

APPROACHES AND DIRECTIVES FOR THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF FAULT DETECTION AND DIAGNOSIS SYSTEMS**CRITERIOS Y LINEAMIENTOS INTRODUCTORIOS PARA EL DESARROLLO Y APLICACIÓN DE SISTEMAS DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS****MSc. Sandra Aranguren Zambrano, PhD. Rocco Tarantino Alvarado**

Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicada (IIDTA)
Universidad de Pamplona,
Ciudadela Universitaria. Pamplona, Norte de Santander, Colombia.
Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303 Ext. 156
E-mail: {saranguren, roccot}@unipamplona.edu.co

Abstract: The decision of using the fault detection and diagnosis systems (FDDS) in the industry is based in the necessity of implanting a maintenance system that allows with security and effectiveness to improve permanently the results of the maintenance management. The Fault Detection and Diagnosis Systems are integral part of the automation systems in production units, reason that becomes necessary approaches criteria as limits for the design and installation of these systems. In this article, are defined some approaches and limits in order to design and installation of the Fault Detection and Diagnosis Systems (FDDS) in industrial processes. These approaches are based mainly on requirements of basic and detail engineering, and are applied to security and distributed control systems in industrial processes, being the focus of specific interest the combined Transmitter / Sensor.

Resumen: La decisión de utilizar los sistemas de detección y diagnóstico de fallas (SDDF) en la industria, esta basada en parte a la necesidad de implantar un sistema de mantenimiento que permita con seguridad y eficacia mejorar permanentemente los resultados de la gestión. Los Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas son parte integral de los sistemas de automatización en unidades de producción, razón por la cual se hace necesario establecer criterios que sirvan de lineamientos para el diseño e implantación de estos sistemas. En este artículo se definen algunos criterios y lineamientos a seguir en el diseño e implantación de los Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF) en procesos industriales. Estos criterios se basan principalmente en requerimientos de ingeniería básica y de detalle para dicha implantación, y están aplicados a sistemas de seguridad y sistemas de control distribuido en procesos industriales, siendo el foco de interés específico el conjunto Transmisor/Sensor.

Keywords: Design Criteria, Engineering norm, Fault Detection, Automation Systems, Industrial Processes.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de automatización industrial utilizados hoy día en la industria, son cada vez más complejos, así como, las exigencias internacionales de los múltiples parámetros de calidad, de los cientos de productos finales, también han incrementado. Esta situación conlleva a utilizar sistemas de mantenimientos cada vez más sofisticados que puedan ser aplicados, y que permitan disponer de información útil del estado dinámico de la confiabilidad de los equipos y sistemas, facilitando con ello la toma de decisión asociada a mejorar los niveles de productividad con la mejor relación costo-beneficio-efectividad.

Entre las mejoras inmediatas se encuentran:

- Maximización de la vida útil de los equipos.
- Eficiencia en el momento de las intervenciones de los equipos, por efecto de aplicación de mantenimiento preventivo basado en tiempo.
- Confiabilidad de los equipos.
- Seguridad de las personas.
- Protección medio-ambiente.
- Mejor gestión en el uso de repuesto
- Minimización de costos.

El uso de los SDDF, soporta las mejoras arriba mencionadas, porque permite detectar la presencia de fallas a niveles incipientes, en los sistemas bajo estudio. Estos sistemas están compuestos principalmente de un sistema de monitoreo que incluye la adquisición de data y por algoritmos matemáticos computarizados, que a partir de la data monitoreada son capaces de detectar la presencia de fallas incipientes.

La implantación de estos sistemas abarca un conjunto de criterios y lineamientos que permiten establecer los requerimientos de diseño de los mismos.

En este artículo primeramente se definirán los requerimientos de entrada, funcionales y de integridad, los requerimientos de diseño conceptual y de detalle para la implantación de los Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas y finalmente se describirá el modelo de flujo de datos de los SDDF. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [10]

Los criterios desarrollados en este artículo no consideran:

- Entonación de los algoritmos de detección y diagnóstico de fallas.
- Señales falsas.

- Malas operaciones del SDDF.
- Problemas con no linealidades, ruido, incertidumbre, retardo, dinámica del proceso, que afecten la detección y el diagnóstico de las fallas.
- Cálculo de las características dinámicas de los procesos de refinación a los cuales se le van a implantar SDDF
- Procedimientos de los operadores frente a la detección y diagnóstico de fallas.
- Sistemas tolerantes a fallas.
- Sistema de monitoreo, control y supervisión.
- Plataforma de computación y comunicación de los SDDF.
- Detección y diagnóstico de Fallas humanas.
- Detección y diagnóstico de fallas en las variables de estado del proceso.

2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

A. Confiabilidad: es la probabilidad que tiene un sistema de cumplir con su función de diseño durante un período especificado de tiempo (también se define como la probabilidad de cero fallas en un sistema). La Confiabilidad está expresada de la siguiente manera (caso particular de Poisson):

$$R = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Donde:

λ : es una constante que $\in [0, +\infty)$, y se define como la tasa de fallas del sistema.

$$\lambda = \frac{1}{\text{TPPF}} \quad (2)$$

TPPF: es el tiempo promedio para fallar y está dado como

$$\text{TPPF} = \frac{\sum_{i=1}^N \text{TPF}_i}{N} \quad (3)$$

Donde,

TPF: es el tiempo para fallar o tiempo en servicio del sistema

N: es el número de fallas del sistema

t: es el tiempo total del sistema.

B. Criticidad: característica (cálculo numérico determinístico) de un equipo que representa el impacto de la falla de éste sobre: el ambiente, la seguridad y la producción del sistema al cual pertenece. Esta característica debe ser ubicada en las respectivas bandas de clasificación: alta, media y baja criticidad.

C. Detección de Falla: Es la determinación en el tiempo de la presencia o no de fallas en el sistema.

D. Diagnóstico e Identificación de Falla: El diagnóstico determina la coordenada del sistema que origina la falla. La identificación determina el tipo, tamaño y el tiempo en que ocurrió falla diagnosticada

E. Equipo: se entiende cualquier recipiente, máquina, conexión, componente de tubería, sistema instrumentado de seguridad, sistema de prevención y protección contra incendio, sistema de venteo y alivio, sistema de monitoreo y control que cumpla una función determinada.

- *Equipos de alta criticidad (AC):* son aquellos que al fallar, producen un impacto en: producción, seguridad de personas y/o bienes, daños al ambiente.
- *Equipos de mediana criticidad (MC):* son aquellos que al fallar, producen un impacto en la calidad de la producción o balances de masas.
- *Equipos de baja criticidad (BC):* son aquellos que al fallar, no producen ningún impacto.

F. Estados Críticos: Son todos aquellos estados del proceso que puedan afectar el SDDF. Ej: Parada programada o no programada de planta, desconfiguración de las variables de entrada o señales, entre otros.

G. Falla: Es una acción interna e impredecible que ocurre dentro del sistema, autogenerada por el mal funcionamiento de uno o más subsistemas, y que de forma arbitraria y autónoma aparece bajo la estructura de un patrón que pudiendo ser conocido o no, trata de llevar al sistema a un estado no deseado (ver figura1).

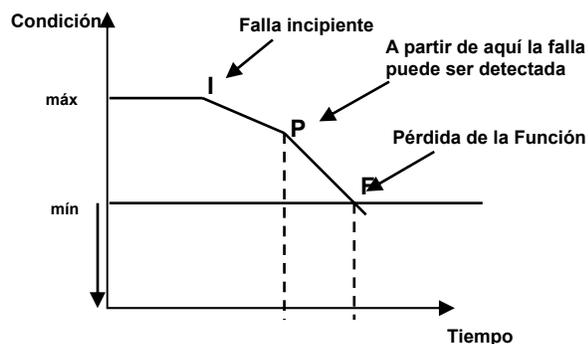


Fig. 1: Característica de la Falla

H. Funciones: Una función es un grupo de tareas que pueden ser clasificadas teniendo un objetivo común. Las funciones son organizadas de manera jerárquica y son definidas con un nombre y un número. El número representa un identificador de las funciones y el nombre es la función. Son representadas por elipses.

I. Flujo de Datos: Es el grupo de datos que fluye entre las funciones. Está representado por una línea sólida con flecha y sobre ésta tiene los nombres de los datos que fluyen.

J. Mantenimiento preventivo basado en condición: Contemplan todas las acciones de mantenimiento programadas y ejecutadas según el análisis de condición del equipo basado en inspecciones (automática o no), dirigida a reducir la probabilidad de falla por la degradación del funcionamiento de un equipo.

K. Niveles: Representa los niveles jerárquicos de los SDDF en la pirámide de automatización de procesos continuos.

L. Redundancia: Uso de múltiples elementos o sistemas que ejecutan una misma función. La redundancia puede ser implementada con elementos idénticos o diversos.

M. Riesgo: se define como una medida de la pérdida económica, daño ambiental o de los daños ocurridos a seres humanos, y esta dado en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado, la frecuencia y la magnitud de la pérdida o daño (consecuencias). Es decir,

$$\text{Riesgo} = F(\text{Frecuencia}, \text{Consecuencia})$$

N. Supervisión: Es el monitoreo que se realiza sobre un sistema, para mantenerlo dentro de las condiciones de operación y/o funcionamiento, mediante la toma de acciones.

O. Separabilidad: Es una característica de la falla que permite aislar, el espacio de propagación de cada una de ellas.

P. Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas: Es un sistema que manipula a través de la tecnología de comunicación y computación existente, un conjunto de datos (variables del proceso) y los convierte en información útil para la detección y diagnóstico de fallas incipientes en los componentes de un sistema.

Esta información es requerida para la planificación del mantenimiento basado en condición y la toma de decisiones. El SDDF utiliza técnicas y métodos estadísticos, emergentes y/o basados en modelos para su análisis.

En la figura 2 se muestra el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas dentro del diagrama de bloque del lazo cerrado de control, donde las entradas están dado por $Y(t)$, la variable controlada y $u(t)$, la variable manipulada. En las salidas se tiene los estados de la variable (rojo, verde, amarilla) de acuerdo a la intensidad de la falla, mensajes de alarmas, pantalla de análisis gráficos, registro de fallas, entre otros.

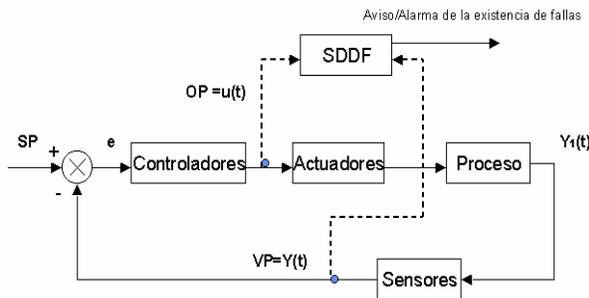


Fig. 2: SDDF en un lazo cerrado de control.

Q. Sistema de seguridad/protección: conjunto de instrumentos / subsistemas cuya misión es proteger un equipo en caso de que por alguna razón éste salga de sus límites normales de operación.

R. Sistema Instrumentado de Seguridad: Es un sistema compuesto de transmisores / sensores, de una lógica exclusiva y de elementos finales de control con el propósito de llevar el proceso a un estado seguro cuando las condiciones predeterminadas son violadas.

3. DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LOS SDDF

A. Objetivo

Definir los criterios de diseño para la implantación de los Sistemas de Detección y Diagnósticos de Fallas (SDDF) en procesos industriales. Estas definiciones abarcan requerimientos de las entradas, funcionales y requerimientos de integridad.

B. Requerimientos de Entrada

La información requerida para implantar los sistemas de detección y diagnóstico de fallas, incluye lo siguiente:

1. Listado de instrumentos con su respectivo código de identificación asociados a los equipos de alta y mediana criticidad o listado de instrumentos de las variables del proceso asociados a problemas recurrentes de alto impacto (ambiental, operativo, económico).
2. Características dinámicas asociadas a equipos o sistemas, de alta y mediana criticidad o características dinámicas de las variables del proceso asociado a problemas recurrentes de alto impacto. Esto es:

- Tiempo de respuesta
- Variabilidad
- Linealidad
- Características del ruido
- Retardo.

C. Requerimientos Funcionales

Los requerimientos funcionales de los sistemas de detección y diagnóstico de fallas deben incluir lo siguiente.

1. Conocimiento del proceso de entrada/salida del Sistema de Control Distribuido (DCS) o Sistema de Control Supervisorio (SCS).
2. Conocimiento del proceso de entrada/salida del Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).
3. Código de identificación (Tag Number) de los transmisores de las variables del proceso asociada a los equipos de alta y mediana criticidad, o código de identificación (Tag Number) de los transmisores disponibles por variables del proceso asociado a problemas recurrentes de alto impacto.
4. Rango de operación normal, de alarma y de disparo de las variables del proceso de alta y mediana criticidad con sus respectivas unidades de ingeniería ó de las variables del proceso asociado a problemas recurrentes de alto impacto.
5. Nombre del servicio asociado al instrumento de la variable del proceso de alta y mediana criticidad ó de las variables del proceso asociado a problemas recurrentes de alto impacto.
6. Validación de las variables de entrada del sistema de detección y diagnóstico de fallas y posibles estados críticos del proceso.
7. Definición de las bandas de tolerancia para la detección de fallas de acuerdo a la variabilidad del proceso.
8. Conceptualización del diagrama entrada-proceso-salida del SDDF requerido.

9. Algoritmos de detección y diagnóstico de fallas.
10. Funciones de reposición del SDDF.
11. Sistema de monitoreo para la visualización y análisis en línea de las variables del proceso.
12. Requerimientos de computación y comunicación para la implantación del SDDF.
13. Requerimientos de interfaces hombre-máquina

D. Requerimientos de Integridad

Los requerimientos de integridad deben incluir lo siguiente:

1. Requerimientos de pruebas y aceptación del SDDF.
2. Requerimientos de mantenimiento de los SDDF.

4. DISEÑO CONCEPTUAL DE LOS SDDF

A Objetivo

Definir los requerimientos necesarios para desarrollar y validar el diseño conceptual de los SDDF.

B Requerimientos de Diseño Conceptual

1. El método de detección y diagnóstico de fallas debe ser seleccionado de acuerdo a las características dinámicas del proceso y el número de señales disponibles por variables del sistema en estudio.

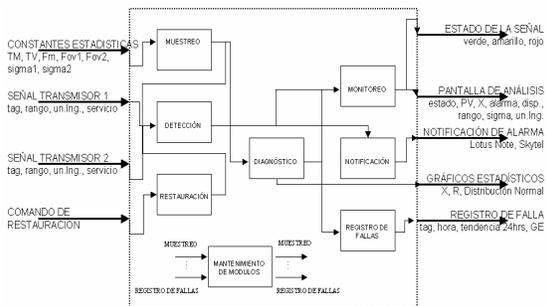


Fig. 3: Diagrama de los módulos del SDDF

2. Se debe realizar un sistema de detección y diagnóstico de fallas modular que permita seccionar el sistema en componentes identificables y tratables de manera independiente. Es decir, que se pueda agregar, eliminar, modificar módulos en el sistema sin que afecte la estructura del mismo.

3. El diagrama de entrada-proceso-salida del Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas se presenta en la figura 3.



Fig. 4: Entrada-Proceso-Salida del SDDF

4. El SDDF debe contener módulos de muestreo, monitoreo, detección, diagnóstico (separación e identificación), notificación de alarmas, registro de fallas y mantenimiento del sistema (Ver Figura 4).

- Módulo de muestreo. Este módulo calcula el tamaño de la muestra, la ventana de tiempo del sistema y la frecuencia de muestreo de la(s) variable(s) a la cual se va implantar el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF).

- Módulo de detección. Módulo compuesto por algoritmos de detección de fallas que permite detectar las fallas ocurridas en los instrumentos y equipos del sistema.

- Módulo de diagnóstico. Módulo compuesto por algoritmos de separación e identificación de fallas que permite diagnosticar las fallas ocurridas en los instrumentos y equipos del sistema.

- Módulo de monitoreo. Módulo compuesto por esquemáticos diseñados para monitorear, detectar y diagnosticar las fallas incipientes de los instrumentos y equipos del sistema.

- Módulo de configuración de alarma. Este módulo indica la presencia de fallas incipientes de los equipos e instrumentos del sistema. El tipo de alarma puede ser: avisos en pantalla (colores, sonidos), vía mensaje por busca persona, mensaje de texto en telefonía celular, correo electrónico, entre otros.

- Módulo de registro de fallas. Módulo compuesto por bases de datos para registrar las fallas detectadas y diagnosticadas por el sistema de detección y diagnóstico de fallas incipientes. En esta base de datos se almacena los valores de las señales en falla, frecuencia de falla, Tag, hora, imagen daño, causa avería, acción, acceso tendencias y acceso análisis estadístico, para la realización de estudios posteriores.

- Módulo de mantenimiento. En este módulo se realiza las actualizaciones de las variables, modificaciones de las mismas, nuevas configuraciones, cambio de umbrales, mantenimiento de listas y direcciones, activación o desactivación de señales por áreas en caso de parada de plantas, configuración de usuarios, o cualquier otra actividad que permita darle mantenimiento al SDDF.

Los tipos de mantenimientos que se deben realizar son:

- a) **Correctivos:** Cuando se descubra defectos en el software.
- b) **Adaptativos:** Cuando cambie el entorno original para el que se desarrolló el software. (ej. CPU, Sistema Operativo, entre otros).
- c) **Mejoramiento:** Cuando se descubran funciones adicionales que van a producir beneficios.
- d) **Preventivo** (También llamado reingeniería del Software): Cuando se modifica el software con el objeto de que pueda corregirse, adaptarse y mejorarse más fácilmente.

5. DISEÑO DETALLADO DE LOS SDDF

A. Objetivo

Proporcionar los requerimientos detallados para el diseño de los Sistemas de Detección y Diagnóstico de Fallas (SDDF).

B. Dispositivos de Campo

1 Requerimientos de Señales de los Transmisores

Caso 1: se dispone de una sola señal proveniente de un transmisor (sin redundancia).

- a. Se debe realizar levantamiento de información de la señal del transmisor: Tag del instrumento, servicio, rango y unidad de ingeniería.

- b. Se debe configurar la señal del transmisor en el Sistema de Control Distribuido (DCS) en caso de no encontrarse configurada, de manera que dicha señal pueda ser monitoreada por el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas a implantar en el DCS, en el Sistema de Control Supervisorio, o en el Sistema de Información de Planta.

Caso 2: se dispone de dos o más señales de una misma variable (existencia de redundancia).

- a. Se debe realizar levantamiento de información de las señales de los transmisores: Tag de los instrumentos, servicios, rangos y unidades de ingeniería.
- b. Las señales de los transmisores redundantes deben ser configuradas en el Sistema de Control Distribuido (DCS), en el Sistema de Control Supervisorio (SCS) o en el Sistema de Información de Planta, dependiendo donde vaya ser implantado el Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas.
- c. Se debe ajustar las unidades de ingeniería de las señales de los transmisores redundantes ya sea que pertenezcan al Sistema de Control Distribuido o al Sistema de Control Distribuido y Sistema Instrumentado de Seguridad.
- d. Las unidades de ingeniería de las señales de los transmisores redundantes se ajustarán transformándose e igualándose a una misma unidad de ingeniería.
- e. Se debe realizar ajuste de rango de las señales de los transmisores redundantes en campo, en el Sistema de Control Distribuido y en el Sistema Instrumentado de Seguridad.
- f. Los rangos de las señales de los transmisores redundantes se ajustarán igualando los límites mayores y menores entre estos.
- g. Las señales de los transmisores redundantes deben partir de un mismo punto de toma o de puntos de tomas del proceso muy cercanas para poder ser comparadas. En caso de encontrarse en puntos de tomas muy separadas o con alturas diferentes, se deben reconciliar las señales para poder realizar dicha comparación.
- h. Se debe igualar el tiempo de respuesta de las señales de los transmisores redundantes para poder realizar la comparación entre las mismas.

- i. Se debe realizar la reconciliación de datos en las señales de los transmisores redundantes cuando los diámetros de las tuberías sean diferentes.

C. *Requerimientos de la Interfase de Comunicación*

- 1 Ingeniería de Mantenimiento debe poder acceder al programa de aplicaciones del SDDF para agregar, borrar o modificar el mismo.
- 2 El diseño de la interfase de comunicación del SDDF debe asegurar que cualquier falla en la interfase de comunicación no afecte la disponibilidad del SDDF para el monitoreo de las fallas en los transmisores / sensores.
- 3 El SDDF debe comunicarse con el Sistema de Control Distribuido, el Sistema de Control Supervisorio, Sistema de Información de Planta o cualquier otro sistema y redes de comunicación necesaria para su funcionamiento.

D. *Requerimientos de Pruebas y Aceptación del SDDF.*

Las pruebas y aceptación del SDDF debe incluir, pero no limitarse a:

- 1 Pruebas de función de todos los módulos del SDDF.
- 2 Facilidad de realizar las pruebas de función debe ser parte integral del diseño del SDDF.
- 3 Validación de las entradas, salidas y estados críticos de cada uno de los módulos implantados en el SDDF y del sistema en general.
- 4 Se debe realizar pruebas de lazo para certificar dicho sistema.
- 5 Las pruebas funcionales deben realizarse bajo un procedimiento escrito, explicando cada paso a ser ejecutado.

- 6 Cualquier deficiencia encontrada durante las pruebas funcionales debe ser reparada de manera segura y rápida.
- 7 La exactitud de la calibración de los instrumentos de medición y control usada para las pruebas debe ser consistente con la aplicación.
- 8 La realización de las pruebas debe ser documentada. El usuario debe mantener un registro (Nombre de la persona que realiza las pruebas o inspección, resultados de la prueba o inspección, entre otros) para certificar que la prueba y la inspección ha sido ejecutada.
- 9 El usuario debe hacer la revisión formal del software de aplicaciones y la corrida del programa de detección y diagnóstico.

E. *Requerimientos de Mantenimiento del SDDF.*

El mantenimiento del SDDF debe incluir, pero no limitarse a:

- 1 Un procedimiento escrito para el mantenimiento, pruebas y reparaciones.
- 2 La planificación para las pruebas funcionales.
- 3 La reparación de fallas detectadas incluyendo su certificación y pruebas asociadas después de la reparación.
- 4 La planificación del mantenimiento preventivo.
- 5 Requerimientos de prueba y mantenimiento descritos por el fabricante.

F. *Requerimientos de la Aplicación (software)*

- 1 No se permiten modificaciones por parte de los usuarios.
- 2 El usuario debe asegurar que el software de aplicación este documentado de manera clara, precisa y completa.
- 3 El usuario debe informar al mantenedor de cualquier anomalía encontrada en el funcionamiento de la aplicación.

6. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Detección y Diagnóstico forman parte hoy día de los sistemas de automatización implantadas en los Procesos Industriales. Definir los criterios y lineamientos para la implantación y uso de los mismos es fase importante, en la aplicación de estos sistemas.

Los criterios y lineamientos de ingeniería de los SDDF presentado en este estudio se han aplicado en la industria de refinación de hidrocarburos en la empresa PDVSA de Venezuela. Estos lineamientos para la elaboración de ingeniería de los SDDF, los cuales naturalmente estarán sometidos a continuas revisiones y ajustes hasta convertirse en normas internacionales.

También se diseño un modelo de integración que permite visualizar el funcionamiento y el flujo de información de los Sistemas de Detección y Diagnóstico de fallas en las Unidades de Producción de cualquier empresa donde se disponga de la pirámide ISO. Así mismo, La información obtenida por el sistema de Detección de Fallas, permitirá planificar el Mantenimiento Preventivo Basado en Condición.

REFERENCIAS

- [1] ANSI/ISA-S84.01-2004. Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries
- [2] ISO-14224:2005(E). Petroleum and Natural Gas Industries-Collection and Exchange of Reliability and Maintenance Data for Equipment
- [3] ANSI/IEEE Std 352-198. IEEE Guide for General Principles of Reliability Analysis of Nuclear Power Generating Station Safety Systems
- [4] PABADIS . Distributed Control Systems
- [5] PABADIS IR-S-14. Integridad Mecánica de Equipos Críticos
- [6] HMS-SPS5. Alarms and Safety Systems
- [7] ANSI/ISA-95-00-01-2005. Enterprise Control Systems Integration

- [8] Chacón, Camacho, Colina y Montilva (Mérida). Automatización Integral de Sistemas de Producción: Herramientas de integración. Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela.
- [9] Chacón, Besembel, Narciso, Montilva y Colina (2000, Julio) An Integration Architecture for the Automation of a Continuous Production Complex. Universidad de Los Andes. Facultad de Ingeniería. Mérida-Venezuela
- [10] András Edelmeyer. (1996, Hungary). Confiability .Systems and Control Laboratory Computer and Automation Institute Hungarian Academic of Science Hungary.

ANEXOS:

ACRÓNIMOS:

SDDF:	Sistema de Detección y Diagnóstico de Fallas
DCS:	Sistema de Control Distribuido
PI:	Sistema de Información de Planta
SCS:	Sistema de Control Supervisorio
SIS:	Sistema Instrumentado de Seguridad
SHA:	Seguridad, Higiene y Ambiente
PDVSA:	Petróleos de Venezuela S.A.
INTEVEP:	Instituto de Tecnología Venezolana de Petróleo.
CRP:	Centro de Refinación Paraguaná
NI:	No Inteligente
I:	Inteligente
ACBR:	Análisis Costo Beneficio Riesgo
AC:	Alta Criticidad
MC:	Mediana Criticidad
BC:	Baja Criticidad
MPBC:	Mantenimiento Preventivo Basado en Condición
SCADA:	Sistema de Control Supervisorio y de Adquisición de Datos
CIM:	Manufactura Integrada por Computadora
ACR:	Análisis Causa Raíz