6.6.2. Matriz de Máximo Tiempo de Respuesta.

El Máximo Tiempo de Respuesta es aquel del que dispone el Operador, para llevar a cabo las acciones necesarias que prevengan o mitiguen las consecuencias indeseables de las situaciones anormales avisadas por las alarmas. Este Tiempo de Respuesta también debe incluir el previsto para cualquier acción que deba ser llevada a cabo por personal de campo.

No se trata del "cuánto tiempo tarda el Operador en realizar la acción", que en algunos casos puede ser de varios segundos, sino de cuánto tiempo se dispone desde que aparece la alarma hasta que las consecuencias de la situación se manifiestan de forma irreversible, independientemente ya de la acción tomada.

Por otro lado, lo normal es que para unas mismas consecuencias, cuanto menor sea el Tiempo de Respuesta, más alta habrá de ser la prioridad de la alarma.

Se recomiendan solo tres opciones para el Máximo Tiempo de Respuesta:

- De 10 a 30 minutos: Pronto.

Significa que pueden realizarse algunas otras tareas de corta duración, antes de tratar o de solucionar la alarma.

- De 3 a 10 minutos: Rápidamente.

Puede interpretarse como: “Termina lo que estás haciendo en este momento y no empieces otra cosa hasta solucionar esta alarma”.

- Menos de 3 minutos: Inmediatamente.

Quiere decir que se ha de dejar todo lo que se esté haciendo y responder a la alarma.

Matriz de Máximo Tiempo de Respuesta para la central:

MÁXIMO TIEMPO DE RESPUESTA	
Categorías	Tiempos
Inmediatamente	Menos de 3 minutos
Rápido	De 3 a 10 minutos
Pronto	De 10 a 30 minutos
Estudiar la alarma y reconfigurarla si fuese necesario	Más de 30 minutos

Se habrán de tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre la matriz:

- No es necesario determinar exactamente si el tiempo disponible son nueve u once minutos. Los Operadores sabrán asignarle una categoría (grado de urgencia) sin necesidad de cálculos

- El límite superior son 30 minutos. Toda alarma que pase de ese tiempo se tendrá que estudiar, valorando la opción de reconfigurarla.

Se ha marcado este límite, porque sí se dispone de varias horas para procurar los medios que eviten las consecuencias de un evento, no tiene mucho sentido hacer sonar una alarma. Hay que recordar que una alarma es una interrupción intencionada al Operador, que le indica la aparición de unas condiciones que requieren de su intervención. Se debe mantener pues esa característica de urgencia.



No se han de mezclar alarmas de P3, con alarmas cuyas acciones requeridas dispongan de un Tiempo de Respuesta superior a treinta minutos. Si se hace, se podría estar cayendo en una mala práctica: reanunciación, mala configuración de atributos (Hi, Hi Hi, Low...), etc. Lo apropiado en estos casos es reconfigurar la alarma para que aparezca con un tiempo más razonable.

Obviamente, puede haber excepciones a esta condición. Por ejemplo, en un tanque de monómero reactivo un incremento de temperatura puede no producir consecuencias en muchas horas. Sin embargo, transcurrido ese tiempo, las consecuencias serán muy severas, por lo que las acciones para resolver el problema deben comenzar tan pronto como sea detectado el incremento de temperatura.

Otro ejemplo de excepción, es la alarma de fallo en el sistema de dosificación de anticorrosivo de un circuito de refrigeración. Está claro que no necesita de una acción correctora en 30 minutos, ya que la corrosión no será significativa hasta que pasen algunas semanas o meses. Pero el anticorrosivo es necesario, por lo que el fallo debe tratarse. **Como regla general, la respuesta en estos casos es realizar una Orden de Trabajo antes de finalizar el turno en curso.**

Reservar el sentido de urgencia para el Sistema de Alarmas, debe admitir excepciones como esta.

6.6.3. Matriz de determinación de la prioridad.

Esta matriz conecta los resultados de las dos primeras, proporcionando una herramienta para determinar la prioridad más adecuada en cada caso:

Matriz de determinación de la prioridad:

SELECCIÓN DE LA PRIORIDAD DE LAS ALARMAS			
Máximo Tiempo de Respuesta	Severidad de las consecuencias		
	Menor	Mayor	Severa
Más de 30 minutos	Si es posible, reconfigurar la alarma de manera que adquiera carácter de urgencia.		
De 10 a 30 minutos	Prioridad 3	Prioridad 3	Prioridad 2
De 3 a 10 minutos	Prioridad 3	Prioridad 2	Prioridad 1



6.6.4. Criterios para la determinación de la prioridad de las alarmas.

A la hora de aplicar la matriz y determinar la prioridad de las alarmas, es necesario resaltar algunos puntos de importancia:

- Las alarmas con P1 requieren la acción inmediata del Operador.
- La experiencia muestra que esta metodología dará lugar a una distribución de prioridades aproximada a la de buenas prácticas: P1 = 5 %, P2 = 15 %, y P3 = 80 %.
- La asignación de prioridades sin pasar por la matriz es aceptable siempre y cuando: haya razones fundamentadas, se documenten y el número de excepciones sea pequeño.
- Para cada alarma de P1, se recomienda una pre-alarma de P2 si existe tiempo suficiente para que el Operador anticipe una acción efectiva en respuesta a la pre-alarma.
- La matriz solo permite establecer las tres prioridades principales: P1, P2, P3. Las alarmas de P4, como por ejemplo las de diagnóstico, u otras prioridades o categorías especiales que se pudiesen crear, deberán determinarse por reglas elaboradas al efecto y no por este método.

Existen softwares especializados para la D&R, que realizan el proceso de asignación de prioridades descrito, mediante una sencilla secuencia interactiva de comprobación de cuadros durante la discusión de cada alarma. Sería interesante emplear un programa de estas características dado que facilitaría el trabajo.

6.7. Determinación de los puntos de ajuste de las alarmas.

Los puntos de ajuste o setpoints son aquellos que determinan la activación de las alarmas cuando se dan las condiciones anormales que precisan la acción del Operador para su corrección. Estos valores se han de seleccionar de forma que proporcionen suficiente tiempo de respuesta al Operador, pero también deben ser consistentes con los valores de las limitaciones existentes en áreas como:

- Diseño del proceso.
- Diseño del equipo.
- Instrumentación.
- Dinámica de la planta.



- Ajustes de los disparos.
- Sistemas de seguridad.
- Fiabilidad de los equipos.
- Historial del proceso.
- Medio ambiente.
- Seguridad de las personas.
- Economía.

Durante la D&R se deberá tener acceso a los registros de datos del proceso, de forma que puedan consultarse los históricos de variables antes de fijar los puntos de ajuste de las alarmas.

Las alarmas deben suponer la frontera entre las condiciones normales y las anormales, por lo que no deben situarse dentro del rango normal de variación de la señal. A veces, una pequeña modificación en el punto de ajuste puede significar un cambio significativo en el comportamiento de la alarma, tal y como se muestra en la figura:

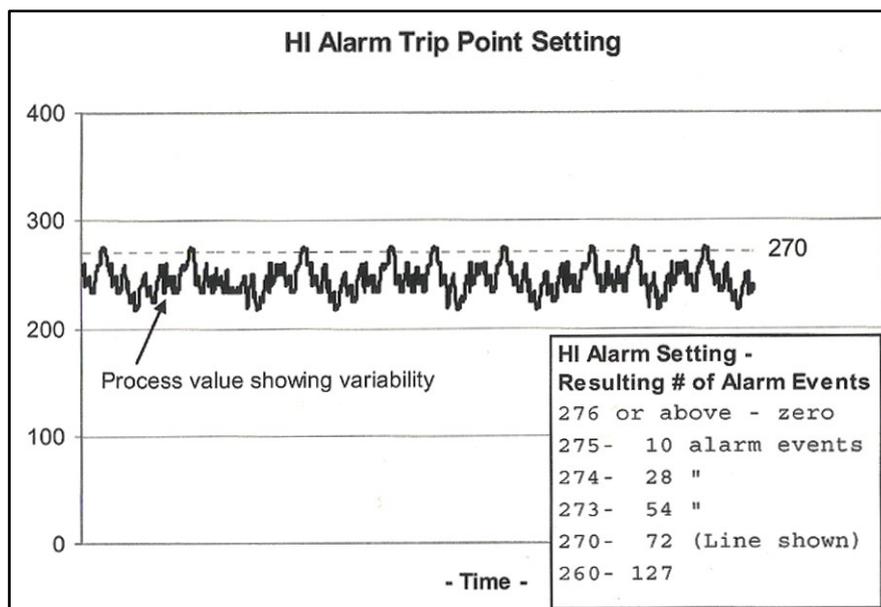


Fig. Historial del proceso y setpoints de las alarmas.

6.8. Documentación de las alarmas.

Todas las alarmas de proceso racionalizadas deben ser también documentadas. Esta Documentación ha de incluir los datos requeridos para definir la alarma y la información generada en la racionalización.

Los siguientes apartados deben formar parte de la Documentación de cada alarma:



1. Nombre de la señal.
2. Descripción de la alarma en inglés.
3. Descripción de la alarma en castellano.
4. Equipo (Device).
5. Prioridad de la alarma.
6. Lógica.
7. Shutdown / Trip.
8. Temporización.
9. Valor de ajuste de la alarma.
10. Valor de reset de la alarma.
11. Máximo Tiempo de Respuesta.
12. Procedimientos de respuesta del Operador y acciones correctivas.
13. Consecuencias potenciales si el Operador no responde a la alarma: seguridad, medio ambiente y económicas.
14. Causas posibles.
15. Comentarios.
16. Registro de las modificaciones aprobadas e implementadas.
17. Persona que documenta la alarma.
18. Fecha de la última actualización.

Otras informaciones opcionales a incluir en el documento pueden ser:

- Método de verificación de la alarma.
- Otros puntos relacionados con la alarma.
- Los P&IDs que apliquen.
- Las evaluaciones de riesgo relacionadas.

En los anexos de este documento se incluyen algunos criterios sobre como cumplimentar los diferentes campos de la Documentación de las alarmas.

6.9. La Base de Datos Maestra.

El resultado final de la D&R es la Base de Datos Maestra, que recoge los valores definidos para la configuración del sistema. El procedimiento de Gestión del Cambio deberá tratar la BDM como información controlada que ha de mantenerse actualizada.

La BDM tiene varios cometidos importantes:



- Será la base de datos de referencia del SdA. Las auditorías que se realicen y los mecanismos de control que se implanten, manuales o automáticos, compararán los ajustes del SdA en ejecución con estos valores. Las diferencias indicarán los cambios inadecuados que se hayan producido.
- Será la referencia para la gestión de alarmas basadas en el estado, las alarmas aparcadas, y la supresión de inundaciones.
- Contendrá la Documentación de las alarmas: causas, respuesta y consecuencias.

Cualquier modificación que se realice de las alarmas habrá de registrarse para poder realizar un seguimiento de los cambios que se hagan. Este registro puede formar parte de la BDM si su formato lo permite, o si no se puede crear un Libro de Alarmas donde registrar toda la información e historia de cada una de ellas.

6.10. Acceso de los Operadores a la Documentación de las alarmas.

El acceso de los Operadores a la información de las alarmas a través de un soporte en papel es lento e ineficiente. Por ello se les proporcionará acceso online al formato electrónico, de manera que puedan tener la información disponible en poco tiempo.

Todo el personal, tanto de Operaciones como de Mantenimiento, tendrá acceso a la BDM con derechos de lectura. Este acceso a la base de datos se tendrá que poder hacer desde cualquier ordenador conectado a la red PDH, y desde los PCs conectados al servidor de la planta.

Como el sistema lo permite, se pondrán a disposición de los Operadores los datos de la Racionalización directamente desde el Alarm Viewer, de manera que una vez aparezca la alarma, simplemente clicando sobre ella se abra un pop-up con la información.

6.11. Clasificación de las alarmas.

En muchas compañías existen una serie de requerimientos administrativos alrededor del SdA. Por ejemplo, algunas alarmas pueden requerir:

- Chequeos periódicos.
- Entrenamiento periódico de los Operadores o del personal.
- Reportes especiales cuando ocurren.
- Restricciones en el aparcado o en la supresión de alarmas.

Este punto es un requerimiento de la ISA 18.2, en el que la expresión “Clasificación de Alarmas” se usa con un sentido específico y algo inusual. Su finalidad es asignarle una categoría y mantener un seguimiento de todas aquellas alarmas que tengan algún requerimiento.

La norma no establece ninguna categoría específica, ni tampoco un número mínimo de éstas, aunque los autores con experiencia en la materia recomiendan hacer una clasificación sencilla, con una estructura simple. Así que siguiendo esta recomendación, en principio solo se crearán las siguientes:

- Test periódicos de operación, p.e.: test de bbas de Lube Oil, pruebas de válvulas de TV, pruebas de equipos CI, etc.
- Prueba o calibración de sensores por parte de Mantenimiento.
- Eventos que se han de reportar cuando aparecen, por ejemplo los disparos de equipos o las alarmas de límites medio ambientales.

De todas formas, a partir de la experiencia que se adquiriera durante la D&R o por futuros requerimientos, y siempre manteniendo la sencillez como premisa, se podrán añadir o suprimir categorías.

6.12. Relación del Sistema de Alarmas con otros procedimientos de planta.

Lo establecido en la FdA y en cualquier otro documento que se pueda derivar del proceso de mejora, se tendrá que cruzar con la documentación y los procedimientos ya existentes, cuando estos puedan guardar relación. Esto es importante tanto si se complementan, para evitar tener varios documentos que tratan de lo mismo, como si se contradicen, ya que en tal caso habría que modificar uno para adecuarlo al otro, y así no dar lugar errores.

La documentación sobre los siguientes temas podría guardar relación con este documento:

- Gestión del Cambio.
- Gestión de la información.
- Forzado de señales.
- Volcado de lógica.
- Mantenimiento de las controladoras.

6.13. Implementación de la D&R.

La D&R es un proceso offline, al final del cual, los valores que se propongan para la configuración de las alarmas se habrán de actualizar en el Sistema de Control, con las perturbaciones que implica. Por ello, esta tarea requerirá de una planificación previa.



Estas modificaciones del SdA seguramente darán lugar a cambios notables en el modo de operación de la planta, pudiendo desembocar en una situación incómoda para la mayoría de Operadores y Supervisores de Turno, así como para otro personal, y dificultando su aceptación.

Para minimizar o solucionar estos problemas, y conseguir una Racionalización más efectiva se tendrán en cuenta ciertas consideraciones que se exponen a continuación.

6.13.1. Formación.

Como parte del proceso para implementar los resultados de la D&R, se tendrá que informar a las plantillas de Operación, Mantenimiento y Control Técnico de los cambios que se van a hacer. Esto se hará mediante una formación que deberá cubrir varias áreas y puntos específicos:

- Análisis de las condiciones del SdA que han llevado a tomar la decisión de realizar la D&R.
- La Filosofía de Alarmas y sus conceptos fundamentales.
- Principio fundamental de que cada alarma necesita una respuesta y de que es inaceptable ignorar una sola alarma.
- Cada alarma ha de estar documentada y tener una respuesta asociada.
- La prioridad como elemento diferenciador en el orden de respuesta a las alarmas.
- Eficiencia del SdA. Indicadores para la medida del rendimiento del sistema y objetivos.
- Características de la anunciación de alarmas en el DCS: Estado actual y mejoras esperadas.
- El proceso de Documentación y Racionalización:
 - Determinación de los valores de ajuste de las alarmas.
 - Consecuencias de las alarmas.
 - Priorización de las alarmas.
- Acceso online a la información de la Base de Datos Maestra.
- Reglas y procedimientos respecto al manejo y reporte de alarmas molestas.
- Uso adecuado de las estrategias de Gestión de Alarmas: Aparcado, alarmas basadas en el estado del proceso, supresión de inundaciones, etc.
- Modificaciones y Gestión del Cambio.
- Particularidades de los procesos de GdC en planta y su relación con las alarmas.
- Cambios sobre el SdA permitidos y no permitidos a los Operadores. Especialmente los cambios sobre puntos de ajuste y prioridades, que deberán estar sujetos al procedimiento de GdC.

- Auditorias y mantenimiento de los ajustes de las alarmas.

Durante esta formación deberá entregarse un documento que recoja todos los cambios realizados en el Sistema de Alarmas desde la D&R, particularmente los realizados en las alarmas de Prioridad 1 y 2.

La duración del curso no debería superar las 8 horas.

6.13.2. Implementación de los cambios resultantes de la D&R.

La D&R normalmente genera varios cientos de cambios sobre la configuración de las alarmas. Las buenas prácticas para este punto establecen:

- Los cambios se harán de forma colectiva. Esto quiere decir que el conjunto de los cambios se hará de una sola vez, y no alarma por alarma.
- Se implementarán las modificaciones de la forma más rápida posible, evitando que el proceso se alargue durante días o semanas.
- Si es posible se automatizará el proceso de cambio, será más rápido y preciso.
- Al realizar los cambios se tomarán todas las precauciones necesarias para que el proceso de planta no se vea afectado.

Para evitar problemas desde el punto de vista burocrático de la GdC, se trabajará conjuntamente con sus responsables desde el principio del proceso de D&R, para que entiendan y tengan en cuenta las siguientes consideraciones:

- El personal con los conocimientos apropiados para tomar estas decisiones sobre las alarmas está en el equipo de D&R.
- Este grupo producirá cientos de cambios en las alarmas.
- Todos los cambios tendrían que poderse actualizar con una única solicitud, y no de manera individual para cada alarma.
- Si es necesaria una revisión independiente, se asignará una persona para ello al equipo de trabajo desde el principio. No sería correcto ni aceptable dejar caer 500 cambios de la D&R de forma inesperada sobre la mesa de alguien. Su revisión podría llevar semanas o meses.

Por lo tanto, y a raíz de lo estipulado en estas premisas, se ha incluido una persona del Dpto. de Control Técnico en el GdT para la D&R de las alarmas. La finalidad de esto es que se encargue entre otras



cosas del proceso documental de los cambios que se hagan, de acuerdo a los procedimientos de planta para la GdC.

El Dpto. de Instrumentación y Control será el encargado de automatizar el proceso de modificación de los setpoints de alarma del sistema. No se hará de manera manual para evitar errores y agilizar el proceso.

El volcado de datos a las controladoras se hará aprovechando una parada de los grupos, que permita al Dpto. de Instrumentación volcar los datos, y al de Operaciones revisar el estado de todos los sistemas después. De esta forma se garantiza que no se interferirá en el proceso mientras la central está generando, evitando posibles disparos, shutdowns, runbacks y las consecuentes multas, o aun peor daños materiales, personales o medio ambientales.

6.14. Racionalización de alarmas por etapas.

La D&R completa como se ha descrito hasta aquí, es la mejor práctica y proporciona la mejor configuración y documentación del SdA en un periodo relativamente corto de tiempo. Pero a la vez, es un esfuerzo de grupo que normalmente afecta a entre cuatro y seis personas si se hace correctamente. Por ejemplo, para un típico DCS que tenga unos miles de puntos, es fácil emplear más de mil horas/persona en recursos internos durante las semanas que dura el proceso. Además, la revisión de las alarmas es un trabajo a tiempo completo para el personal que la realiza, por lo que quedarán apartados de sus tareas habituales, con la perturbación que esto supone.

En definitiva, la D&R es un proceso caro, perturbador, y que requiere de un trabajo de naturaleza tediosa. Si a todos estos factores, ya suficientemente disuasivos para realizar esta importante revisión de seguridad, se le añaden además los recortes presupuestarios que sufren algunas plantas, y la falta de personal disponible para implementar las mejores prácticas, el proceso puede quedar finalmente frenado ante un escollo difícil de superar. Estas circunstancias conducen a que sistemas que necesitan realizar e implantar una apropiada D&R, desafortunadamente no puedan hacerlo.

Tras identificar este tipo de situaciones se desarrollaron algunas alternativas más económicas. Sin embargo, debido a sus implicaciones sobre la seguridad, cualquier intento para hacer el proceso más eficiente económicamente se ha de sopesar con cautela.

Antes de dar por sentado que para un sistema ya existente, la Racionalización es un proceso que tendrá que hacerse e implementarse de una sola vez y para todo el sistema, hay que decir que la alternativa de una aproximación por etapas bien elaborada puede reportar beneficios inmediatos, reduciendo los costes y recursos necesarios a un grado mucho más aceptable. En general la aproximación por etapas también empieza con un esfuerzo conjunto, pero más breve que el de una D&R completa.

Las metas específicas para una aproximación por etapas incluyen:

- Los requerimientos económicos y recursos del esfuerzo inicial se han de reducir significativamente, alrededor del 50 %.
- No se admitirán sacrificios en seguridad.
- Los beneficios alcanzados durante el esfuerzo inicial (primeras etapas) deben representar la mayor parte del beneficio total esperado al final del proceso.
- Una vez finalizado el proceso de D&R por etapas, la mejora del rendimiento alcanzada ha de ser la misma que si se hubiese realizado de una sola vez.

En caso de que al realizar la D&R surja este problema de falta de recursos, se optará por hacerla por etapas, siguiendo el método que proponen Hollifield y Habibi. Esta metodología se describe detalladamente en su libro, pero se tendrá que adaptar a la planta.

El método consta de los siguientes pasos:

- Paso 1: La Filosofía de Alarmas.
- Paso 2: Constituir el equipo de trabajo para el esfuerzo inicial de las primeras etapas.
- Paso 3: Racionalizar todas las alarmas de P1.
- Paso 4: Revisar la necesidad de añadir alguna alarma de P1.
- Paso 5: Implementación de las alarmas que requieran las normas y criterios establecidos por la Filosofía de Alarmas.
- Paso 6: Identificar y racionalizar equipos duplicados.
- Paso 7: Punto de ruptura - Implementar los resultados de la primera etapa.

Al final de este punto se deberían haber Documentado y Racionalizado entre el 30 y el 60 % de las alarmas del sistema.

- Paso 8: Identificar las alarmas sin racionalizar con mayor frecuencia de aparición a partir de los Históricos. Registrarlas en la “Lista Recordatorio” de la D&R.
- Paso 9: Desarrollar un sistema de D&R en curso a partir de la Lista Recordatorio de la D&R.



7. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE EL DISEÑO DE ALARMAS.

Este apartado pretende anticipar la toma de algunas decisiones sobre la configuración de determinados tipos de alarmas, asegurando así que están basadas en las normas, y reduciendo el tiempo y el esfuerzo empleado durante la racionalización.

7.1. Manejo de alarmas provocadas por fallos de instrumentación.

Las alarmas de instrumentación como Bad Quality, Deviation Hi, Rate Of Change Hi, etc., notifican a los Operadores fallos o errores que afectan a las medidas que se emplean en el control del proceso, y que pueden afectar a sus capacidades para mantenerlo controlado. Así que por defecto, estas alarmas de diagnóstico se configuran en todos los sensores.

Por otro lado, estas alarmas pueden resultar un problema cuando se tornan demasiado comunes, y aparecen con frecuencia en la lista de alarmas más frecuentes del sistema. Desde luego, ningún instrumento se diseña para pasar la mayor parte del tiempo en Bad Quality, o entrando y saliendo de ese estado.

Cuando el Dpto. de Mantenimiento trabaja a turnos se le puede asignar la resolución de este tipo de alarmas, pero a menudo, como en esta planta, no es el caso, y durante las noche y los fines de semana no están. Ante tales situaciones, las acciones de respuesta de los Operadores a este tipo de alarmas se limitan normalmente a algunas actuaciones de troubleshooting, por ejemplo, hay Operadores a los que se les permite manipular el cableado de los instrumentos. Si dichas acciones tienen éxito, se recuperará la lectura y todo continuará bien, sino el Operador tendrá dos opciones:

- Realizar una Solicitud de Orden de Trabajo que se programará siguiendo los canales habituales y no se repara inmediatamente.
- Llamar inmediatamente al retén o al especialista apropiado para informarle de la situación, independientemente de la hora del día.

Obviamente la decisión dependerá de la criticidad de la señal perdida. Los Operadores no deberían verse en la situación de tener que adivinar qué acción es la correcta: ¡Llamar al retén representa unos costes! Lo ideal sería tener unas listas o unas reglas para que la decisión siempre sea la acertada.

La prioridad de las alarmas puede usarse para ayudar a tomar la decisión. La manera de hacerlo dependerá de si el sistema tiene tres niveles de prioridad, o de si tiene 4 o más. Esta planta se encuentra en el segundo caso, por lo que la regla se aplicará de la siguiente manera:

CUATRO O MÁS NIVELES DE PRIORIDAD	
Respuesta correcta del Operador a la alarma	Nivel de prioridad a usar
Realizar una Solicitud de Orden de Trabajo durante el turno.	Prioridad 4
Llamar inmediatamente al retén o al especialista apropiado.	Prioridad 3 o inferior

Esta regla es la apropiada por las siguientes razones:

- El Operador conoce cuál es la respuesta correcta a la alarma de diagnóstico, desde el momento en que conoce la regla.
- Como la mayoría de SdC tienen capacidad para filtrar por tiempo y prioridad, en situaciones de alta frecuencia de aparición de alarmas el Operador puede filtrar temporalmente de manera segura las alarmas de P4, dado que sabe que no requieren una respuesta inmediata. Esto permite eliminar una cantidad significativa de alarmas que en tal situación son una molestia o distracción.
- Incluso si la prioridad no se pudiese filtrar, los Operadores sabrán que pueden ignorar las de P4 con seguridad.

Entre las alarmas de diagnóstico por las que el Operador debería llamar inmediatamente al retén o al especialista se pueden incluir las siguientes:

- Fallos de fuentes de alimentación redundantes de equipos importantes que puedan comprometer el control de la producción (controles de turbina, generador, caldera, etc...).
- Fallos en fuentes de alimentación ininterrumpibles.
- Inputs de los Sistemas de Seguridad.
- Alarmas de temperatura o de humedad que indiquen la caída del HVAC en salas que contengan ordenadores o equipos de control importantes.
- Sensores cuya medida afecta a otras alarmas de P1 o P2.
- Sensores que indican el cumplimiento de limitaciones medio ambientales.
- Fallos de instrumentos que condicionen el funcionamiento de los equipos de emergencia (baterías, cargadores, barras vitales, diesel de emergencia, etc.).



- Sensores de controles complejos para diferentes propósitos como la maximización de beneficios o la minimización de emisiones.

Algunas consideraciones extra sobre las alarmas de diagnóstico:

- 1. Cuando se considere apropiado, se agruparán las alarmas de Bad Quality relacionadas en una sola, y aparte se creará una pantalla en la que se pueda ver que sensor en concreto la ha activado.**
2. Cuando una señal va a un punto de indicación y a una controladora, las alarmas de diagnóstico se crearán sobre la controladora, ya que será en esta en la que el Operador tendrá que aplicar la acción de respuesta.
3. A menudo las alarmas de diagnóstico se transmiten a varios puntos. Estos casos se han de revisar de manera que cada evento de diagnóstico solo genere una alarma. Existen diferente técnicas basadas en el tipo de punto para conseguirlo.
4. No se ha de emplear el SdA para recoger información de los instrumentos que no sean alarmas.

7.2. Alarmas para sensores redundantes y sistemas de votación.

La correcta aplicación de estándares de seguridad y de fiabilidad puede resultar en la instalación de sensores doble y triple redundantes en algunas ocasiones. Esto puede englobar o no a los sistemas de votación. Se deberá prestar mucha atención para la adecuada configuración de estos sistemas, ya que durante las alteraciones del proceso y en situaciones anormales, pueden dar lugar a la aparición de múltiples alarmas inadecuadas, y en consecuencia a inundaciones.

La mejor práctica para todos los sensores redundantes y sistemas de votación, es diseñarlos y revisarlos uno por uno, y caso por caso, para asegurar:

- El mínimo número de alarmas resultante de las desviaciones del proceso.
- Que el Operador no reciba inundaciones por alarmas innecesarias durante operaciones rutinarias como arranques, shutdowns, u otras situaciones en las que no haya un peligro real.

La revisión caso por caso de estas instalaciones redundantes puede requerir un largo estudio a parte del proceso normal de D&R del SdA. Además, las consideraciones de seguridad inherentes a estos sistemas podrían dar lugar a la creación de alarmas basadas en lógica, y a su posterior incorporación a las controladoras, en lugar de implantarlas en el DCS.

A continuación se exponen algunos puntos a considerar sobre este tema, consecuencia de la experiencia en otras plantas:

- Cuando se duplican señales o medidas analógicas para el DCS y el Sistema de Seguridad (control y determinación de trips respectivamente), no deberían de producirse alarmas de ambas fuentes ante una misma condición del proceso. Las lecturas no alarmadas podrían mostrarse en los sinópticos o pantallas del DCS, es decir, si por ejemplo se escoge la lectura del Sistema de Seguridad para ser la alarma de pre-trip, hay que asegurar que su asociada va a la pantalla adecuada del DCS para que el Operador emprenda las acciones correctivas necesarias.
- Los switches de posición de las válvulas de corte para Paradas de Emergencia, a menudo se configuran como una alarma cuando la válvula actúa por requerimiento de la Parada de Emergencia. Este tipo de configuraciones no son correctas, ya que solo debería aparecer la alarma en caso de que la válvula no ejecute la acción requerida, de manera que el Operador pueda tomar las medidas oportunas para asegurar el correcto aislamiento tras el trip.
- Las medidas de diagnóstico sobre las desviaciones entre sensores redundantes pueden mejorar la fiabilidad de los Sistemas de Seguridad al incrementar la cobertura de los diagnósticos. Esto ayuda a cumplir con los requisitos de fiabilidad del sistema con una menor inversión de capital y de mantenimiento, e incluso podría permitir aumentar los tiempos entre las revisiones o pruebas requeridas. Sin embargo, no es necesario alarmar cada pequeña desviación, solo aquellas que se prolongan durante determinados periodos de tiempo.
El porcentaje de desviación que disparé la alarma deberá ser suficientemente largo como para indicar un problema significativo, y no un transitorio.
- Buenos sinópticos y gráficos de diagnóstico que muestren el estado de los sensores y del proceso de votación son la clave para que el Operador conozca donde está el sistema en cada momento, por ejemplo durante un shutdown. **No se puede pretender que los Operadores tengan en sus cabezas todos los detalles sobre el funcionamiento de la lógica, y más teniendo en cuenta su complejidad.** Por ejemplo, desviaciones entre termocouples del exhaust de TG.

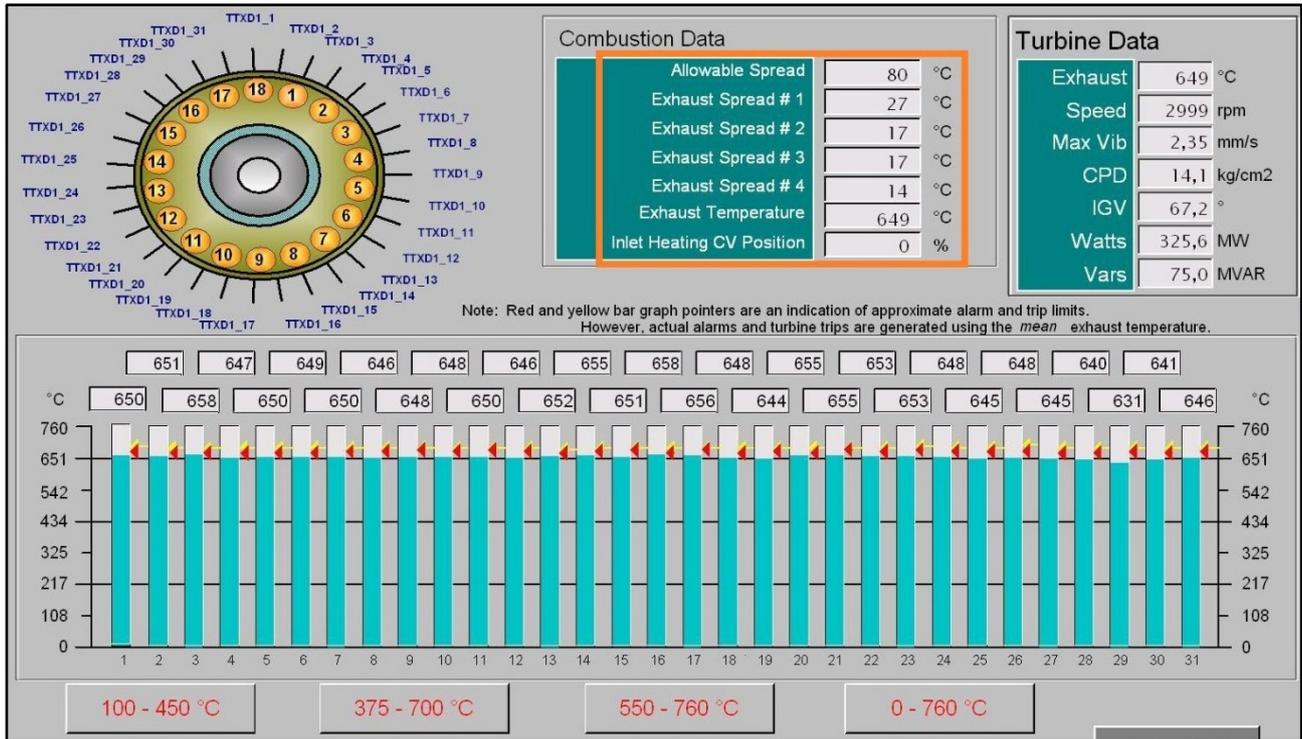


Fig. Gráfico que muestra con claridad la máxima diferencia permitida entre termopares del exhaust de TG, y las diferencias máximas en el momento.

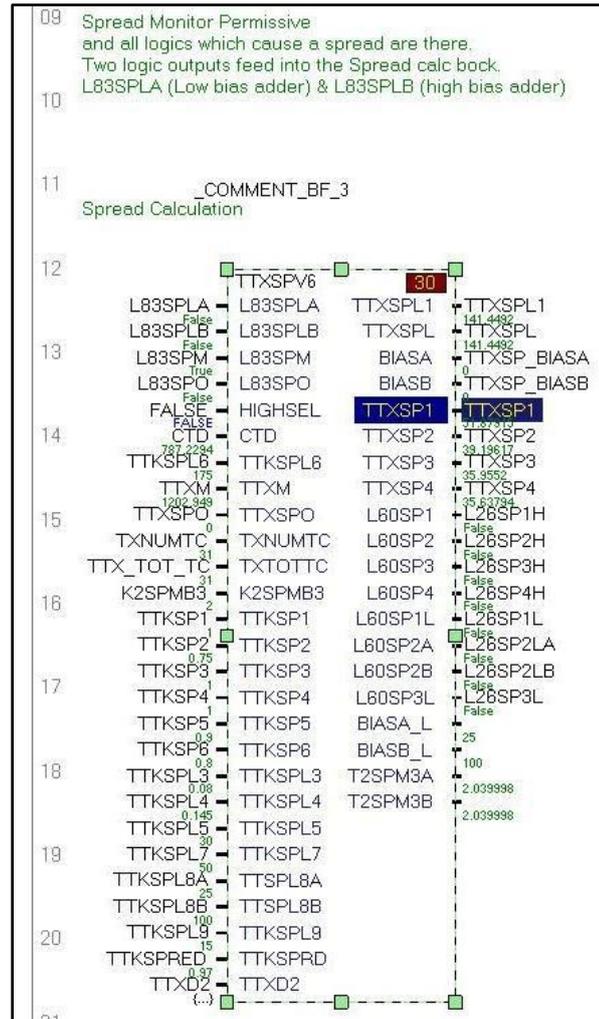


Fig. Bloque lógico que controla las diferencias entre termopares del exhaust de TG. Su interpretación por parte de los Operadores requeriría estudiar el funcionamiento del bloque, y por lo tanto mucho más tiempo que el gráfico anterior.

7.3. Alarmas de diagnóstico o estado de equipos externos.

Además de sensores simples, a menudo se conectan equipos bastante complejos a los DCSs. Algunos ejemplos típicos son: analizadores, controles anti-surge (anti-bombeo) en compresores, PLCs, y otros equipos similares. Estos equipos realizan muchas tareas y generan gran cantidad de datos que se han de enviar, por lo que se emplean sistemas de transferencia de datos en serie o redes, en lugar de un cable para cada señal.

Los fabricantes de estos equipos, obviamente, los conocen a la perfección. Para ellos todo lo que pasa en su interior es importante y ha de estar operativo para el cliente, por lo que es normal que estos sistemas dispongan de múltiples indicadores de salud y status con posibilidad de ser alarmados.



No es raro que un ingeniero de diseño que necesite un equipo de estas características, tras evaluar concienzudamente las diferentes opciones de cada fabricante, habiendo comparando listas de especificaciones y características, y habiéndose decidido finalmente por uno; al llegar el momento de configurar la transmisión de datos, y particularmente las alarmas, todas le resulten importantes y termine configurándolas, incluso aunque no queden bien explicadas.

Finalmente llega el Operador. Él solo quiere que el equipo funcione, y preferiblemente sin sobresaltos ni muchas interrupciones. Sin embargo, lo que tiene es una serie de alarmas crípticas y oscuras. Y además, las alarmas de diagnóstico importantes posiblemente hayan quedado enterradas bajo una miscelánea de alarmas sobre status internos totalmente incomprensibles.

Por ello, cuando se conectan equipos externos al DCS deben establecerse algunos criterios en los que basar la selección y presentación de las alarmas. La mejor forma de hacerlo es configurar todas estas alarmas de status desde el punto de vista del Operador. **En este sentido, los mensajes de alerta deberán dejar perfectamente claro cuál es el problema del equipo en los siguientes aspectos:**

- **Describir comprensiblemente que implica esa alarma sobre el estado del equipo:**
 - **¿El equipo está averiado o todavía funciona?**
 - **¿Las lecturas son fiables o deben descartarse?**
 - **¿Es susceptible de empeorar la situación?**
- **Actuar de acuerdo a los procedimientos de operación. Por ejemplo: el analizador no está funcionando, iniciar muestreo manual.**
- **Involucrar a mantenimiento o al personal apropiado en función del problema.**

El Operador necesita información que le oriente sobre las alarmas, y ésta ha de estar a su alcance y ser comprensible. Algunos modos de proporcionársela son:

- **Crear pantallas de diagnóstico en el DCS, detalladas y bien organizadas, que muestren el estado de todos los inputs indicadores de salud y status.**
- **Notas en sinópticos que muestren el propósito de cada indicador; no dependiendo así de la memoria del Operador para estas concretas y complejas funciones de equipos particulares.**
- **Las pantallas deben indicar también los grupos funcionales que se han de reparar, basándose en el tipo de fallo.**

También es una buena práctica, agrupar en una función OR varias alertas sobre variables relacionadas, dando lugar a una única alarma para todas ellas. Por ejemplo: Canalizando varios sensores de vibraciones a un mismo punto de alarma, basado en que cualquiera de ellos alcance un valor en particular. Todos se pueden mostrar en una pantalla o sinóptico, pero tan solo se alarma el punto común.

Si se crea una pantalla para los diagnósticos más relevantes, esta deberá ser entonces la pantalla a la que se asocien los puntos de alarmas comunes.

7.4. Prioridad de las alarmas del Sistema de Parada de Emergencia (Emergency Shutdown).

El hecho de que una alarma indique un trip no implica necesariamente que tenga que ser de P1, especialmente si está generada por el Sistema de Seguridad.

Puede darse perfectamente el caso de que la D&R establezca para una pre-alarma de disparo una P1 o P2, y para la notificación de disparo una P3.

Distribución de la prioridad de las alarmas.

Durante el pre-trip, el Operador todavía está a tiempo de reaccionar para evitar el disparo y las consecuencias que puede conllevar. Sin embargo, una vez se ha producido ya no se puede hacer nada. Lo que hay que valorar entonces es: cuanto peores serán las consecuencias si el Operador no adopta las correctas acciones de post-trip; esto puede dar como resultado una prioridad más baja.

Aunque esta regla choca con lo establecido en el punto sobre “Distribución de la prioridad de las alarmas”, donde se decía que los disparos iban a quedar englobados dentro de la P1, hay que tener en cuenta que facilitará la respuesta de los Operadores ante situaciones críticas, ayudándoles a dirigir su atención hacia aquello que precise su atención inmediatamente, y no hacia un disparo ante el que posiblemente ya no haya nada que hacer. Por esto, prevalecerá esta consideración a lo dicho con anterioridad.

7.5. Baipases de los Sistemas de Parada de Emergencia.

A menudo se baipasean temporalmente los bloqueos del Sistema de Seguridad, o de las señales que los activan, con la finalidad de realizar algún test. Es importante llevar un control riguroso de estos procesos de baipaseado. Desde la perspectiva de la GdA, cualquier baipás que se haga debe haber sido comunicado con antelación a los Operadores, y se ha de realizar siguiendo los procedimientos establecidos en planta para ello. Dos buenas prácticas para facilitar el cumplimiento de estos requerimientos son:

- Si no existen tales procedimientos, implementar una alarma de P3 o P4 que se active cuando se baipaseen entradas y salidas del ESD para realizar alguna prueba, de modo que el Operador quede informado. La alarma debería desaparecer al devolver el sistema a su situación normal una vez finalizado el test.



- Diseñar e implementar ayudas que faciliten trabajar dentro de los requerimientos procedimentales y seguir estas metodologías, para asegurar que el Operador este informado de los baipases.

7.6. Alarmas para prevenir daños a las personas.

En la mayoría de los procesos se usan sistemas de parada automática para retornar el proceso a un estado seguro cuando se ha perdido el control sobre él. Sin embargo, existen casos en los que la respuesta manual del Operador es el único medio por el que puede evitarse un posible daño a las personas. Se dan a continuación los ejemplos más comunes para los que debe usarse la prioridad más alta, P1, del DCS.

7.6.1. Detectores de atmósfera inflamable y de gases tóxicos.

En el caso de los detectores de atmósfera inflamable y de gases tóxicos, cuando el Operador reciba la alarma, su primera respuesta será avisar y asegurarse de que todo el personal que se encuentre en las áreas afectadas las abandona.

Estas alarmas se han de mostrar en un gráfico indicando su localización geográfica. Se pueden añadir también indicadores de la velocidad del viento y de su dirección.

Como en esta planta las centralitas CI no permiten implementar gráficos o sinópticos, una alternativa razonable puede ser el colocar al lado un diagrama en papel que muestre por colores las áreas que cubren los diferentes lazos. Y si el tamaño del mismo lo permite, añadir la ubicación de los dispositivos que mandan las señales.

7.6.2. Alarmas de duchas de seguridad y lavaojos.

Existe la posibilidad de cablear alarmas en los actuadores de las duchas de emergencia y en los lavaojos, la razón para ello es que si se accionan es porque alguien se ha visto afectado por un producto químico y necesita asistencia.

Un fallo del Operador al responder y asegurar la inmediata asistencia puede resultar en graves daños para la persona, por tanto estas alarmas han de ser de P1.

7.6.3. Alarmas relativas a edificios, naves o instalaciones.

Los siguientes tipos de alarmas de edificios o instalaciones, ocupadas o no, han de llegar al DCS para ser debidamente atendidas por el Operador de Sala de Control. Todas deben tener P1:

- Detectores de humo o fuego.



- Presencia de atmósfera asfixiante (CO₂ u otros).
- Bajo contenido de oxígeno (edificios que contengan gases inertes presurizados).
- Alarmas del Sistema Contraincendios.
- Alarmas de actuación de válvulas de inundación.

7.7. Alarmas generadas por programas.

Algunos procesos habituales como son: arranques, paradas o el funcionamiento de determinados equipos, se automatizan mediante la creación e implementación de programas en el DCS. Si hubiese un error durante la ejecución de estos, el Operador tendría que actuar emprendiendo acciones similares a las de respuesta a los fallos de algunos equipos. Para informar de estos posibles errores se implementarán también las alarmas oportunas. Estas deberían ser claras y fáciles de entender por los Operadores, aunque a menudo se emplean mensajes crípticos e ininteligibles del tipo:

- Error en el paso 24.
- Fallo al abrir - No se puede continuar el proceso.

Adicionalmente, se le ha de facilitar al Operador documentación sobre las acciones a tomar para cada una de las alarmas. Preferiblemente ésta ha de estar disponible en la pantallas/sinópticos que muestran el desarrollo del programa. Si no se tienen, sería conveniente su creación.

7.8. Alarmas para iniciar tareas manuales.

Algunos equipos de proceso requieren periódicamente de tareas manuales, y a menudo se usan alarmas para notificar que la tarea se debe iniciar.

Por ejemplo, un tanque que se va llenando con un residuo del proceso, requiere que se avise con 24 horas de antelación a una empresa externa para su recogida y posterior tratamiento. Se ha determinado que la recogida se ha de programar cuando está al 60 %, ya que así se tiene tiempo para vaciarlo sin que este llegue a la alarma de H. En este caso no sería correcto crear una nueva alarma al 60 para avisar de que se ha de programar el vaciado, puesto que no es una situación urgente que requiera de una acción inmediata, y además la alarma quedaría rancia hasta la recogida. La forma adecuada de proceder sería simplemente configurar un aviso en el Sistema de Alertas al Operador.



7.9. Alarmas de diagnóstico del DCS.

Las alarmas específicas del funcionamiento interno del DCS como: fallos en cables redundantes, errores en módulos, errores de comunicación, etc., no deben estar presentes en condiciones normales de operación, y no se han de tolerar cuando aparecen.

Las alarmas de diagnóstico las configura generalmente el fabricante y no son susceptibles de ser modificadas por el cliente. Además suceden raramente. La respuesta del Operador a estas alarmas es similar a las de diagnóstico de los instrumentos, sin embargo aquí el problema radica en la naturaleza críptica de su mensaje.

Por esto, las alarmas de diagnóstico del sistema se han de presentar de manera que sean fácilmente inteligibles por el Operador. Deben dar una explicación clara y guiada para que éste sepa cómo proceder en cada caso, sobre todo cuando requieren una resolución inmediata, a diferencia de las que se pueden manejar de manera rutinaria (aviso al Dpto. de Instrumentación, Solicitud de Trabajo, etc.).

7.10. Sistema de mensajes al Operador.

Existen otros aspectos del DCS que también se han de tener en cuenta, especialmente si requieren de la atención del Operador mediante sonidos y luces, y/o de algún tipo de aceptación, entonces tienen un efecto similar al del SdA sobre su carga de trabajo. Siéndoles por tanto de aplicación muchos de los principios de la Filosofía de Alarmas.

Estos Sistemas de Mensajes, no confundirlos con el Sistema de Alertas al Operador, se usan habitualmente para el control de secuencias de producción, programas tipo Batch. En ellas se le solicita al Operador que realice ciertas tareas o pasos manuales para poder continuar: realizar algún trabajo físico en campo, tomar decisiones para otros procesos, chequear datos de análisis, etc., de este modo la secuencia no avanza hasta que el Operador da la confirmación.

A veces el sistema también se usa para notificarle al Operador el alcance de un paso importante dentro de la secuencia, sin que requiera ninguna confirmación por su parte. Este tipo de usos que no necesitan introducción de datos o confirmaciones se han de evitar. Para mostrar el estado del proceso existen otras vías: gráficos o sinópticas que indiquen su avance.

Un caso común de mal uso de los mensajes, es avisar de que una secuencia se ha completado correctamente y la siguiente va a empezar, todo de acuerdo al plan y en condiciones normales. En estos casos el Operador queda mejor asistido por un gráfico que muestre el estado de la secuencia, que por mensajes individuales que reflejen su progreso normal.

Por ejemplo, un clásico de este tipo de secuencias y mensajes es el de las aplicaciones usadas para realizar el soplado de hollín en las calderas. Cuando la secuencia se realiza en modo semiautomático se



aceptan mensajes: al iniciar la secuencia, al terminar el soplado de cada grupo de sopladores solicitando la activación del siguiente, y al finalizar la tarea. En cambio cuando se realiza en automático solo son aceptables los mensajes de inicio del soplado, indicando que se han alcanzado las condiciones de presión y temperatura, y de finalización del mismo. En ambos casos, el estado de avance del proceso debería ser indicado de forma gráfica.

Como en otras aplicaciones, las alarmas deben reservarse para avisar de aquellas situaciones en las que, si se ignora su mensaje, pueden darse consecuencias negativas. En el ejemplo del soplado de calderas, un mensaje de alarma puede ser que un determinado soplador se ha quedado introducido en la caldera y precisa de extracción manual.

Todo Sistema de Mensajes debe usar un sistema de visualización y sonido (tono) diferente al de alarmas.

7.11. Abuso de las combinaciones de alarmas.

Se entiende por combinaciones de alarmas, aquellas alarmas de valores de proceso High o Low, que van seguidas por otras alarmas del tipo HH (High High), o LL (Low Low). En algunos sistemas incluso se configuran HHH y LLL. Este tipo de alarmas pueden contribuir significativamente a la producción de inundaciones.

Muchos sistemas se configuran por defecto con muchas o todas estas alarmas combinadas. A menudo, en lugar de seguir los principios generales de determinación de alarmas, se usan reglas generales tan pobres como fijar por defecto para los puntos analógicos alarmas de:

- LL (Low-Low) al 10 %.
- L (Low) al 20 %.
- H (High) al 80 %.
- HH (High-High) al 90 %.

Algunos ingenieros configuran siempre todas las posibles combinaciones pensando: “Si al Operador se le pasa por alto la alarma de H, lo cual es posible porque recibe muchas alarmas, todavía tendrá una oportunidad de ver la de HH, o incluso la de HHH, antes de que suceda algo negativo.” De hecho, muchos Operadores y Jefes quieren estas alarmas por la misma razón. Y es una reacción comprensible ante un Sistema de Alarmas sobrecargado. Pero esto es como dispararse en un pie para no sentir el dolor del brazo roto. **Añadir más alarmas no es la solución al problema de tener muchas alarmas.**

Un examen de los datos de estas alarmas de H y HH, o de L y LL, normalmente muestra muchos puntos con ambas alarmas configuradas en los que se da el caso de que ambas aparecen en intervalos muy cortos. Esto indica uno de los siguientes casos:



- El proceso varía demasiado rápido, y la acción del Operador ante el H no da tiempo de evitar alcanzar el valor configurado para el HH.
- El Operador no toma ninguna acción ante la alarma de H, y se espera al HH.
- Los valores de H y HH están demasiado pegados.
- Una combinación de las anteriores.

La mejor práctica contra el abuso de alarmas combinadas puede parecer drástica, pero realmente el uso de combinaciones de alarmas solo se justifica cuando:

1. Por defecto no ha de haber alarmas de HH o LL. Cualquier uso de las mismas se ha de justificar individualmente y cumplir las siguientes dos condiciones.
2. Las acciones del Operador para la alarma de H y la de HH deben ser significativamente distintas en tipo y grado. En otras palabras, no se han de crear dos alarmas para la misma acción.
3. Debe haber suficiente tiempo después de la primera alarma para poder realizar las acciones correctivas antes de que el proceso active la siguiente.

La aplicación de estos principios durante la D&R ha mostrado que se pueden eliminar el 90 % de estas combinaciones. **Aunque la reacción normal de los Operadores e Ingenieros ante esta modificación sea de aprensión, porque en un sistema sobrecargado estas combinaciones le dan al Operador una oportunidad más de ver lo que está sucediendo y de reaccionar, se ha de romper con este paradigma.** No se puede actuar basándose en que el SdA nunca se va a poder tener bajo control, en que siempre generará demasiadas alarmas como para que el Operador las pueda estudiar individualmente, y en que se verá forzado a ignorar algunas debido a su gran volumen. Se ha de ser firme en la premisa de que no puede dejar ninguna alarma sin respuesta, lo contrario es inaceptable, y crear más alarmas solo empeorará el problema.

7.12. Uso de alarmas en enclavamientos, pasos de programa o acciones de control.

Hay algunas prácticas de programación/configuración del DCS un tanto pobres, pero bastante comunes, que pueden acarrear serias consecuencias si no se tratan correctamente. En estas prácticas se incluyen las programaciones del DCS que basan la ejecución de acciones de control específicamente en el comportamiento de puntos de alarmas.

Por ejemplo, si consideramos un simple bloqueo (interlock) que cierra la válvula de alimentación de un tanque al llegar a su nivel alto, 80 %:

- Malas prácticas.

Configurar la lógica de manera que la alarma de Alto Nivel sea el input para ejecutar el cierre de la válvula. Esto es algo pobre porque:

- Los parámetros de configuración de la alarma, o incluso la existencia de la alarma, están sujetos a cambios. Años de historia han llevado a muchos a pensar que la modificación de la configuración de una alarma no es una acción muy significativa, a pesar de lo que se especifica en las políticas de GdC.

En este ejemplo, una modificación del setpoint de la alarma cambiará la funcionalidad del bloqueo, sin que esto a veces termine de ser muy evidente para la persona que ejecuta el cambio.

- Algunos DCSs tienen opciones y métodos un tanto “opacos”, algunos de los cuales podrían invalidar la señal elegida para cerrar la válvula, de manera que al suprimir la alarma, se podría anular la función de seguridad del bloqueo.

▪ Buenas prácticas.

Configurar cada bloque lógico con los valores de proceso como input, y compararlo con uno numérico (80 %) contenido dentro de la construcción lógica. Esto es mejor porque:

- Incluso aunque el valor numérico se pueda modificar, los elementos lógicos son sistemas de control de construcción más compleja, y es mucho menos probable que sean modificados por personal no experto.

La lógica cerrará la válvula basándose en el valor de proceso, tanto si la alarma ocurre como si no.

- **Estos diseños dan flexibilidad para ajustar, resetear y aparcarse, en definitiva, modificar la alarma apropiadamente sin cambiar involuntariamente las características de actuación del bloqueo.**

Los DCSs deben supervisarse para comprobar si emplean alguna de estas malas prácticas, ya que se ha visto que son bastante comunes. Cualquier modificación de las alarmas se debe revisar para asegurar que no se altera la funcionalidad de los bloqueos. Los puntos lógicos del DCS no son los únicos a comprobar, los programas y señales de la lógica de los PLCs y de otros equipos similares también se han chequear.



En definitiva, la conclusión es que si se quiere que algo suceda basándose en que el proceso alcance algún valor, hay que programarlo o configurarlo basándose en la lectura del propio valor, no en si una alarma acontece en ese valor. Cualquier excepción tendrá que evaluarse cuidadosamente.

Si durante la D&R o posteriormente se detecta algún caso de bloque o acción basado en la activación de una alarma, este se habrá de corregir siguiendo los criterios especificados en este punto. Esto quiere decir que la acción de bloqueo se habrá de construir sobre una estructura lógica independiente de la alarma.

8. GESTIÓN DEL CAMBIO EN EL SISTEMA DE ALARMAS.

Para llevar a cabo las recomendaciones de este documento en cuanto a determinar e implementar una adecuada configuración de las alarmas, se necesitará mucho tiempo y esfuerzo. Pero sin un buen sistema de Gestión del Cambio para controlar las modificaciones que se hagan a posteriori en el Sistema de Alarmas, la configuración se degradará por debajo del nivel óptimo rápidamente.

Los SdA están sujetos a muchas potenciales fuentes de cambio:

- Revisiones o expansiones del proyecto o del proceso.
- Nuevos requerimientos de calidad.
- Nuevos o revisados controles o instrumentos.
- Revisiones de accidentes o incidentes (implementación de nuevas alarmas).
- El uso de alarmas como recordatorio por parte de los Operadores.
- La respuesta de los Operadores a las alarmas molestas.

Además en la mayoría de plantas hay personas que durante muchos años no han visto como un gran problema la modificación o supresión de alarmas, y se siente plenamente capacitadas para realizar estos cambios. Aquí se podrían incluir:

- Operadores y Supervisores de Turno.
- Ingenieros o Técnicos de Mantenimiento.
- Jefes de Departamento.
- Contratistas.

El resultado de estas múltiples fuentes de cambios del sistema, y del número de personas con tendencia y habilidad para hacerlos, es que el sistema tiene una deriva natural al desorden, o entropía.

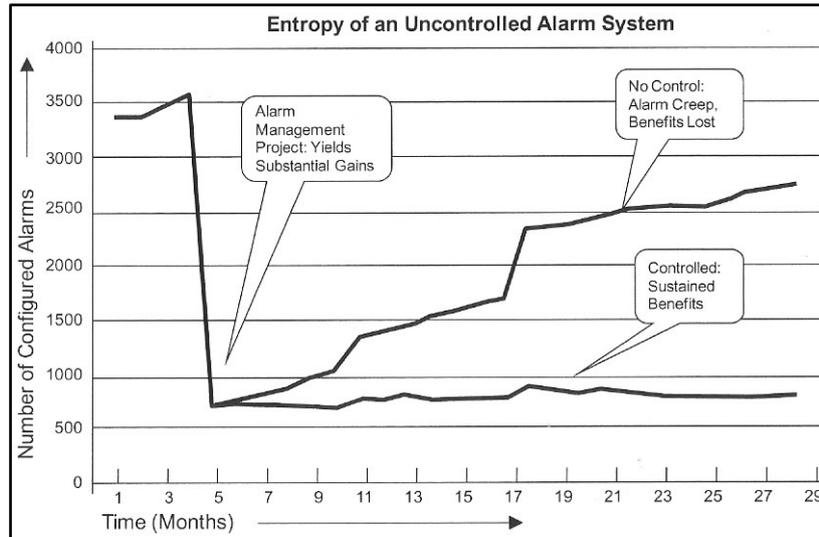


Fig. Deterioro del SdA ante la falta de control de los cambios.

La figura muestra como el número de alarmas configuradas ha aumentado en un año más del 50 % tras la D&R, debido a un pobre control de los cambios. Para evitar estas situaciones se han de controlar los siguientes tipos de cambios:

- Creación de nuevas alarmas.
- Borrado de alarmas existentes.
- Cambios en la prioridad de las alarmas.
- Cambios en la configuración de las alarmas.
- Cambio del tipo de alarma.
- Cambio de la descripción de la alarma o del texto del mensaje.
- Supresión de alarmas.
- Estado del punto de ejecución (forzar el cambio de estado de un sensor o señal, p.e. de ON a OFF).
- Cambios en la interfaz de presentación de las alarmas.
- Adición, modificación o actualización de las capacidades de manejo de alarmas, como el sistema de aparcado o la configuración de alarmas basadas en el estado.

El sistema de GdC debe estar diseñado para poder realizar el número de cambios que sean necesarios, sin producir una sobrecarga de papeleo ni comprometer la seguridad.

Aunque no se trate de alarmas propiamente dichas, los siguientes cambios también se deben controlar para asegurar que solo los efectúan personas autorizadas con suficiente conocimiento sobre la materia:

- Parámetros de ajuste de las controladoras.
- Rangos de los puntos.

- Modificación de los puntos lógicos, enclavamientos, software del Sistema Operativo del DCS, y funciones similares.

Otras pautas que se tendrán que tener en cuenta:

- La única configuración válida será la de la Base de Datos Maestra.
- Se deberá usar un software para la verificación y restitución periódica del sistema, que chequee las alarmas en busca de aquellas que no coincidan con los ajustes de la BDM, reportándolas, y restaurando el sistema a los ajustes correctos.
- **El sistema de GdC debe asegurar la actualización puntual de la BDM, para que los cambios autorizados no sean desechos nuevamente por el software de verificación y restitución.**
- El responsable del SdA debe ser informado de todas las modificaciones.
- La GdC no es necesaria para la operación de las estrategias de alarmas aprobadas e instaladas, como la supresión de inundaciones o el aparcado de alarmas. Sin embargo, las modificaciones en la configuración de estas estrategias si que se deben hacer utilizando los procedimientos de GdC, con la adecuada revisión y autorización.

8.1. Metodología de las modificaciones.

Cualquier modificación que se quiera hacer en el SdA deberá seguir un proceso que implica los siguientes pasos:

1. Realizar una propuesta justificada.
2. Su posterior estudio.
3. Y finalmente si es aceptada, el cambio.

8.1.1. Propuesta para la modificación, creación o eliminación de una alarma.

El solicitante de la modificación, creación o eliminación de una alarma cursará dicha solicitud cumplimentando el impreso “Propuesta de modificación de la Base de Datos Maestra” según se indica a continuación:

- Nº de propuesta: Número secuencial que se asignará a la propuesta para su archivo.
- Fecha: En la que se realiza la solicitud.
- Solicitante: La persona o departamento que propone la modificación.
- Señal: El código o nombre mediante el que se identifica la señal en el Mark VIe.
- Descripción de la alarma en inglés.



- Descripción de la alarma en castellano.
- Equipo: Nombre y código KKS o Tag device de GE .
- Motivo de la modificación.
- Propuesta de modificación, indicando todos los apartados a modificar.
- Departamentos afectados: Serán aquellos que, o bien tengan a su cargo un equipo o componente que intervenga en la generación o acción de la alarma, o que tengan relación con ésta. Se incluirá siempre a Operaciones.
- Fecha y firma de aprobación de cada uno de los servicios afectados, una vez lo hayan revisado y aportado sus propios comentarios.

Se deberá crear un modelo de impreso para la “Propuesta de Modificación de la Base de Datos Maestra”, y añadirlo a los anexos de este documento.

8.1.2. Estudio e implementación de la propuesta de modificación.

Toda Propuesta de Modificación, una vez cumplimentada, pasará al GdT encargado de la D&R para ser estudiada durante su reunión mensual. La modificación podrá ser aprobada o descartada, pero en cualquier caso se tendrá que dejar justificación escrita de porque se ha tomado dicha decisión.

Todas aquellas modificaciones que se autoricen, se incorporarán a los trabajos del grupo, siendo ellos los encargados de su desarrollo y de que se implemente al final. Además se habrá de poner una fecha límite para hacerlo.

Los cambios que se tengan que hacer, afecten a uno o varios elementos del SdA, incluyendo la BDM, se realizarán de manera simultánea para evitar inducir a confusiones u errores durante la operación, y cuando no afecten al proceso.

Se tendrá que informar a todo el personal afectado por el cambio con la suficiente antelación. Se explicará qué y cuándo se va hacer, porque se va hacer y cuáles serán las consecuencias. Esto se hará mediante un formato fijo, que cumplimentará y enviará el GdT para la D&R.

La gestión documental del cambio también correrá a cargo del GdT, que se habrá de encargar de actualizar la BDM, y de dejar constancia de las modificaciones realizadas en la misma BDM o en el Libro de Alarmas, siempre de acuerdo a los procedimientos que existan o que se creen para este propósito.

Se incluirán los siguientes datos:

- Nombre de la señal.
- Descripción de la alarma en inglés.
- Descripción de la alarma en castellano.
- Equipo.

- Fecha de implementación.
- Configuración de la alarma antes de la modificación.
- Modificación realizada, incluyendo detalladamente todos los cambios hechos: parámetros, lógicos, descriptivos, funcionales, etc.
- Fecha y firma de aprobación de cada uno de los miembros del GdT que han intervenido en la modificación.

Si es necesario se creará un procedimiento para guiar todo el proceso de cambio, y se adjuntará como anexo.

Las modificaciones de alarmas que se implementen también se han de registrar en su correspondiente apartado dentro de la Documentación de las mismas.

8.2. Control de las funciones para hacer los cambios en el Sistema de Alarmas.

Hacer cambios en un DCS es fácil si se tienen los niveles de acceso apropiados, pudiéndose crear alarmas, borrarlas, modificarlas, etc.

Muchas personas con diferentes roles tienen acceso a un DCS, y las seguridades a menudo se pueden baipasear con facilidad. Así que no conviene limitarse a confiar en la efectividad de las claves o passwords, sino que hay que examinar los datos del sistema, y encontrar un método seguro para garantizar que los cambios se realizan cumpliendo con los protocolos de GdC.

Normalmente los accesos de seguridad están, o totalmente bloqueados, o totalmente abiertos. Un acceso de seguridad que permita realizar alguna sencilla tarea de ingeniería, acostumbra a capacitar para modificar casi todo. Muchos operadores tienen también acceso total, o saben cómo conseguirlo. Imagínese el siguiente escenario:

A un contratista se le ha encargado modificar algunos gráficos del DCS. Lo ponen al final de la Sala de Control en una Estación de Trabajo, y le dan acceso para ejecutar el editor de pantallas. Mientras está trabajando, el Jefe de Turno se le acerca y le dice. “Hola, ¿te han encargado modificar la pantallas, verdad? Verás, tenemos una alarma que nos está molestando y la persona que se encarga normalmente de estas cosas no está hoy. ¿Estás en el modo mantenimiento? ¿Puedes anular esta alarma?”

La respuesta normal de un contratista, que está ahí para complacer, y que tiene la esperanza de que lo vuelvan a llamar en el futuro, probablemente sea: “¡Claro! No hay problema.”, en lugar de: “Depende, ¿tenéis algún procedimiento de Gestión del Cambio para estas modificaciones?”.



Como los cambios quedan grabados cronológicamente en algún extraño y críptico registro del DCS que raramente se revisa, es posible que el Jefe de Turno lo anote en el Libro de Turno, o no. De manera que termine por perderse la información, y los Operadores de los siguientes turnos no lleguen a enterarse de que se ha anulado. Estas son el tipo de situaciones que se han de controlar.

8.2.1. Los peligros de la supresión.

Como se ha explicado anteriormente, suprimir alarmas de forma incontrolada y/o sin un estudio correcto de la misma puede suponer un riesgo muy importante, así que esto se hará siguiendo los procedimientos creados al respecto.

Además para evitar que cualquier persona pueda realizar cambios en el sistema se tendrán que definir correctamente los roles de cada usuario en el Alarm Viewer, de manera que estos estén de acuerdo a su papel dentro del proceso de Gestión del Sistema de Alarmas.

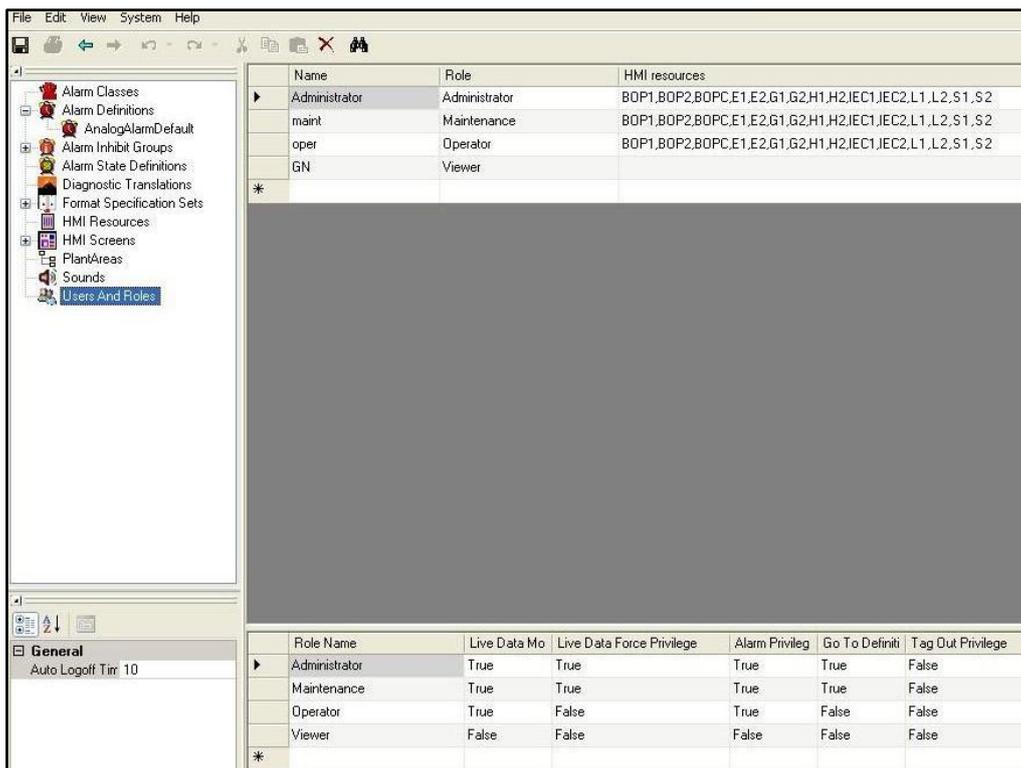


Fig. Pantalla para configurar diferentes tipos de usuarios y sus roles

9. FORMACIÓN.

La formación es un punto importante y necesario para que toda la plantilla conozca y entienda la finalidad de la Filosofía de Alarmas y lo que implica. Llegar a obtener un Sistema de Alarmas eficiente y mantenerlo, requiere de la participación de casi todo el personal en mayor o menor medida. Para conseguir que todos estén al tanto de sus responsabilidades en este sentido, y de los cambios que implica el proceso de mejora, se establecerán unas formaciones.

9.1. Formación previa al proceso de mejora.

Antes de poner en marcha el proceso de mejora del Sistema de Alarmas se instruirá al personal de Operaciones, Mantenimiento y Control Técnico, acerca de la Gestión del Sistema de Alarmas y de los cambios del sistema que se buscan. Esta formación incluirá:

- La Gestión de Alarmas, que significa y porque es necesaria.
- El método de los 7 pasos y la Filosofía de Alarmas.
- Visión general de la Filosofía de Alarmas y de sus conceptos fundamentales.
- Principio fundamental de que cada alarma necesita una respuesta y de que es inaceptable ignorar una sola alarma.
- Cada alarma ha de estar documentada y tener una respuesta asociada.
- La prioridad como elemento diferenciador en el orden de respuesta a las alarmas.
- Eficiencia del Sistema de Alarmas. Indicadores para la medida del rendimiento del sistema y objetivos.
- Características de la anunciación de alarmas en el DCS: Estado actual y condiciones deseadas.
- El proceso de Documentación y Racionalización:
 - Determinación de los valores de ajuste de las alarmas.
 - Consecuencias de las alarmas.
 - Priorización de las alarmas.
- Acceso online a la Base de Datos Maestra.
- Reglas y procedimientos respecto al manejo y reporte de alarmas molestas.
- Uso adecuado de las estrategias de Gestión de Alarmas: Aparcado, alarmas basadas en el estado del proceso, supresión de inundaciones, etc.
- Modificaciones y la Gestión del Cambio.
- Cambios permitidos y no permitidos a los Operadores sobre el Sistema de Alarmas. Especialmente los cambios sobre puntos de ajuste y prioridades, que deberán estar sujetos al procedimiento de GdC.



Además de la formación, al personal se le proporcionará acceso a este documento y a cualquier otro que se genere a raíz del proceso de mejora de SdA, para que puedan ser leídos o consultados en cualquier momento.

Cualquier persona que se incorpore a la plantilla tendrá que recibir esta formación.

9.2. Formación tras la D&R.

El objetivo principal de esta formación, es informar a la plantilla de los cambios que va suponer la implantación de los resultados de la D&R. Las áreas que ha de cubrir se detallan en el apartado “Formación” de la D&R.

9.3. Notificación de las modificaciones de Alarmas.

Como se ha indicado en la GdC, cada vez que se modifique una alarma o algún otro elemento que afecte al SdA, se tendrá que informar con antelación a todo el personal afectado.

En esta comunicación es importante explicar con detalle qué y cuándo se va hacer, porque se va hacer, y sus consecuencias sobre el proceso y el SdA. De esta manera el personal estará prevenido y sabrá cómo actuar ante las nuevas circunstancias, eliminando así la posibilidad de error por desconocimiento, lo que sería un error bastante tonto a estas alturas del proceso de mejora.

9.4. Registro de la formación.

Se tendrá que llevar un registro de todas las formaciones que se realicen, y este habrá de incluir los siguientes datos:

- La formación que se ha impartido.
- Motivo de la formación.
- Las personas que han sido formadas.
- Documentación que se ha entregado.
- Lugar donde se ha impartido la formación.
- La fecha de la formación.

10. PROCESO DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DEL SISTEMA DE ALARMAS.

10.1. Detección y resolución de problemas del Sistema de Alarmas.

Las principales fuentes para la detección de problemas en el SdA son:

- Los informes mensuales, los cuales se basan en los análisis del sistema y en las solicitudes del personal.
- Las solicitudes de modificación por parte del personal.
- Software de verificación y restitución, que permitirá detectar las diferencias entre la configuración de las alarmas en el SdA y la BDM.

Cualquier problema detectado se habrá de incluir en el informe mensual y tratarse en su correspondiente reunión del GdT.

10.2. Mantenimiento del Sistema de Alarmas y la Gestión del Cambio.

Como se ha expuesto en el apartado sobre la GdC, si no se lleva un adecuado control de las modificaciones del sistema, los cambios que realiza el personal pueden degradar su eficiencia rápidamente. El personal ha de conocer por tanto lo expuesto sobre la GdC y los procedimientos a seguir para realizar o solicitar cualquier cambio.

10.3. Supervisión avanzada de las alarmas e Indicadores de la Eficiencia del Sistema (KPIs).

Muchas compañías han implementado sofisticados sistemas para supervisar el rendimiento de sus operaciones. Disponen de aplicaciones online internas que comparan los indicadores de rendimiento de múltiples localizaciones, proporcionando el resumen de las capacidades alcanzadas y el de las teóricamente alcanzables.

Los datos de funcionamiento de los Sistemas de Alarmas proporcionan indicaciones clave del rendimiento de un Operador, y el buen rendimiento de un Operador es necesario para un buen rendimiento de la planta. Por lo tanto, los KPIs que aportan datos del funcionamiento de los Sistemas de Alarmas, son herramientas adecuadas para conocer qué áreas tienen problemas potenciales.

Los análisis realizados en el apartado sobre la “Eficiencia del Sistema de Alarmas” hacen referencia a un único Sistema de Alarmas, pero sería más útil comparar varios sistemas entre sí. Abstrayendo algunas medidas pueden realizarse comparaciones sobre los resultados de varios análisis. Por ejemplo, los datos de



medida de los tiempos de inundación para cada estación pueden clasificarse en una escala del 1 al 5. Los ratios promedio diarios, y los porcentajes de alarmas parlantes y de alarmas molestas podrían clasificarse del mismo modo. De este modo, se pueden exponer y comparar los resultados de varias instalaciones, identificando de alguna forma los datos más destacados. Así el promedio sobre un determinado punto de cierta unidad de producción, puede ser identificado como de Alto Nivel, al establecer comparaciones con puntos semejantes de otras unidades.

La carga del Operador también es a menudo un indicador deseado. Como medida es altamente compleja y depende bastante de la dificultad del proceso, del Sistema de Control, del grado de automatización, de lo que abarque el Operador, y de otros factores varios. Sin embargo, hay una forma relativamente sencilla de valorarla, y que puede ser útil a este efecto: Midiendo en intervalos de diez minutos las alarmas, junto con las correspondientes acciones del Operador, y combinándolas.

10.4. Auditorias del Sistema de Alarmas.

Se recomienda realizar anualmente auditorias de los trabajos de Gestión de Alarmas en su conjunto. Los requisitos expresados en este documento serían los puntos de partida para dichas comprobaciones. Lo normal es que como mínimo se examinen los siguientes elementos:

- Documentación de las alarmas.
- Base de Datos Maestra.
- Modificaciones inadecuadas de las alarmas y cumplimiento de la Gestión del Cambio.
- Revisión de incidentes y comportamiento del Sistema de Alarmas en estos casos.
- Registros de formación y de pruebas realizadas sobre el Sistema de Alarmas.
- Encuestas de opinión a Operadores.

11. APÉNDICES DE LA FILOSOFÍA DE ALARMAS.

A. Definiciones.

A&E Server: Alarm and Event Custom Interface Standard.

AMTF: Alarm Management Task Force.

API: American Petroleum Institute.

ASM: Abnormal Situation Management Consortium.

BDM: Base de Datos Maestra.

BOP: Balance of Plant.

BQ: Bad Quality.

CCM: Centro de Control de Motores.

CI: Contra Incendios.

CTCC: Central Térmica de Ciclo Combinado.

DCS: Distributed Control System.

D&C: Documentación y Control.

EEMUA: Engineering Equipment and Materials Users' Association.

ESD: Emergency Shutdown / Sistema de Parada de Emergencia.

FdA: Filosofía de Alarmas.

GdA: Gestión de Alarmas.

GdC: Gestión del Cambio.

GdT: Grupo de Trabajo.

GE: General Electric.

HMI: Human Machine Interface.

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning.

IEC: International Electrotechnical Commission.

ISA: International Society of Automation.

KPI: Key Performance Indicators.

MOC: Management of Change / Gestión del Cambio.

NAMUR: International User Association of Automation Technology in Process Industries.

NIST: National Institute of Standards and Technology.

OPC: Object Linking and Embedding for Process Control.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

OT: Orden de Trabajo.



P1: Prioridad 1.

P2: Prioridad 2.

P3: Prioridad 3.

P4: Prioridad 4.

PID: Proporcional, Integral, Derivativo.

PDH: Plant Data Highway.

SdA: Sistema de Alarmas.

SdC: Sistemas de Control.

SIL: Safety Integrity Levels / Niveles Integrales de Seguridad.

SIS: Sistemas instrumentados de Seguridad.

SOT: Solicitud de Orden de Trabajo.

UDH: Unit Data Highway.

B. Método de Donald Campbell Brown para determinar el nivel de rendimiento del sistema.

Este método para determinar el rendimiento fue ideado por Donald Campbell Brown, del BP Upstream Technology Group, y propone una escala de cinco niveles en la que el nivel de rendimiento asignado al sistema estará determinado por medidas objetivas y subjetivas, es decir, no solo por los análisis numéricos.

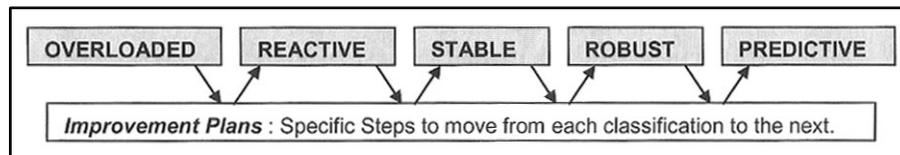


Fig. Niveles de rendimiento del Sistema de Alarmas.

B.A. Niveles de la escala para definir el grado de rendimiento del sistema.

B.A.A. Sistema Sobrecargado.

El Sistema de Alarmas frecuentemente resulta de poca o ninguna ayuda al Operador, cuando no es directamente una molestia. Este nivel de rendimiento se caracteriza por:

- La frecuencia de alarmas es continuamente alta.
- Rápido deterioro del rendimiento durante perturbaciones del proceso.
- Difícil de usar en operación normal y prácticamente ignorado durante las perturbaciones del proceso.
- Poca confianza de los Operadores en el sistema, por lo que es ignorado largos periodos.
- Es difícil discriminar las alarmas importantes de las que no lo son.
- El Sistema de Alarmas avisa con poca o ninguna anticipación del problema.
- Los Operadores suprimen aquellas alarmas que les resultan molestas, y con frecuencia quedan olvidadas. El sistema de documentación y control de la supresión de alarmas no es fiable.



B.A.B. Sistema Reactivo.

Aporta alguna mejora en comparación con el Sobrecargado, pero los picos de carga durante las perturbaciones son ingobernables. Además sigue representando una distracción para el Operador la mayor parte del tiempo. Se caracteriza por:

- Es más estable y útil en operación normal, pero prácticamente inútil durante las perturbaciones.
- El Operador reacciona más al ritmo de generación de alarmas que a la particularidad de las mismas.
- Aunque la priorización no es del todo fiable, permite que los Operadores se orienten.
- Las alarmas aportan cierta anticipación a las perturbaciones.
- Algunas alarmas con poco sentido o de poco valor continúan engrosando el nivel de ruido total del sistema.
- Los procedimientos de supresión de alarmas y de GdC existen pero todavía no siguen un control sistemático.

B.A.C. Sistema Estable.

El sistema está bien definido para la operación normal, pero pierde utilidad durante las perturbaciones. Comparado con el Reactivo, hay mejoras en el promedio de alarmas anunciadas y en los ratios de picos de alarmas. Se caracteriza por:

- Se han resuelto y se tienen bajo control sistemático los malos actores.
- Persisten los problemas con el ratio de inundaciones.
- El sistema resulta fiable en operación normal, pero sigue perdiendo eficiencia durante las perturbaciones.
- Proporciona anticipación ante las perturbaciones inminentes.
- Los Operadores consideran fiable la priorización de las alarmas y reaccionan en consecuencia.
- Todas las alarmas tienen sentido y una respuesta definida.
- Los procedimientos de supresión de alarmas y GdC están totalmente controlados.

B.A.D. Sistema Robusto.

El promedio de alarmas anunciadas y los ratios de picos de alarmas están bajo control para los escenarios que previsiblemente puedan darse durante la operación de la planta. Se usan técnicas dinámicas

y basadas en el estado para mejorar el rendimiento del sistema en tiempo real. Este nivel de rendimiento del sistema se caracteriza por:

- El SdA es fiable en todos los modos de operación, tanto en operación normal como durante las perturbaciones.
- Los Operadores tienen un alto grado de confianza en el sistema, y disponen de tiempo para detectar y comprender todas las alarmas.
- La configuración del sistema no permite hacer cambios de un modofurtivo.

B.A.E. Sistema Predictivo.

Se consiguen los objetivos marcados para el promedio de alarmas anunciadas y los ratios de picos de alarmas. El sistema ha entendido las aspiraciones de las directrices contenidas en la ISA 18.2 (“Management of Alarm Systems for the Process Industries”) y en la EEMUA 191 (“Alarm Systems - A Guide to Design, Management and Procurement”). Este nivel de comportamiento se caracteriza por:

- El sistema es estable en cualquier circunstancia y proporciona al Operador la información correcta en el momento adecuado, evitando o reduciendo el efecto de las perturbaciones que pudieran producirse.
- Las alarmas advierten de posibles situaciones adversas bastante antes de que ocurran mediante el uso de sofisticados análisis y algoritmos.
- El sistema dispone de mecanismos automáticos que aseguran que las alarmas importantes no pasarán inadvertidas.

Los Sistemas de Alarmas Predictivos no son todavía una realidad tecnológica disponible. Estos dependen de ciertas capacidades de control avanzadas, como son el control predictivo multivariable o los sistemas modelados, que resultan complejos y caros.

Muchas compañías están trabajando para obtener un nivel de eficiencia Robusto, el cual es razonablemente alcanzable con la tecnología existente a un coste aceptable. Sin embargo, en caso de tener varios sistemas Sobrecargados o Reactivos lo aconsejable es llevarlos lo antes posible a Estable, en lugar de emplear tiempo y recursos en elevar otros sistemas de Estable a Robusto. Alcanzar este nivel de rendimiento requerirá adoptar e implementar planes específicos de mejora. Esto incluye varias de las secciones y estrategias identificadas en la Filosofía de Alarmas como: el análisis de rendimiento, la resolución de “malos actores”, la Documentación y Racionalización, implantar el sistema de Gestión del Cambio para controlar las modificaciones, el aparcado de alarmas, etc.



B.B. Planes específicos para la mejora del rendimiento del Sistema de Alarmas.

B.B.A. De Sobrecargado a Reactivo.

- Desarrollar la Filosofía de Alarmas:

Esto es esencial para poder mejorar el sistema existente. El documento contendrá las reglas para la creación, priorización, respuesta y modificación de las alarmas. Establecerá los indicadores del rendimiento (KPIs), los informes periódicos sobre el rendimiento del sistema, y los roles y responsabilidades del personal relacionado.

- Gestión del Cambio (Management of Change):

Se han de implementar las prácticas de GdC sobre la modificación de alarmas. La supresión de alarmas y los cambios de prioridad y/o atributos, deben controlarse y autorizarse para asegurar la integridad total del SdA. Las modificaciones se han de comunicar con claridad a todo el personal afectado.

- Resolver las alarmas molestas y con mal comportamiento (malos actores):

Identificar y corregir las alarmas molestas del sistema, p.e.: frecuentes, rancias, duplicadas, etc. Con un esfuerzo coordinado muchas de estas alarmas pueden solucionarse inmediatamente, dando algún alivio a los Operadores.

- Análisis de alarmas:

El análisis de alarmas se usa para detectar problemas en alarmas individuales, tipos de alarmas y secciones del proceso; servirá pues para dirigir la definición y priorización de las acciones correctivas.

- Revisión del HMI:

Revisión de la presentación de las alarmas en pantalla. Asegurar la implementación de las buenas prácticas para HMIs en el SdA.

B.B.B. De Reactivo a Estable.

- Documentación y Racionalización (D&R):

Se trata de una revisión disciplinada de las alarmas en lo referido a su objetivo operacional, la respuesta esperada y su conformidad con los estándares de diseño de alarmas. Durante la D&R los setpoints y las prioridades se determinan usando un razonamiento consistente para cada estado de operación definido, de acuerdo con la Filosofía de Alarmas.

- Analizar y publicar los resultados del análisis del rendimiento:

Los resultados se han de utilizar para realizar acciones de mejora.

- Aparcado de alarmas:

El aparcado de alarmas permite al Operador “liberarse” temporalmente de una o varias alarmas. Una vez aparcadas han de ser revisadas periódicamente y presentadas al Operador para que las confirme o las vuelva a habilitar. Todas las alarmas se han de habilitar a menos que formen parte de una estrategia de aparcado definida, implementada y controlada.

El aparcado es una práctica a corto plazo para tratar los fallos de instrumentación, no un lugar donde dejar las alarmas problemáticas.

- Agrupación de alarmas:

Las alarmas se deben poder agrupar por equipos, sistemas, etc., de forma que puedan tratarse como un conjunto o asociarse a una única alarma común, evitando la aparición simultánea de múltiples alarmas.

- Base de Datos Maestra:

Esta base de datos se crea durante la etapa de D&R. Contiene los ajustes, prioridades, causas, consecuencias y acciones correctivas, asociadas a cada alarma.

- Vigilancia de los ajustes de las alarmas:

Se debe implementar un sistema de vigilancia automático que asegure que la configuración de las alarmas se mantiene conforme a lo establecido en la BDM.

B.B.C. De Estable a Robusto.

- Implementar la gestión de alarmas por estado:



Se puede reducir el número de alarmas basándose en el estado de operación de la planta, mediante la modificación de algunos de los parámetros dinámicos de la alarma. La prioridad de las alarmas, los setpoints y la supresión están ajustados para asegurar que se mostraran las alarmas apropiadas en todas las condiciones del proceso.

- Implementar la supresión de inundaciones de alarmas:

Esta tarea consiste en configurar determinados grupos de alarmas de modo que sean suprimidos cuando el sistema detecta determinadas condiciones predeterminadas. Por ejemplo, si un compresor dispara, muchas de las alarmas de diagnóstico resultantes asociadas a ese equipo deben ser inhibidas, de forma que el Operador pueda concentrarse en minimizar la perturbación provocada por la falta del compresor.

- Acceso online a los procedimientos de respuesta:

Los Operadores han de tener acceso online, con derecho de lectura, a la BDM, de forma que tengan disponibles los datos de ajuste de las alarmas y los procedimientos de respuesta. Es incluso mejor linkar la información de la alarma directamente a las Estaciones de Trabajo de los Operadores.

- Análisis online del rendimiento de los lazos de control:

Evaluación continua de la efectividad de los lazos de control de regulación que se oponen a las perturbaciones, y generación automática de informes sobre sus problemas, que permitan a los Dptos. de Operación y de Mantenimiento iniciar las acciones correctivas de puesta a punto y/o regulación de equipos oportunas.

B.B.D. De Robusto a Predictivo:

La tecnología necesaria para alcanzar el rendimiento correspondiente al nivel Predictivo es todavía experimental y vanguardista. Se presenta aquí con objeto de que se conozca qué es lo que se ha de esperar en el futuro y los tipos de tecnología que se requerirán.

- Detección temprana de fallos:

Se trata de anticipar la detección de desviaciones de la operación normal en procesos o equipos, mediante el seguimiento de un conjunto de variables. Las

desviaciones se pueden detectar incluso cuando todas las variables del proceso están individualmente dentro de sus límites de operación y alarma.

▪ Detección temprana de fallos y asesoramiento:

El Operador es asesorado anticipadamente con acciones específicas para evitar que una determinada perturbación llegue a desencadenar algún suceso negativo.

▪ Automatización procedimental:

Se busca conseguir la automatización de estándares y de procedimientos operacionales de emergencia asociados a las transiciones normales de planta (p.e.: arranques, paradas, cambios de carga, etc.), y a las acciones correctivas críticas para las perturbaciones recurrentes.

La automatización procedimental permite tanto el seguimiento y ejecución de secuencias online por pasos, como con la colaboración entre Operadores de campo y de Sala de Control.

▪ Sistemas de apoyo al Operador:

El uso extensivo de sistemas de apoyo al Operador comprende la búsqueda de patrones, interfaces de alto rendimiento, gráficos adaptativos, inteligencia artificial y tecnologías similares.



C. Ejemplos de buenas prácticas para la determinación de alarmas.

C.A. Ejemplo 1: Sistemas con bombas redundantes.

Un caso común de definición errónea de alarmas es indicar el estado de cierto grupo de bombas, señalando si están en servicio o en respaldo:

- Bomba A y Bomba B paradas.
- Bomba A en marcha y Bomba B parada.
- Bomba A parada y Bomba B en marcha.
- Bomba A y Bomba B en marcha.
- Bomba A y Bomba B en marcha durante más de 1 minuto.

Con frecuencia se crean alarmas sobre los estados de marcha o paro de una u otra bomba, aun cuando dichos estados son perfectamente normales y no requieren acciones del Operador. Este tipo de alertas o avisos son los que realmente devalúan el SdA. Además, como se ha dicho anteriormente este tipo de situaciones deberían clasificarse en la categoría de eventos, y por lo tanto quedar excluidas del filtro del Sistema de Alarmas.

Una alarma definida correctamente debería estar basada en una condición anormal, por ejemplo: cuando cierta bomba está parada y no debería estarlo. Implementar esta alarma puede ser algo más complicado, pero las capacidades lógicas del DCS permitirán realizarla sin demasiadas dificultades; por ejemplo, comparando el número de bombas cuya marcha es demandada por el control y el de las que realmente se encuentran en servicio. Una alarma basada en esta comparación sí indicará una situación anormal que requiere una acción del Operador. De esta forma, solo surgirán alarmas en caso de que se den fallos de este tipo, por ejemplo para la Bomba A:

- Fallo de arranque Bomba A.
- Disparo Bomba A.

C.B. Ejemplo 2: Operación de válvulas.

Imagínese que la señal de Alta Presión en un depósito se usa como enclavamiento para el cierre de tres válvulas. Como la posición normal de estas válvulas es abierta, frecuentemente se configuran alarmas sobre los finales de carrera de cerrado, además de sobre la señal de enclavamiento, de tal manera que cuando se produce la Alta Presión se generan cuatro alarmas:

- Enclavamiento por Alta Presión en el depósito.
- Válvula 1 cerrada.

- Válvula 2 cerrada.
- Válvula 3 cerrada.

Esta forma de crear alarmas no es correcta, ya que las válvulas ejecutan la acción que han de realizar cuando se presenta la señal de enclavamiento, que es cerrar. Por lo tanto, lo correcto sería que las alarmas se crearan sobre la señal de enclavamiento y sobre el fallo al cierre de las válvulas, es decir, cuando debiendo estar cerradas no lo estuviesen. De esta forma, si el enclavamiento apareciese se generaría solo la alarma de enclavamiento, y eventualmente las de aquellas válvulas que hubiesen fallado al cerrar. Por ejemplo, si se diese el este caso en la Válvula 2 aparecerían las siguientes alarmas:

- Enclavamiento por Alta Presión en el depósito.
- Fallo cierre Válvula 2.

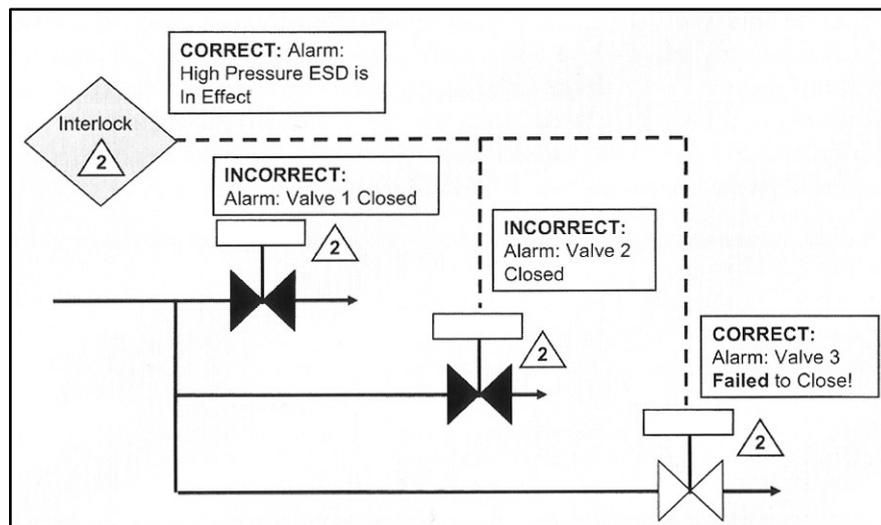


Fig. Ejemplo de alarmas bien programadas y mal programadas para un interlock de un grupo válvulas.

C.C. Ejemplo 3: Progreso de secuencias.

Otra práctica bastante común es la de informar al Operador mediante alarmas del progreso de cierto programa de arranque o de parada en curso.

- Secuencia de paro iniciada.
- Turbina de Gas bajando carga.
- Etc.

Estas informaciones deben resolverse de otra forma (gráficos, sinópticos, etc.), dejando para el SdA solo la indicación de problemas, defectos o anomalías, por ejemplo:



- Fallo al cierre de las Válvulas de Aislamiento AP, MP y BP. Paso no completado.



D. Criterios para la Documentación de las alarmas y ejemplos.

D.A. Criterios para cumplimentar los campos de la Documentación.

Apartados necesarios para la Documentación de cada alarma, y algunos criterios a seguir a la hora de cumplimentarlos:

1. Nombre de la señal.

2. Descripción de la alarma en inglés.

Breve descripción de la alarma, puede modificarse si es necesario para hacerla más comprensible o descriptiva.

3. Descripción de la alarma en castellano.

Breve descripción de la alarma, puede modificarse si es necesario para hacerla más comprensible o descriptiva.

4. Equipo (Device).

Deben aparecer reflejados todos los instrumentos que participen en la lógica de generación de la alarma.

Si el origen es un instrumento de campo se pondrá el KKS, y/o el Tag device de GE en el caso de los instrumentos de los sistemas de turbina de gas y de turbina de vapor.

Si la señal viene de un proceso lógico, pero tiene su origen en instrumentos de campo se debe poner el KKS y/o el Tag device de los mismos.

En caso de que la señal no tenga su origen en un instrumento físico, este campo se dejará en blanco.

5. Prioridad de la alarma.

Se registrará la prioridad de la alarma.

Cualquier modificación de ésta se tendrá que registrar, indicando cual era el nivel antes del cambio y la causa por la que se ha modificado.

6. Lógica.



Tras el análisis de la lógica en el ToolboxST se describirá, de la manera más detallada posible, la causa o causas que provocan la alarma, así como sus consecuencias y cómo interviene en el control.

Para que la interpretación sea lo más clara posible, y dado que es un campo de texto sin límite de caracteres, no se emplearán abreviaturas, salvo las específicas de la tecnología (HRSG, LCI, BOP, etc.), ni se prescindirá de artículos y/o preposiciones.

Cuando la señal de alarma no tenga causas que la originen, bien porque la señal de origen no esté cableada o porque no tenga lógica asociada, se especificará “Alarma no configurada” y el motivo.

7. Shutdown / Trip.

Se indicará claramente si provoca un shutdown o un trip de la turbina.

8. Temporización.

Se indicará en segundos el tiempo de retardo que tiene la alarma desde el cumplimiento de las causas que la originan hasta su aparición. Ej.: Si el retardo es de 40 ms se escribirá: 0,04.

9. Valor de ajuste de la alarma (Set).

Se indicará, si aplica, el valor de tarado de la alarma.

Se debe indicar un valor numérico acompañado de su correspondiente unidad (bar, °C, psi, etc.). Si la unidad representada en la pantalla del Cimplicity es diferente a la que aparece en el ToolboxST, se indicarán ambas de la siguiente manera: 25 psi (1,72 bar).

NOTA: es importante tener en cuenta que las diferencias de temperatura en °F no se pueden convertir directamente a °C.

Si la alarma se genera por una señal digital este campo se dejará en blanco, no se pondrá “1” o “verdadero”.

Si la señal de activación tiene histéresis, el valor de reset debe ser el nivel de set +/- (según la comparación) la histéresis.

10. Valor de reset de la alarma.

Se indicará el valor que debe alcanzar el punto que provoca la alarma para que esta se normalice.

Se debe indicar un valor numérico acompañado de su correspondiente unidad (bar, ° C, psi, etc.). Si la unidad representada en la pantalla del Cimplicity es diferente a la que aparece en el ToolboxST, se indicarán ambas de la siguiente manera: 25 psi (1,72 bar).

Si la alarma se genera por una señal digital, este campo se dejará en blanco, no se pondrá "0" o "falso".

Si el set y el reset coinciden se pondrá el mismo valor en ambos campos.

Si la señal de activación tiene histéresis, el valor de reset debe ser el nivel de set +/- (según la comparación) la histéresis.

Si es necesario hacer un reset manual de la alarma, como en el caso de ciertas válvulas, o un Master Reset, se indicará en el apartado "Lógica", no en este.

11. Tiempo Máximo de Respuesta.

Se indicará el Tiempo Máximo de Respuesta a la alarma; en segundos si se dispone de menos de un minuto, y en minutos si se dispone de más tiempo.

12. Procedimientos de respuesta del Operador y acciones correctivas.

Se especificarán las acciones que se deben llevar a cabo desde Sala de Control o desde campo para controlar o corregir la situación, y se enumerarán por orden de prioridad.

Las acciones de mayor prioridad pueden ser del tipo: supervisar la parada segura de la planta, manipular alguna válvula en campo, hacer el seguimiento de la evolución de algún parámetro del proceso, etc.

Y las de menor prioridad, que son las que han de tomarse a medio o largo plazo para corregir posibles fallos, podrían ser: generar una SOT, controlar la evolución de alguna señal, resetear un equipo, etc.

Si la alarma no está configurada se pondrá "NC".

13. Consecuencias potenciales si el Operador no responde a la alarma: seguridad, medio ambiente y económicas



14. Causas posibles.

Se indicarán las situaciones hipotéticas más probables que puedan provocar la aparición de la alarma y serán la base para la investigación de la causa real. No es necesario repetir todas las causas posibles que pueden generar la alarma, solo indicar cual se considera que debe ser el comienzo de la investigación del fallo.

No procede escribir "NA", y si la alarma no está configurada se indicará "NC".

15. Comentarios.

Si se considera que la alarma se ha de modificar, se debe describir con el mayor detalle posible las razones que llevan a tal consideración, y cuál es la modificación que se propone.

Se puede poner cualquier tipo de modificación que se crea necesaria: variaciones en la lógica, reconfiguración del tipo de alarma, modificación del texto anunciado, cambios gráficos en el DCS, implementar una nueva alarma, etc.

16. Registro de las modificaciones aprobadas e implementadas.

17. Persona que documenta la alarma.

18. Fecha de la última actualización.

V. EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALARMAS DE LA PLANTA EN BASE AL ANÁLISIS DE SUS KPIs.

Como se explica en el apartado 4 de la Filosofía de Alarmas: “Eficiencia del Sistema de Alarmas”, para planificar el proceso de mejora y conocer el estado y evolución del sistema, es necesario tomar un registro inicial de su comportamiento, e ir realizando un seguimiento del mismo.

En este ejemplo, se va a realizar el registro inicial de un sistema en el que no lleva a cabo ningún tipo de gestión del mismo para mejorarlo o mantenerlo. El análisis se hará a partir de los KPIs que permite calcular el software del fabricante: el Alarm Viewer. No son todos los que requiere la ISA 18.2, puesto que no permite comprobar si hay diferencias entre el sistema y la BDM, pero será más que suficiente para hacerse una idea de su estado.

Para calcular los KPIs, habrá que filtrar solo aquellas alarmas que sean de interés para el análisis:

- No se tomarán menos de 8 semanas seguidas de datos para realizar el registro inicial.
- El objetivo es operar solo con los tres primeros niveles de alarma, 1, 2 y 3, ya que el nivel 4 es para aquellas alarmas que no requieren una pronta acción del Operador para solucionarlas. Esto quiere decir que para el cálculo de los KPIs, solo se tendrán en cuenta los niveles 1, 2 y 3.

A este respecto, es importante matizar que con el sistema actual, donde hay 7 niveles de alarma, y no se ha realizado el proceso de D&R, sería impensable operar únicamente con los tres primeros niveles, ya que no se tiene la certeza de que alguna alarma importante haya quedado configurada con un nivel de prioridad inferior. Por lo que el cálculo de los Indicadores de la Eficiencia iniciales, se debería hacer con los 7 niveles de prioridad.

Aun así, a nivel ilustrativo será suficiente con filtrar solo las alarmas de P1, P2 y P3 para el cálculo.

- Los valores de referencia para el análisis de los indicadores se tomarán de la tabla resumen del apartado 4 de la Filosofía:

Indicadores de la Eficiencia del Sistema de Alarmas (Basados en una recolección de datos de al menos 8 semanas)		
Indicador	Objetivo	
	Objetivo final	Máximo manejable
Alarmas anunciadas por día	≈< 150 alarmas/día	≈ 300 alarmas/día



Alarmas anunciadas por hora	≈ 6 (media)	≈ 12 (media)
Alarmas anunciadas cada 10 minutos	≈ 1 (media)	≈ 2 (media)
Indicador		Objetivo
Porcentaje de horas con más de 30 alarmas		≈< 1 %
Máximo número de alarmas anunciadas cada 10 minutos		≤ 10 alarmas/10 minutos
Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas		≈< 1 %
Periodos de 10 minutos en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)		0 inundaciones/día
Porcentaje de tiempo en que el sistema está en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)		≈< 1 %
Porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total		≈< 1 % a un máximo de 5 % (Con plan de acción para corregirlas)
Alarmas parlantes o fugaces (≥ 3 alarmas/minuto)		0 (Con plan de acción para corregir aquellas que aparezcan)
Alarmas rancias (Activas durante más de 24 horas)		< 5 alarmas/día (Con plan de acción para corregirlas)
Distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas		P1: ≈ 5 % / P2: ≈ 15 % / P3: ≈ 80 %
Alarmas suprimidas		0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio
Modificaciones no autorizadas de los atributos de las alarmas (setpoint, prioridad, banda muerta, etc.)		0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio

A partir de estas premisas se configurará la herramienta “Alarm Reports” del Alarm Viewer, para realizar el análisis del estado del SdA.

Fig. Alarm Reports configurado para realizar el análisis del sistema.

Los parámetros de configuración que se han usado son los siguientes:

- Rango de tiempo del análisis: Dos meses, del 2014-06-01 al 2014-08-01.
- Máximo número de alarmas por día: 150.
- Máximo número de alarmas por hora: 30.
- Máximo número de alarmas cada 10 minutos: 5.
- Intervalo de tiempo de las inundaciones: 10 minutos.
- Cantidad de alarmas con las que empieza la inundación: 10.
- Cantidad de alarmas con las que finaliza la inundación: 5.
- Alarmas más frecuentes que se van a mostrar: 10.
- Intervalo de tiempo de las alarmas frecuentes: 1 minuto.
- Número de apariciones para que se considere frecuente: 3
- Prioridad de las alarmas: ≤ 3 .

Ya con el filtro configurado, el siguiente paso será algo tan sencillo como clicar en el icono “Create Report” para ver los resultados.

V.I. Registro inicial de los Indicadores de la Eficiencia del Sistema de Alarmas.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los KPIs objeto del análisis, y al final se compararán con los objetivos establecidos en la Filosofía.

V.I.I. Tabla de resultados del Alarm Reports.

La siguiente tabla generada por el Alarm Viewer presenta directamente los resultados de los KPIs propuestos por la ISA 18.2:



Description	Actual Value	Target Value [Process Alarms Only - ISA 18.2]
Annunciated Alarms Per Day	3412	~ 150 to 300 Alarms Per Day
Annunciated Alarms Per Hour	144	Average 6 to 12 Alarms
Annunciated Alarms Per 10 Minutes	29	Average 1 to 2 Alarms
Percentage of Hours Greater Than 30 Alarms	43.30	~ < 1%
Percentage of 10 Minute Periods Greater Than 10 Alarms	43.92	~ < 1%
Maximum Number of Alarms in a 10 Minute Period	2015	<= 10
Percentage of Time in a Flood Condition	36.84	~ < 1%
Top 10 Percentage to overall Alarm Load	80.43	< 1% to 5% Maximum
Chattering/Fleeting Alarm Quantity	765	0
Stale Alarm Quantity	1179	< 5 Per Day
Annunciated Priority 1 Alarms	39.65	< 1%
Annunciated Priority 2 Alarms	43.44	~5%
Annunciated Priority 3 Alarms	16.91	~15%
Annunciated Priority 4 Alarms	0.00	~80%
Annunciated Priority 5 Alarms	0.00	Not Defined
Annunciated Priorities above 5	0.00	Not Defined

Fig. Tabla resumen del análisis de los KPIs del SdA generada por el Alarm Viewer.

El único valor de los análisis según la ISA 18.2 que no se ajusta al análisis que se ha programado, es el de “Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 10 alarmas”. En la FdA, éste se restringió a “Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas”. Más adelante, en el apartado correspondiente a este análisis, se verá cual ha sido el resultado para 5 alarmas en lugar de 10.

V.I.II. Alarmas anunciadas por día.

En el siguiente gráfico se ve como todos los días se rebasa ampliamente el nivel de las 150 alarmas por día, e incluso el de las 300 que se ha dispuesto como máximo manejable.

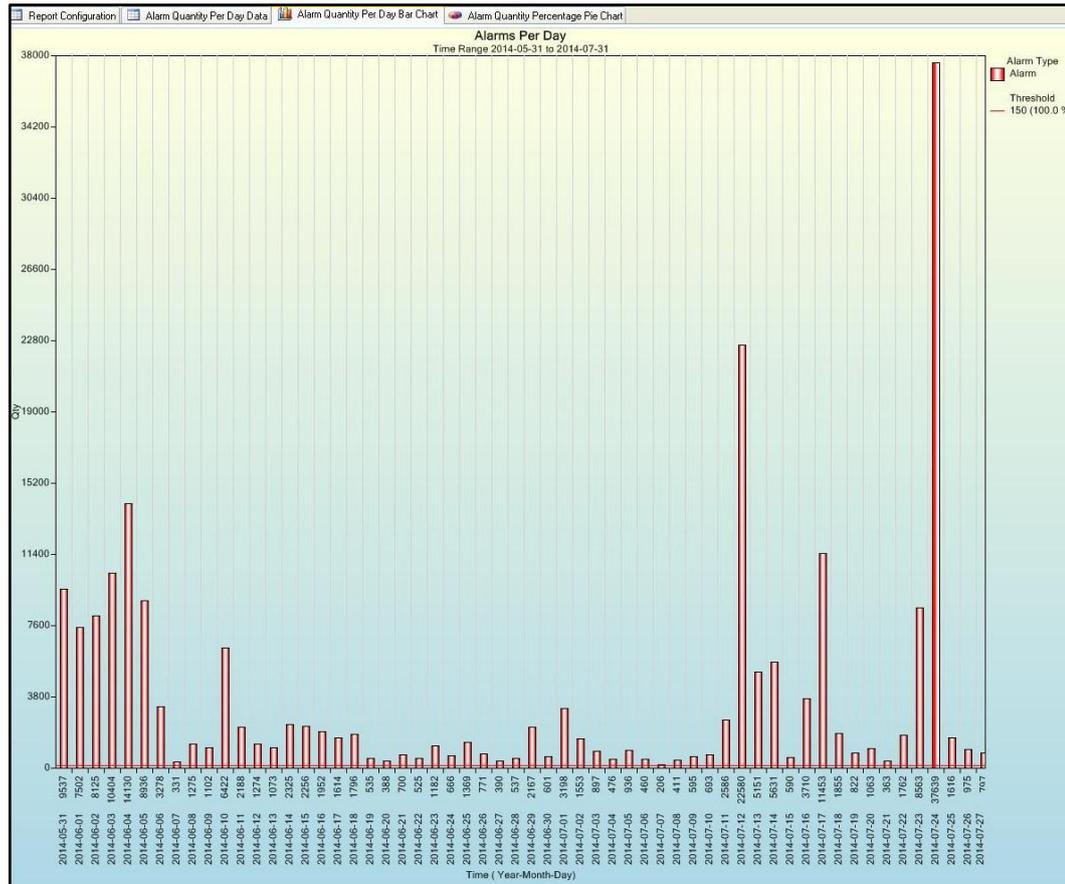


Fig. Representación en un gráfico de barras de las alarmas por día del sistema.

Para el intervalo representado, el mínimo fueron 331 alarmas.

Durante los dos meses no hubo ningún día en que el SdA estuviese dentro de los límites, esto no es raro teniendo en cuenta que el sistema no ha sido racionalizado.

V.I.III. Alarmas anunciadas por hora.

En el caso de las alarmas por hora, los porcentajes mejoran con respecto a las alarmas por día, sin embargo el sistema sigue estando muy por encima del valor fijado en la FdA.

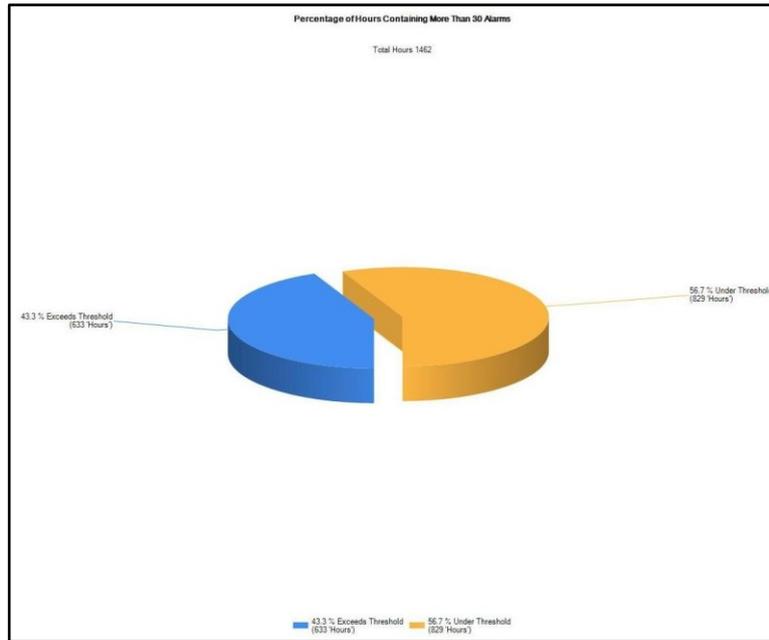


Fig. Porcentaje del tiempo que el sistema pasa de las 30 alarmas por hora.

El 43,3 % del tiempo se anunciaron más de 30 alarmas por hora, valor que era de esperar tras ver el número de alarmas por día.

V.I.IV. Alarmas anunciadas cada 10 minutos.

Para el análisis del “porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas”, el resultado continúa siendo un valor que está muy por encima del objetivo: 43,9 %.

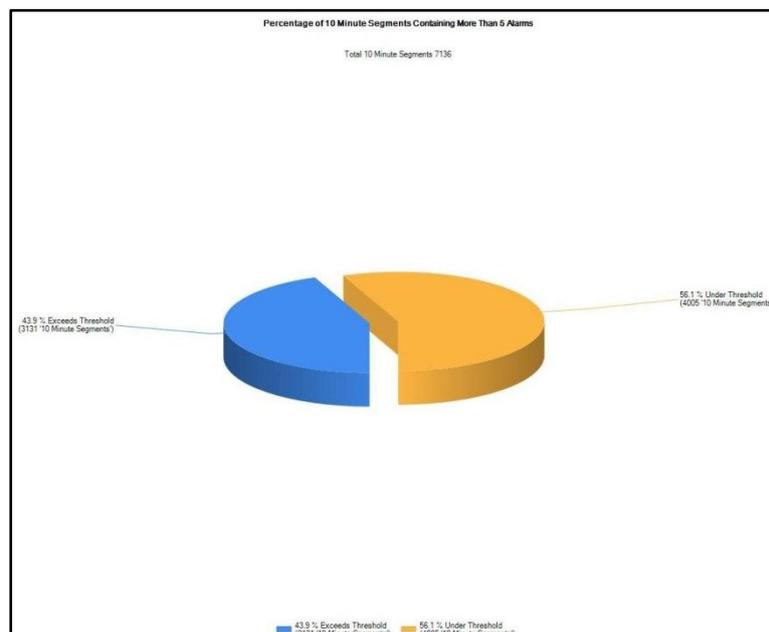


Fig. Gráfico del porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas.

V.I.V. Porcentaje del tiempo en que el sistema está en inundación.

Description	Actual Value	Target Value (Process Alarms Only - ISA 18.2)
Annunciated Alarms Per Day	3412	~ 150 to 300 Alarms Per Day
Annunciated Alarms Per Hour	144	Average 6 to 12 Alarms
Annunciated Alarms Per 10 Minutes	29	Average 1 to 2 Alarms
Percentage of Hours Greater Than 30 Alarms	43.30	~ < 1%
Percentage of 10 Minute Periods Greater Than 10 Alarms	43.92	~ < 1%
Maximum Number of Alarms in a 10 Minute Period	2015	<= 10
Percentage of Time in a Flood Condition	36.84	~ < 1%
Top 10 Percentage to overall Alarm Load	80.43	< 1% to 5% Maximum
Chattering/Fleeting Alarm Quantity	765	0
Stale Alarm Quantity	1179	< 5 Per Day
Annunciated Priority 1 Alarms	39.65	< 1%
Annunciated Priority 2 Alarms	43.44	~5%
Annunciated Priority 3 Alarms	16.91	~15%
Annunciated Priority 4 Alarms	0.00	~80%
Annunciated Priority 5 Alarms	0.00	Not Defined
Annunciated Priorities above 5	0.00	Not Defined

Fig. El sistema está un 36,84 % del tiempo en inundación, mientras que el máximo está fijado en un 1 %.

V.I.VI. Porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total del Sistema de Alarmas.

Start Time	End Time	Variable Name	Variable Alias Name	Description	Second Language Description	Alarm State
2014-07-16 13.08.16	2014-07-25 20.39.57	G1.ATVS_ALM	G1.ATVS_ALM	Gas Compartment High Temperature Alarm	Alta temperatura en compartimento Gas	Alarmed
2014-06-01 00.00.06	2014-07-09 12.51.38	G1.L64D_ALM	G1.L64D_ALM	BATTERY 125VDC GROUND	BATERIA 125VDC CONTACTO A TIERRA	Alarmed
2014-06-02 10.02.19	2014-07-24 03.08.59	G1.L45LEL_PRET	G1.L45LEL_PRET	HAZ GAS SYSTEM START INHIBIT	ARRANQ SIST GAS PELIG INHIBIDO	Alarmed
2014-06-03 16.07.27	2014-07-20 21.20.38	BOPC.00EKC08CF001XJ10	BOPC.00EKC08CF001XJ10	BAJO CAUDAL DESCARGA BOMBA AGUA 2 ERM	BAJO CAUDAL DESCARGA BOMBA AGUA 2 ERM	Alarmed
2014-06-19 22.06.44	2014-07-27 06.57.49	G1.LUJEL_ACTV	G1.LUJEL_ACTV	EX2K UNDEREXCITATION LIMITER IS ACTIVE	EX2K BAJA EXCITACION LIMITADOR ACTIVO	Alarmed
2014-07-30 22.13.33	2014-08-01 00.59.14	H1.11QCB10CL002YA04	H1.11QCB10CL002YA04	AMMONIA TK LVL LOW	NIV TANQ NH3 DOSIF BAJ	Alarmed
2014-06-01 09.33.47	2014-07-09 12.43.24	H1.00QLB10AA301.CONGR_A	H1.00QLB10AA301.CONGR_A	AUX BOILERS INTERCDNEXION MOV CONGRUENCY	MOV CONGRUENCIA	Alarmed
2014-06-06 23.45.20	2014-06-19 09.39.11	G2.ATTC2DIF_ALM	G2.ATTC2DIF_ALM	TURB COMPT EXHAUST #2 TC DIFF TEMP HIGH	TEMP DIF TERMOPAR ESCAPE #2 COMPT TURB ALTA	Alarmed
2014-06-04 21.04.06	2014-07-31 20.34.59	G1.L63FVAT_ALM	G1.L63FVAT_ALM	LIQ FUEL SKID PRESS LOW w/ FAN RUNNING	BAJA PRESION COMBUSTIBLE LIQ CON ABANICO OPERANDO	Alarmed
2014-06-06 07.02.52	2014-06-18 06.19.14	S2.LL0TOR	S2.LL0TOR	LUBE OIL TEMPERATURE OUT OF RANGE	TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE FUERA DE RANGO	Alarmed

Fig. Tabla de las 10 alarmas más frecuentes para el rango de tiempo del análisis.

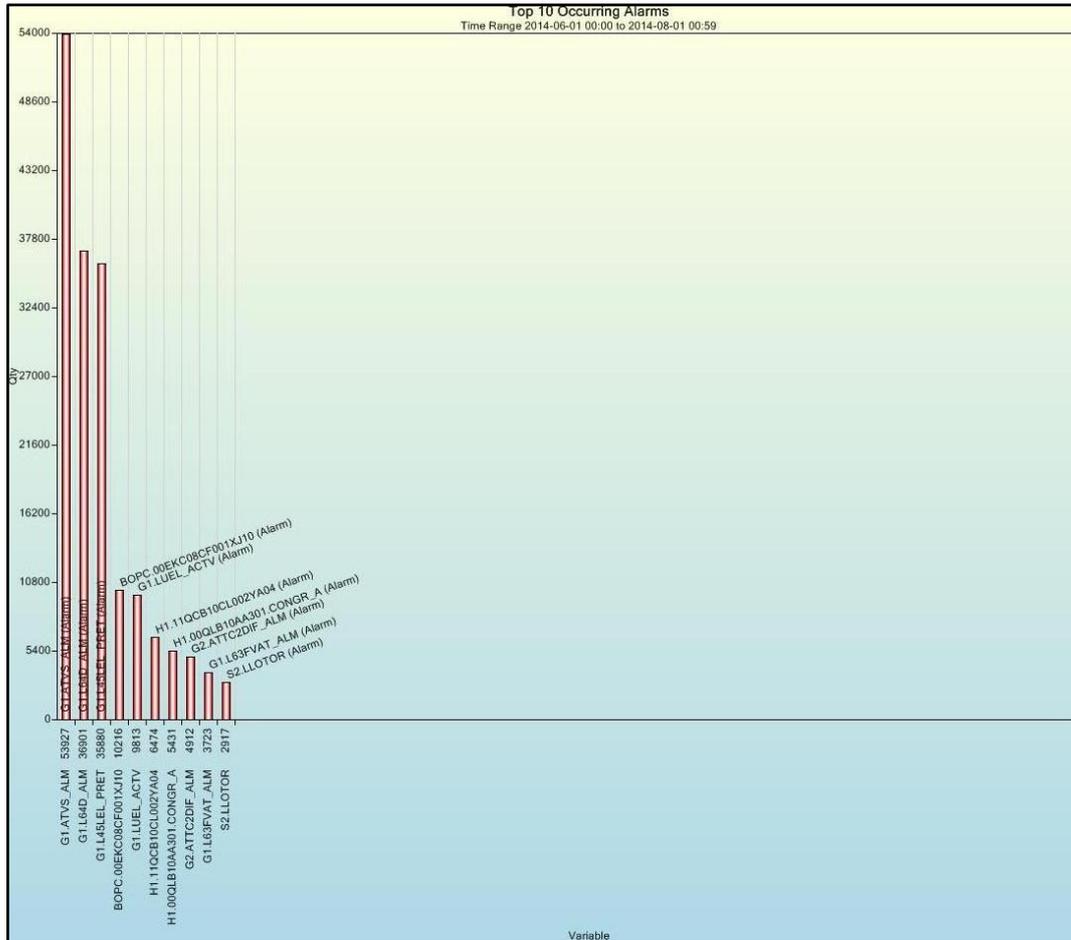


Fig. Gráfico de barras con las 10 alarmas más frecuentes, y el número de veces que han aparecido.

Parece increíble que la alarma de “Alta temperatura en compartimento Gas” haya aparecido casi 54000 veces en tan solo 2 meses. Y que las dos siguientes en el ranking, estén rondando las 35000 apariciones cada una. Esto ratifica lo que se había explicado en la FdA, y que podía parecer algo inverosímil: que un grupo muy pequeño de alarmas genere la mayor parte de la carga del sistema.

La siguiente gráfica representa la carga del sistema que suponen estas 10 alarmas, un 80,43 % del total.

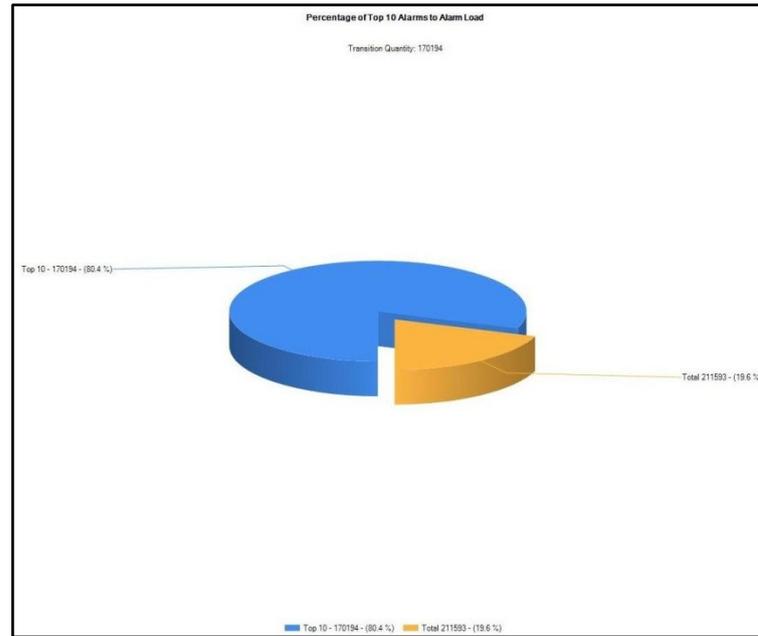


Fig. Gráfica que representa el porcentaje de la carga total del sistema que suponen las 10 alarmas más frecuentes.

Tal y como se explica en la FdA, solucionar estas 10 alarmas frecuentes, y otras que puedan aparecer, proporcionará una importante mejora del sistema en comparación con el esfuerzo realizado, y hará rápidamente palpables para el personal los resultados del proceso de mejora del SdA.

V.I.VII. Alarmas parlantes o fugaces.



Variable Name	Variable Alias Name	Description	Second Language Description	State	Alarm Priority
G2.L27DZ_ALM	G2.L27DZ_ALM	DC POWER SUPPLY UNDERVOLTAGE	DC FUENTE DE POTENCIA BAJO VOLTAJE	Alarmed	1
G1.L96FGLL_ALM	G1.L96FGLL_ALM	GAS FUEL SUPPLY PRESSURE BELOW LOW LIMIT		Alarmed	1
G2.ATTCDIF_ALM	G2.ATTCDIF_ALM	TURB COMPT EXHAUST #2 TC DIFF TEMP HIGH	TEMP DIF TERMOPAR ESCAPE #2 COMPT TURB ALTA	Alarmed	1
G2.L64D_ALM	G2.L64D_ALM	BATTERY 125VDC GROUND	BATERIA 125VDC CONTACTO A TIERRA	Alarmed	1
G1.GFILHTRWUF_A	G1.GFILHTRWUF_A	GAS FUEL HEATER WARM UP FAILURE		Alarmed	3
G2.LATTCDFIF_A	G2.LATTCDFIF_A	TURB COMPT AIR TEMP DISAGREE	TEMPERATURA AIRE COMPT TURB NO CONCUERDA	Alarmed	2
G1.L45LEL_PRET	G1.L45LEL_PRET	HAZ GAS SYSTEM START INHIBIT	ARRANQ SIST GAS PELIG INHIBIDO	Alarmed	1
G1.GFTLFGHD_A	G1.GFTLFGHD_A	GAS FUEL HEATER NOT TRACKING SP		Alarmed	3
S2.LL0TOR	S2.LL0TOR	LUBE OIL TEMPERATURE OUT OF RANGE	TEMPERATURA DEL ACEITE LUBRICANTE FUERA DE RANGO	Alarmed	2
G1.LUEL_ACTV	G1.LUEL_ACTV	EX2K UNDEREXCITATION LIMITER IS ACTIVE	EX2K BAJA EXCITACION LIMITADOR ACTIVO	Alarmed	2
BOPC.000C_22AP001.TRIPPED	BOPC.000C_22AP001.TRIPPED	POTABLE WATER HYPOCHL DOSING PMP2 TRIPPED	BBA 2 HIPOCLO AGUA POTAB DISPARADO	Alarmed	2
S1.L30TTRHBUI	S1.L30TTRHBUI	UPPER REHEAT BOWL TC PROBLEM	CAMARA DE RECALENTAMIENTO SUPERIOR PROBLEMA TC	Alarmed	3
H2.21HNE10CQ001XZ11_H	H2.21HNE10CQ001XZ11_H	NOx EMISSIONS HIGH	EMISIONES NOX ALTAS	Alarmed	2
S2.LL0TOR_TG	S2.LL0TOR_TG	LUBE OIL TEMP OUT OF RANGE FOR TG	TEMP DEL ACEITE LUBRICANTE FUERA DEL RANGO PARA TG	Alarmed	2
G2.LUEL_ACTV	G2.LUEL_ACTV	EX2K UNDEREXCITATION LIMITER IS ACTIVE	EX2K BAJA EXCITACION LIMITADOR ACTIVO	Alarmed	2
BOP1.11BAT10GH005XS01	BOP1.11BAT10GH005XS01	GSUT DLTC OIL MONIT OIL TEMP HIGH	MONIT AC CAMB GSUT TEMP ACEITE ALTO	Alarmed	3
G2.L30CTIF_ALM	G2.L30CTIF_ALM	COMPRESSOR INLET TC DIFF FAULT	DIFER TERMOPAR ENT COMPRES FALLA	Alarmed	2
H1.11HAD20CL001YA04	H1.11HAD20CL001YA04	LP DRUM LEVEL LOW	NIVEL CALDERIN BP BAJ	Alarmed	3
S1.LL0TOR_TG	S1.LL0TOR_TG	LUBE OIL TEMP OUT OF RANGE FOR TG	TEMP DEL ACEITE LUBRICANTE FUERA DEL RANGO PARA TG	Alarmed	2
H1.11MAW01AC001.AVAIL_A	H1.11MAW01AC001.AVAIL_A	AUX STM ELEC SUPER HTR NOT AVAILABLE		Alarmed	3
G2.GFTLFGHD_A	G2.GFTLFGHD_A	GAS FUEL HEATER NOT TRACKING SP		Alarmed	3
H1.11PGB30CP003YA03	H1.11PGB30CP003YA03	CCCW PMPS DISC HEADER PRESS HI	PRES DESC BRCCS ALT	Alarmed	3
H1.11LCE60AA201YA80	H1.11LCE60AA201YA80	CR SPRY WTR ADV N OPEN	VA AG ROC TAD AUTO NO CERRADO	Alarmed	3
G1.L33DT_ALM	G1.L33DT_ALM	TURBINE COMPARTMENT DOOR OPEN	PUERTA ABIERTA COMPARTIMIENTO TURBINA	Alarmed	1
H2.21HAH70CL001_HH	H2.21HAH70CL001_HH	HP SH DRAIN-1 LEVEL HI HI		Alarmed	3
H1.11MAN30AA201_TRPVLV	H1.11MAN30AA201_TRPVLV	HP BYPASS PCV TRIP CONDITION		Alarmed	1
BOPC.00EKC08AP001YA43	BOPC.00EKC08AP001YA43	FUEL GAS RMS CIRC PMP2 FAIL	BBA CIRC 2 ERM GN FALLO	Alarmed	3
G1.L64D_ALM	G1.L64D_ALM	BATTERY 125VDC GROUND	BATERIA 125VDC CONTACTO A TIERRA	Alarmed	1
BOPC.00EKC08AP001YA43	BOPC.00EKC08AP001YA43	FUEL GAS RMS CIRC PMP1 FAIL	BBA CIRC 1 ERM GN FALLO	Alarmed	3
BOPC.00GN_10GH001_FL_CL_A	BOPC.00GN_10GH001_FL_CL_A	EFFLUENTS TREATMENT PLANT FAIL TO CLOSE	FALLO EN CIERRE	Alarmed	3
S1.L30SSV1A	S1.L30SSV1A	MSV #1 BEFORE SEAT DRN VLV MOV POSITIONING PRB	MSV N# 1 ANTES DE AJUSTAR LA VALVULA DE DRENAJE MOV SITUAR SONDÁ	Alarmed	3
H2.21QCB30EA002YA53	H2.21QCB30EA002YA53	AMMONIA TO CONDENSATE PUMP SELECTOR DISCRP	SELECTOR BBAS DOSIF AMON A COND DISCREP	Alarmed	3
H2.21MAW01AC001.AVAIL_A	H2.21MAW01AC001.AVAIL_A	AUX STM ELEC SUPER HTR NOT AVAILABLE		Alarmed	3
BOP2.21PAE10EA001YA85	BOP2.21PAE10EA001YA85	WET MODE REQUIRED	WET MODE REQUIRED	Alarmed	3
S1.f5e_dcs	S1.f5e_dcs	EMERGENCY TRIP FROM BOP DCS	CONEXION DE EMERGENCIA DESDE BOP DCS	Alarmed	1
S2.L26G6DA	S2.L26G6DA	BEARING #6 OIL DRAIN TEMPERATURE HIGH	TEMPERATURA DEL DRENAJE DEL ACEITE DEL COJINETE N# 6 ALTA	Alarmed	2
BOP1.11BTM11GH001YA19	BOP1.11BTM11GH001YA19	11BTM11 BAT CHARGER PROT RELAY ANDMALY	CARGADOR 11BTM11 RELE PROTEC ANOMALIA	Alarmed	3
S1.L30SSHA	S1.L30SSHA	STEAM SEAL PRESSURE HIGH	ALTA PRESION DE LA JUNTA DE VAPOR	Alarmed	2

Fig. Listado de las alarmas parlantes.

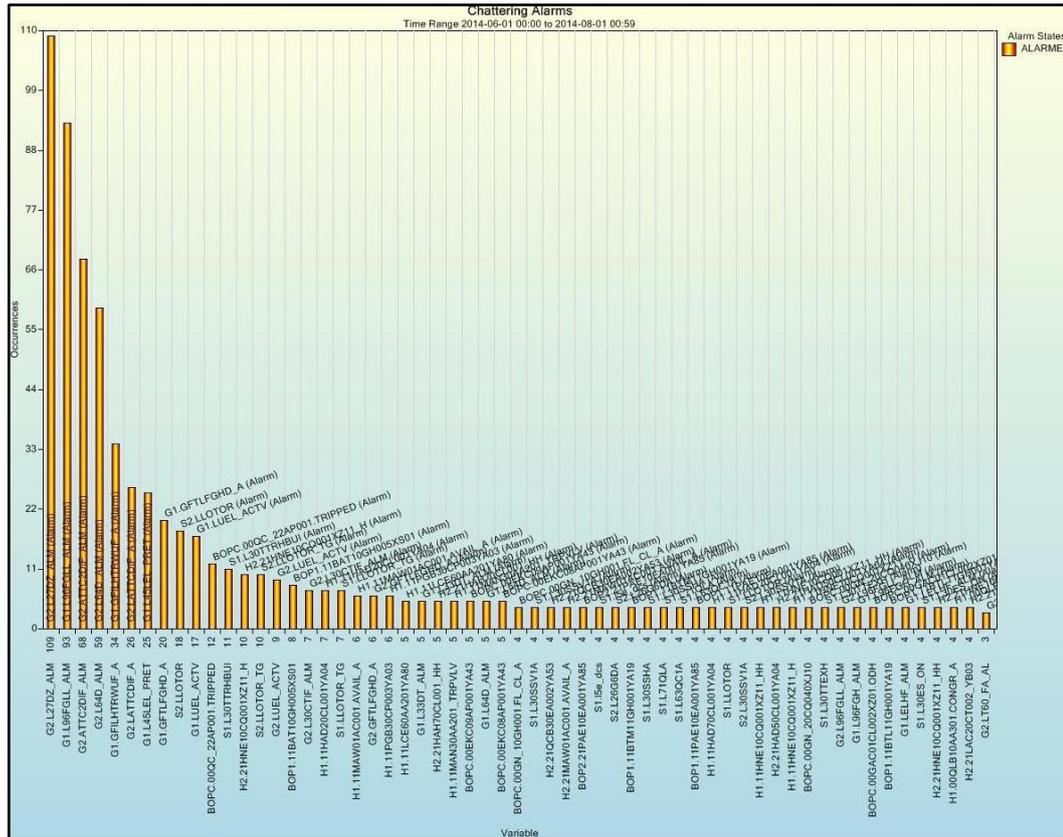


Fig. Gráfico que representa las alarmas parlantes ordenadas según el número de apariciones.

El número de alarmas parlantes también está por encima del objetivo fijado, 0. Además, de las 38 primeras alarmas parlantes, las de la tabla anterior, hay 5 que están en la lista de las 10 frecuentes:

- BATTERY 125VDC GROUND.
- HAZ GAS SYSTEM START INHIBIT.
- EX2K UNDEREXCITATION LIMITER IS ACTIVE.
- TURB COMPT EXHAUST #2 TC DIFF TEMP HIGH.
- LUBE OIL TEMPERATURE OUT OF RANGE.

Como se explica en la FdA, es lógico que haya está relación entre las alarmas frecuentes y las parlantes/fugaces, ya que ambas clasificaciones representan alarmas que aparecen con frecuencias elevadas.

V.I.VIII. Alarmas rancias.

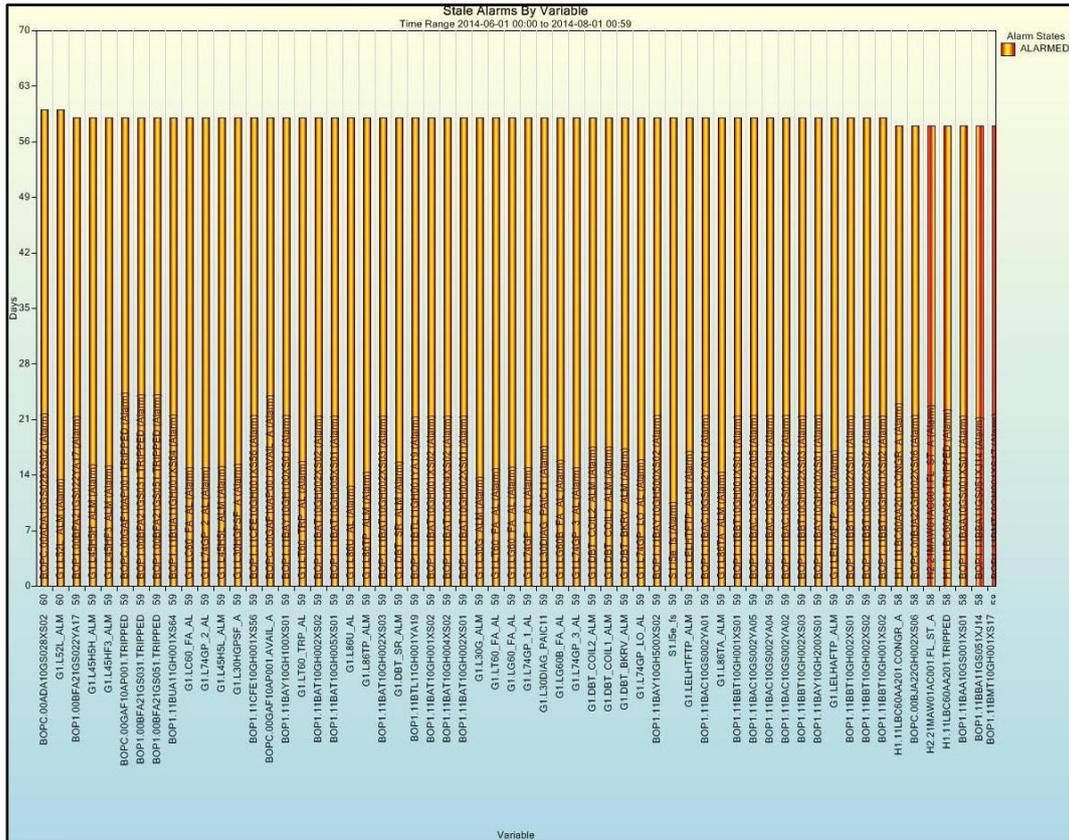


Fig. Alarmas rancias durante el periodo de estudio.

En la gráfica anterior se aprecia que el número de alarmas rancias del sistema está en sintonía con los malos resultados de los análisis anteriores, es muy alto. Y no solo eso, sino que sus tiempos de permanencia son significativos, habiendo estado activas muchas de ellas casi todo el periodo en estudio (60 días, 59, 58, etc.).

Estas alarmas se tendrán que revisar para solucionar la causa que hace que queden activas de forma permanente, ya que representan una parte importante de la carga del alarmero.

V.I.X. Prioridad de las alarmas anunciadas.

Report Configuration		Alarm Metrics Report	
Description	Actual Value	Target Value (Process Alarms Only - ISA 18.2)	
Annunciated Alarms Per Day	3412	~ 150 to 300 Alarms Per Day	
Annunciated Alarms Per Hour	144	Average 6 to 12 Alarms	
Annunciated Alarms Per 10 Minutes	29	Average 1 to 2 Alarms	
Percentage of Hours Greater Than 30 Alarms	43.30	~ < 1%	
Percentage of 10 Minute Periods Greater Than 10 Alarms	43.92	~ < 1%	
Maximum Number of Alarms in a 10 Minute Period	2015	<= 10	
Percentage of Time in a Flood Condition	36.84	~ < 1%	
Top 10 Percentage to overall Alarm Load	80.43	< 1% to 5% Maximum	
Chattering/Fleeting Alarm Quantity	765	0	
Stale Alarm Quantity	1179	< 5 Per Day	
Annunciated Priority 1 Alarms	39.65	< 1%	
Annunciated Priority 2 Alarms	43.44	~5%	
Annunciated Priority 3 Alarms	16.91	~15%	
Annunciated Priority 4 Alarms	0.00	~80%	
Annunciated Priority 5 Alarms	0.00	Not Defined	
Annunciated Priorities above 5	0.00	Not Defined	

Fig. Porcentaje de alarmas anunciadas según su prioridad.

Aunque se dijo que los valores de referencia para este análisis no eran a veces representativos, ya que a la práctica podían diferir bastante y aun así ser correctos, los resultados obtenidos no tienen mucho sentido. Esto es porque el porcentaje de alarmas de P3 es bajísimo en comparación con las de P2, y lo peor es que también es bastante más bajo que las de P1. Esto puede tener dos causas:

- Que las alarmas están mal priorizadas.
- Que hay bastantes alarmas de P1 que están mal configuradas o tienen algún problema, y aparecen con demasiada frecuencia. Necesitan ser corregidas.

Ambas situaciones se pueden deber a la falta de Racionalización.

V.I.X. Alarmas suprimidas.

En este punto el valor es 0 alarmas suprimidas. Esto es así porque el personal, por desconocimiento, porque no se ha hecho nunca, o porque inconscientemente es conocedor de la peligrosidad de suprimir una alarma, no usa esta opción.

Con la implementación del sistema de Gestión de Alarmas, el aparcado será una opción más para el manejo de éstas, por lo que los trabajadores habrán de aprender a usarla. Será pues muy importante instruirlos en los procedimientos de aparcado para que no hagan un mal uso de esta utilidad, y llevar un control de las alarmas que se aparquen.



V.I.XI. Modificaciones no autorizadas de los atributos de las alarmas.

En principio el número de cambios no autorizados de las alarmas es 0, puesto que ya se lleva un control mediante un registro de señales forzadas, y otro de las modificaciones de la lógica. Sin embargo, no se realiza ningún tipo de vigilancia programada o procedimentada, como podría ser el uso de un software de verificación y restitución que garantice que no se ha alterado nada.

V.I.XII. Tabla resumen con los resultados de la medida inicial del estado del Sistema de Alarmas.

La tabla recoge los resultados de los análisis de los KPIs del sistema, junto con los valores que se han fijado como objetivo y máximos. Estas medidas serán el registro inicial del estado del SdA, a partir de las cuales se empezarán a emprender las acciones oportunas para mejorar su eficiencia.

Es prácticamente la misma tabla que proporciona el Alarm Reports, exceptuando el “Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas”.

Indicadores de la Eficiencia del Sistema de Alarmas (Basados en una recolección de datos de al menos 8 semanas)			
Indicador	Objetivo		Análisis del Sistema de Alarmas
	Objetivo final	Máximo manejable	Medida inicial
Alarmas anunciadas por día	≈< 150 alarmas/día	≈ 300 alarmas/día	3412
Alarmas anunciadas por hora	≈ 6 (media)	≈ 12 (media)	144
Alarmas anunciadas cada 10 minutos	≈ 1 (media)	≈ 2 (media)	29
Indicador	Objetivo		Medida inicial
Porcentaje de horas con más de 30 alarmas	≈< 1 %		43,3 %
Máximo número de alarmas anunciadas cada 10 minutos	≤ 10 alarmas/10 minutos		2015
Porcentaje de periodos de 10 minutos con más de 5 alarmas	≈< 1 %		43,9 %
Periodos de 10 minutos en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)	0 inundaciones/día		43,92
Porcentaje de tiempo en que el sistema está en inundación (> 10 alarmas/10 minutos)	≈< 1 %		36,84 %

Porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total	≈< 1 % a un máximo de 5 % (Con plan de acción para corregirlas)	80,43 %
Alarmas parlantes o fugaces (≥ 3 alarmas/minuto)	0 (Con plan de acción para corregir aquellas que aparezcan)	765
Alarmas rancias (Activas durante más de 24 horas)	< 5 alarmas/día (Con plan de acción para corregirlas)	1179
Distribución de la prioridad de las alarmas anunciadas	P1: ≈ 5 % / P2: ≈ 15 % / P3: ≈ 80 %	P1: 39,65 % P2: 43,44 % P3: 16,91 %
Alarmas suprimidas	0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio	0
Modificaciones no autorizadas de los atributos de las alarmas (setpoint, prioridad, banda muerta, etc.)	0 alarmas fuera del procedimiento de Gestión del Cambio	0

V.II. Observaciones a raíz del análisis.

A la vista de los resultados queda patente que en su estado actual del SdA es poco o nada eficiente, pudiendo clasificarlo como Reactivo en la escala Donald Campbell.

Mejorar su efectividad requerirá obviamente de una Racionalización, para asegurar que todas las alarmas cumplen con los mismos criterios de diseño establecidos en la Filosofía. A día de hoy, al ser una planta construida por una UTE, donde muchos de los equipos provienen de distintos fabricantes, los cuales han implementado las alarmas que han considerado necesarias bajo los criterios que han creído correctos, es un hecho que habrá cierta disparidad en los niveles de prioridad adjudicados, los tipos de alarmas empleados, las situaciones que se consideran una alarma, etc.

Por otra parte, ciertas alarmas puede que estén configuradas correctamente, con el nivel de prioridad adecuado, etcétera etcétera, y sin embargo estar apareciendo en los listados de alarmas frecuentes o rancias, porque precisan de algún tipo de corrección o mantenimiento a nivel técnico (instrumento, cableado, etc.), o de programación de la lógica. Un ejemplo de esto son las alarmas que dependen de los estados de operación de la planta.

Como se indica en la FdA, sería conveniente empezar la Racionalización por las alarmas de peor comportamiento que se vayan identificando en los análisis. Esto hará que la mejora del sistema sea más evidente desde el principio del proceso, ya que se conseguirá un notable progreso del SdA para un nivel de esfuerzo proporcionalmente bajo.

Y ya para finalizar, no bastará con realizar e implementar la D&R de las alarmas del sistema para su optimización. Eso es solo una parte del proceso, que habrá de ir acompañada de otra serie de actuaciones o



requisitos, de lo contrario no se conseguirá llevar el SdA al nivel de eficiencia deseado y mantenerlo ahí.

Algunas de estas actuaciones son:

- Formar al personal para que sepa que se está haciendo y porque, de manera que termine siendo participe del proceso.
- Redactar, modificar, adaptar y/o implementar los documentos y procedimientos que va a requerir el proceso de mejora y de mantenimiento del SdA: Gestión del Cambio, manejo de alarmas, propuestas de modificación, formaciones, etc.
- Estudiar a fondo las características y posibilidades del software de planta, por si fuese necesario adquirir algún otro programa con más capacidad para cumplir con los requerimientos de la FdA.

En definitiva, este análisis ha expuesto la baja eficiencia del SdA, y la necesidad de implantar un Sistema de Gestión para mejorarla y mantenerla. Un proceso de mejora como el expuesto en la Filosofía permitiría alcanzar este objetivo, pero se ha de tener claro que es un proceso largo y costoso, y que requerirá de un mantenimiento continuo.

VI. CONCLUSIONES.

De este trabajo se extraen dos conclusiones principales, la primera, que el proceso de mejora propuesto por Hollifield y Habibi, basado en la ISA 18.2, es un trabajo largo y tedioso que requiere de unos recursos considerables, incluso si se decide realizarlo por partes para reducir costes. Es importante pues, que una vez se tome la decisión de implementarlo y se pongan los medios, todo el personal que vaya a participar de él tenga claro desde el principio lo que va a suponer esta empresa. Independientemente de que sean expertos en su campo, tendrán que leer la Filosofía de Alarmas que se ha redactado para conocer los objetivos que se buscan, y cuáles son los pasos a seguir para alcanzarlos y mantenerse. Además, así entenderán el porqué de la naturaleza metódica del trabajo que van a realizar durante los meses dure el proceso.

La segunda conclusión hace referencia al análisis de la eficiencia del sistema que se ha realizado. Éste ha permitido corroborar lo que se ha explicado durante la FdA, que un Sistema de Alarmas que ni se diseñó, ni se está gestionando de acuerdo a los estándares y/o principios de buenas prácticas que se han redactado a nivel internacional sobre la materia, presenta una serie de problemas muy característicos, que pueden acarrear graves consecuencias a nivel humano, medio ambiental y económico.

Además, el análisis ha confirmado que los valores de los KPIs de otras plantas que se han dado como ejemplo en la FdA, a pesar de que podían parecer exagerados, realmente se dan. Los resultados obtenidos para las alarmas por día (3412), o el porcentaje de las 10 alarmas más frecuentes sobre la carga total del sistema (80,43 %) son muestra de ello.

Por otro lado, las consecuencias de los problemas del SdA expuestos en la FdA son bien conocidas por los Operadores, sin embargo el hecho de haberlas sufrido desde la puesta en marcha de la planta ha hecho que en algunos casos hayan llegado a ser consideradas como algo normal. Este enfoque viciado que ha adquirido el personal se ha de corregir mediante la formación y la puesta en marcha del proceso de mejora, de manera que los cambios sean palpables para ellos y pasen a implicarse en él como parte activa.

Algunas de estas consecuencias son:

- En Operación estable el exceso de alarmas puede suponer que los Operadores no hagan caso del alarmero, ya que aunque la máquina funciona adecuadamente, no paran de anunciarse alarmas. Evidentemente, es cuestión de tiempo que aparezca una alarma que realmente precisa de la acción del Operador para evitar alguna consecuencia negativa, y pase desapercibida por éste.



- Durante perturbaciones o transitorios, el exceso de alarmas también puede llevar a que algunas alarmas pasen desapercibidas.
- Las descripciones de las alarmas no son claras y los Operadores no saben cómo actuar, o requieren de un tiempo importante de estudio de la lógica para su comprensión.
- Algunas alarmas no tienen asignada la prioridad adecuada.
- El hecho de que no se filtren los eventos y las alarmas de diagnóstico supone engrosar aún más la cantidad de alarmas anunciadas.
- La falta de procedimientos para el forzado de señales, o la mala aplicación de estos por escasa formación sobre los mismos puede dar lugar a situaciones comprometidas.

Actualmente el problema de la gestión de los SdA, como consecuencia de importantes accidentes industriales en el pasado, ha sido estudiado en profundidad por diferentes organizaciones internacionales, y fruto de ello se han redactado diferentes guías y normas para darle solución. Así que a día de hoy, cualquier accidente sobrevenido por este motivo dañará gravemente la imagen de la empresa implicada, dando muestras de desidia en sus políticas en materia de seguridad, y de negligencia por parte de sus responsables. Y esto es algo que cualquier empresa importante que quiera competir por contratos o concesiones a nivel nacional o internacional no se puede permitir. Esto sin tener en cuenta los costes económicos que puede implicar un accidente en una planta eléctrica de estas características.

Por todo esto se hace necesario considerar seriamente la inversión que supone implementar un proceso de mejora del Sistema de Alarmas como el expuesto en este documento, en aquellas plantas industriales que presenten este tipo de deficiencias.



BIBLIOGRAFÍA.

Libros:

- HOLLIFIELD, Bill R. & HABIBI, Eddie. 2010. The Alarm Management Handbook. Segunda edición. PAS: Houston. ISBN: 978-0-9778969-2-9.

Otras referencias:

- The International Society of Automation. ANSI/ISA-18.2-2009 Management of Alarm Systems for the Process Industries.
- GE Energy. WorkstationsST* Alarm Viewer. Instruction Guide. Revisión: 25-04-2011.
- GE Energy. Mark* Vle Control, Volume I. System Guide. Revisión: 05-08-2011.

Páginas web:

- General Electric: www.ge.com
Consultada: julio 2014
- PAS: www.pas.com
Consultada: enero 2014
- The International Society of Automation: www.isa.org
Consultada: enero 2014 - agosto 2014
- Wikipedia: www.wikipedia.org
Consultada: diciembre 2013 - enero 2014



ANEXOS.

i. Definiciones.

A&E Server: Alarm and Event Custom Interface Standard.

AMTF: Alarm Management Task Force.

API: American Petroleum Institute.

ASM: Abnormal Situation Management Consortium.

BDM: Base de Datos Maestra.

BOP: Balance of Plant.

BQ: Bad Quality.

CCM: Centro de Control de Motores.

CI: Contra Incendios.

CTCC: Central Térmica de Ciclo Combinado.

DCS: Distributed Control System.

D&C: Documentación y Control.

EEMUA: Engineering Equipment and Materials Users' Association.

ESD: Emergency Shutdown / Sistema de Parada de Emergencia.

FdA: Filosofía de Alarmas.

GdA: Gestión de Alarmas.

GdC: Gestión del Cambio.

GdT: Grupo de Trabajo.

GE: General Electric.

HMI: Human Machine Interface.

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning.

IEC: International Electrotechnical Commission.

ISA: International Society of Automation.

KPI: Key Performance Indicators.

MOC: Management of Change / Gestión del Cambio.

NAMUR: International User Association of Automation Technology in Process Industries.

NIST: National Institute of Standards and Technology.

OPC: Object Linking and Embedding for Process Control.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

OT: Orden de Trabajo.



P1: Prioridad 1.

P2: Prioridad 2.

P3: Prioridad 3.

P4: Prioridad 4.

PID: Proporcional, Integral, Derivativo.

PDH: Plant Data Highway.

SdA: Sistema de Alarmas.

SdC: Sistemas de Control.

SIL: Safety Integrity Levels / Niveles Integrales de Seguridad.

SIS: Sistemas instrumentados de Seguridad.

SOT: Solicitud de Orden de Trabajo.

UDH: Unit Data Highway.

UTE: Unión Temporal de Empresas.



**Otra imperfección del carácter humano es que todos quieren construir,
pero nadie quiere mantener.**