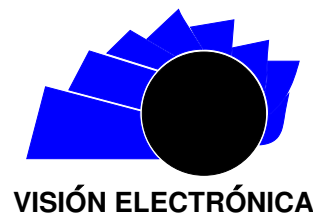




## Visión Electrónica

*Más que un estado sólido*

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/index>



VISIÓN DE CASO

# Plataforma de entrenamiento en control electrónico a partir de DCS

## *Training platform electronic control from DCS*

David A. Luz L.<sup>1</sup>, Luis G. Forero P.<sup>2</sup>, Andrés Escobar D.<sup>3</sup>

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del artículo:

Enviado: Septiembre de 2014

Recibido: Octubre de 2014

Aceptado: Noviembre de 2014

#### Palabras clave:

Control distribuido  
DCS  
Plataforma de entrenamiento  
Sistema integrado de seguridad  
Stardom  
Yokogawa



#### Keywords:

Distributed control  
DCS  
Platform for training  
Integrated security system  
Stardom  
Yokogawa

### RESUMEN

Se presenta el estudio y diseño de una plataforma de entrenamiento académico a partir del concepto de Sistemas de Control Distribuido (DCS, por sus siglas en inglés). En su desarrollo se da a conocer cómo se conforma una arquitectura integrada, describiendo los diferentes componentes que hacen parte del sistema. Para tal fin, se toma como proveedor a la firma Yokogawa® —debido al alto nivel tecnológico que ofrece en sus equipos y a la oportuna atención y asesoría personalizada—. Con el propósito de describir las principales arquitecturas se estudiaron las publicaciones técnicas donde se dan a conocer los equipos y sus características; luego se realizó el diseño de la plataforma con el equipo que compone la arquitectura CENTUM VP®, el cual permite realizar control a partir de DCS. Finalmente, el producto de la investigación se implementa para brindar al estudiante del área de control electrónico y afines, un apoyo para su formación con herramientas funcionales acorde con las tecnologías para el control e instrumentación utilizadas en la industria.

### ABSTRACT

This paper presents the study and design of a platform of academic training from the concept of distributed control systems (DCS). In its development disclosed how an integrated architecture is formed, describing the different components that make up the system. For this purpose, it is taken as supplier Yokogawa®, because of high level of technology offered on their computers and timely care and personalized. For to describe the main architectures are studied technical publications which disclosed those teams and their characteristics; then the design of the platform is made with the team that makes up the CENTUM VP® architecture which allows control from DCS. Finally, this research product will provide to electronic control student functional training tools consistent with control technologies and instrumentation using in the industry.

<sup>1</sup>Ingeniero en Control Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: [daluzl@correo.udistrital.edu.co](mailto:daluzl@correo.udistrital.edu.co)

<sup>2</sup>Ingeniero en Control Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: [luisgerfop@gmail.com](mailto:luisgerfop@gmail.com)

<sup>3</sup>Ingeniero Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). MSc.en Ingeniería, Universidad de los Andes (Colombia). MBA, Universidad de los Andes (Colombia). Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia). Correo electrónico: [asescobard@udistrital.edu.co](mailto:asescobard@udistrital.edu.co)

## 1. Introducción

La implementación de plataformas de entrenamiento, o laboratorios con equipo e instrumentación, utilizada en procesos productivos industriales no ha tenido suficiente importancia como para vincularla temáticamente en los programas o currículos académicos afines a electrónica, mecatrónica, control y automatización, debido a la constante migración hacia nuevos desarrollos tecnológicos de la industria, así como a la falta de una articulación, cooperación y transferencia de conocimiento entre la industria y la academia y viceversa.

Un Sistema de Control Distribuido (DCS, por sus siglas en inglés) consiste en el enlace, por medio de una red de comunicaciones, de diversos nodos distribuidos físicamente dotados de capacidad de proceso y enlazados a sensores o actuadores. Dichos sistemas se caracterizan porque el proceso de control tiene lugar en tales nodos de manera coordinada. Las redes de comunicaciones orientadas al enlace de estos son conocidas también como buses de comunicaciones o redes multiplexadas. Un nodo es un procesador autónomo con su propio hardware: procesador, memoria, oscilador de reloj, interfaz de comunicaciones e interfaz hacia el subsistema que controla.

La modularidad y amplia gama de instrumentación disponible en el mercado de la automatización permite que dichos sistemas sean escalables desde una pequeña aplicación, hasta complejos sistemas de alta disponibilidad. Los principales fabricantes de DCS son: Foxboro®, Yokogawa®, Emerson®, Honeywell®, Siemens® y ABB®. Todos estos fabricantes presentan sistemas con una configuración típica de un DCS, pero los equipos de Honeywell® y Siemens®, en el mercado de la automatización industrial, no responden a las exigencias de un DCS, toda vez que estos equipos son Controladores Lógicos Programables (PLC) de altas prestaciones, mientras que equipos de Foxboro®, Yokogawa®, Emerson® y ABB®, incluyen componentes funcionales propios de este tipo de sistemas distribuidos.

De otra parte, en Latinoamérica el país que representa mayor incursión en la integración de la academia con la industria de la automatización con DCS es Brasil a través de sus universidades públicas, lo que le ha permitido un crecimiento de profesionales altamente capacitados con pertinencia.

Entre tanto, en el contexto colombiano —y en el ámbito académico en particular—, se han documentado implementaciones que evidencian la tendencia hacia procesos con sistemas de control distribuido. Por ejemplo, el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) en las instalaciones de la regional Cali y Bogotá ha desarrollado laboratorios para el entrenamiento de sus

estudiantes en este campo. Otro ejemplo documentado de implementaciones que evidencian la tendencia sobre sistemas de control distribuido, desarrollado con tecnología Siemens, se ha dado en el laboratorio de automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga (Colombia), con una aplicación de proceso en el controlador central y diseño de arquitectura a través de los planos unifilares y eléctricos de acuerdo con normatividades técnicas establecidas, creando una estructura física de dos gabinetes de control: uno central y otro remoto, con sistemas de acondicionamiento de señal, potencia y protecciones en los que se pueden adaptar sensores para monitorear y manipular variables como temperatura, presión, flujo, PH, velocidad, humedad, entre otras, de forma práctica y rápida en condiciones idóneas [1].

Es decir, al revisarse el estado actual de la ingeniería de control se encuentran estudios en el campo de los sistemas de control, desde una perspectiva tecnológica, que han mostrado el éxito y el impacto que ha tenido en las últimas décadas esta área de conocimiento en la sociedad moderna, con diferentes sistemas de control industrial, DCS, Sistemas de control y Adquisición de datos (SCADA) y Sistemas Integrados de Seguridad (SIS), que sacan a flote oportunidades y retos, tanto actuales como futuros, a los que se debe enfrentar este campo de la ingeniería; sin olvidar los aspectos claves cuando se considera llevarlos al campo de la enseñanza de la ingeniería de control [2].

De lo anteriormente mencionado, dentro de las plataformas para apropiación de conocimiento a nivel de control y automatización, vale la pena destacar desarrollos existentes —con enfoque comercial— como el sistema de entrenamiento con PLCs implementado por Siemens (figura 1) diseñado para ayudar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades operativas y de programación y resolución de problemas de sistemas de automatización con desarrollos industriales. Tales equipos e instrumentación se disponen en una maleta resistente y de fácil transporte y almacenamiento que incluye compartimento para guardar cables y accesorios [2].

Este tipo de implementaciones tienen como propósito acercar la tecnología que se maneja actualmente en la industria a las aulas; por lo que, para el caso que nos ocupa, motiva la realización de un estudio conducente al diseño de una plataforma que permita la interacción con equipos que se clasifican como DCS, con fines educativos.

**Figura 1:** Sistema de Entrenamiento PLC Siemens [3]

El documento se estructura de la siguiente manera: en los materiales y métodos, se justifica la escogencia del fabricante a través de criterios estructurados; luego se describen los equipos disponibles por tal fabricante en arquitectura DCS; acto seguido, se describe el proceso de diseño, la normatividad seguida y las características de la plataforma definida; y finalmente se realizan las conclusiones y recomendaciones.

## 2. Materiales y métodos: justificación de escogencia del fabricante

En el contexto Colombiano los fabricantes más importantes, en lo que a sistemas de automatización se trata, que han desarrollado equipamiento necesario para la implementación de una arquitectura distribuida, con una amplia gama de instrumentación en sus catálogos y facilidad de conseguir sistemas escalables desde una pequeña aplicación hasta complejos sistemas de alta disponibilidad son: Foxboro® con su equipo I/A; Yokogawa® con CENTUM VP®; Emerson Electric® con el Delta V; y ABB® con el equipo 800XA, tabla 1.

Aunque en el negocio de la automatización y control existen más fabricantes y proveedores de equipos para implementaciones en Sistemas de Control Distribuido, luego de realizar un sondeo orientado por inteligencia de mercado, esta investigación exploratoria determina que los fabricantes mencionados son los que cumplen con los requisitos técnicos para ser considerados como proveedores de tecnología DCS. La decisión se fundamenta en juicio de los mismos fabricantes, clientes o usuarios de DCS y la comparación de manuales técnicos sobre cada sistema.

Luego, para la evaluación de los proveedores que disponen de equipos para implementar Sistemas de Control Distribuido en Colombia, se escogieron

los parámetros que garantizaran que tales sistemas tuvieron presencia y desarrollo en la industria actual. Por lo anterior, se tomó como base un pliego de contratación que emitió la Empresa Colombiana de Petróleos S.A. (Ecopetrol), informe IM 30-801, [4]. Allí se escogieron los parámetros o criterios de mayor relevancia y pertinencia: conectividad, software, hardware, desempeño y disponibilidad de información. A lo anterior, se le complementa con información fundamental recopilada al contactar directamente los fabricantes de Sistemas de Control Distribuido.

**Tabla 1:** Información de Contacto de los fabricantes

TABLA DE INFORMACION DE CONTACTO DE LOS PROVEEDORES				
Nombre de la Compañía o persona natural/ Razón social	Ciudad	Teléfono	Dirección de la oficina principal	Página web
Emerson Electric de Colombia Ltda.	Bogotá D.C.	410 04 24 Ext. 203	Av. Dorado No. 85d-55 mod. azul. Ofc. 205	www.emerson.com
Yokogawa America Do Sul Colombia	Bogotá D.C.	6608405 Ext. 109 3116425	Av. Cll 80 No. 69-70 BG 33	www.yokogama.com.co
Invensys Process Systems Colombia Ltda.	Bogotá D.C.	313 63 63 Ext. 234	Cll 69A No. 4-77	iom.invensys.com
ABB Ltda.	Bogotá D.C.	4178000	Cr. 100 No. 25D-61	www.abb.com.co

**Fuente:** elaboración propia.

### 2.1. Parámetros de selección fabricante o proveedor DCS

Dichos parámetros o criterios son:

- **Conectividad:** los medios, protocolos y formas con las cuales la plataforma de control se comunica con elementos en campo, a nivel de red de control, red de planta elementos de otros proveedores, etc. Estos mismos medios de comunicación pueden ser aprovechados para la interconexión con elementos o equipos pertinentes, disponibles en los laboratorios de automatización de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJ de C).
- **Software:** lo concerniente a las herramientas para la configuración del controlador, aplicaciones especiales desarrolladas para el control de procesos, implementación de ambientes gráficos e intuitivos para las distintas pantallas de operación y configuración. La posibilidad de paquetes de software con licenciamiento estudiantil y soporte del mismo.
- **Hardware:** requerimientos de hardware de la plataforma de control, su capacidad de procesamiento, su interconectividad con distintas redes de control, capacidad de redundancia (respaldo de alimentación eléctrica en caso de

un corte) y disponibilidad del sistema. Aunque para un nivel académico no es crítica la parte de disponibilidad y redundancia del sistema, sí es valioso tener equipos con los cuales se pueda considerar las mismas características implementadas en la industria de procesos, vinculadas al área de la automatización y control.

- **Desempeño:** este criterio indica que el fabricante y su respectivo equipo seleccionado, contenga como fortaleza la detección y manejo de eventos, fallas y alarmas. Con lo cual se obtendrá el acercamiento e interacción del alumno en factores no esperados o aceptables en un proceso de manufactura industrial donde se tiene un DCS implementado.
- **Disponibilidad de información:** cuando se realiza un sondeo de mercado y contacto de proveedor la mayor dificultad que se presenta es ser atendido rápidamente y lograr el suministro de información (manuales, brochure, demostraciones de funcionamiento etc.). Este aspecto es gran determinante ya que los fabricantes hacen alta restricción de documentación, lo que dificulta el análisis y gestión de la información.

En los aspectos técnicos todos los fabricantes cumplen con los criterios requeridos, ya que el proyecto tiene una aplicación académica que no representa una alta exigencia sobre los equipos y valores tope; por tanto, los parámetros de escogencia recaen en la disponibilidad de información y costos de implementación final. Siendo Yokogawa® el que cumple estos dos criterios, tanto en disponibilidad documental en la web como en suministro directo por sus ejecutivos de cuenta, así como el menor valor en equipos, instalación y puesta en funcionamiento, con las mismas especificaciones de calidad de los demás fabricantes estudiados.

En consecuencia, se concluye que el fabricante y distribuidor Yokogawa S.A, es la mejor opción para la realización del estudio de sus equipos, que se denominan de alta gama y particularmente el equipo que conforma el sistema CENTUM VP® —con su respectiva arquitectura—, desarrollada en un Sistema de Control Distribuido.

### 3. Descripción de equipos en arquitectura DCS Yokogawa

Yokogawa dispone de cuatro equipos principales, cada uno con sus respectivas aplicaciones, ventajas y características. En la parte de control, el fabricante ofrece una sección de control y seguridad en la producción. Allí, se encuentran el Stardom —sistema híbrido con

características de un PLC de altas prestaciones y la funcionalidad de un DCS—, también se encuentra el Prosafe-RS —equipo destinado a la seguridad Fire & Gas y ambiental de las instalaciones de la planta—, implementado en procesos críticos, que puede trabajar como complemento a un Sistema de Control Distribuido.

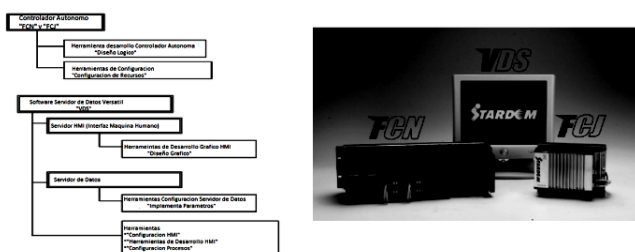
Por último, en esta sección de control de seguridad en planta se dispone del equipo vinculado al Sistema de Control Distribuido, CENTUM VP, equipo de altas prestaciones tecnológicas e industriales que puede ser vinculado con los otros dos equipos (Stardom y Prosafe-RS), para conformar una arquitectura distribuida de respaldo total en control y seguridad en planta. También se dispone en el portafolio de un equipo para control lógico y adquisición de datos, el PLC FA—M3V.

#### 3.1. Stardom (Network Based Control Systems)

Stardom, figura 2, es un sistema de control de red abierta que está integrado por componentes con funciones de control, operación y monitorización, combinando la fiabilidad de un DCS, con la versatilidad y el ahorro de un PLC.

Los controladores autónomos son el núcleo de Stardom y tienen las mismas funciones de control y seguimiento encontrados en un PLC, así como las funciones de distribución de información de un DCS. Son ampliamente utilizados como unidades terminales remotas inteligentes (RTU) en aplicaciones distribuidas como gas natural, pozos de petróleo y tuberías. Usados en conjunto, los controladores autónomos FCN (Node Control Field), FCN-RTU y el software Fast/Tools Scada, proporcionan una mayor flexibilidad en las aplicaciones distribuidas.

Figura 2: Componentes Stardom y sus funciones



Fuente: elaboración propia.

Componentes que integran Stardom:

***(Node Control Field) redundancia dual-configurable. PLC híbrido/RTU Inteligente:***

nunca interrumpe su proceso de control, por lo que es implementado para los sistemas que controlan procesos críticos. La capacidad de redundancia-dual del nodo de control de campo (FCN) asegura que estos procesos continúen sin interrupción incluso cuando se sustituye un módulo dañado.

***FCJ: (Junction Control Field) red redundante-RTU inteligente configurable:***

se dispone en una locación remota respecto al controlador principal para realizar el control de un proceso específico; se presenta de forma compacta y está equipado con un bus de campo Foundation Field Bus, entre otros puertos de entrada salida. Este componente de Stardom es ideal para aplicaciones donde el espacio es crítico para su alojamiento y las condiciones climáticas son extremas. [5]

***Fast/Tool:***

innovador Scada basado en la web que cubre múltiples aplicaciones. La principal cualidad es la gestión en tiempo real de operaciones industriales por medio de un paquete de software de visualización que trae cambios revolucionarios para procesar la información en tiempo real. Esta solución presenta ventajas arquitectónicas que permite la consecución de los objetivos de un sistema Scada como: la disponibilidad del proceso, alta eficiencia, seguridad y el mejoramiento de la agilidad operativa respecto a la infraestructura de gestión de procesos a distancia.

***VDS: HMI Scada y software basado en la web:***

VDS es un paquete de software que se ejecuta en un equipo con sistema operativo Windows y pone en práctica una interfaz hombre-máquina (HMI) basada en la web, con conectividad OPC (OLE for Process Control), con lo cual se logra la adquisición de datos de una variedad de controladores y dispositivos como también la gestión de datos históricos.

**3.2. PROSAFE—RS Safety Instrumented Systems (SIS)**

El logro de la integridad absoluta entre los sistemas de control distribuido (DCS) y de los sistemas instrumentados de seguridad (SIS) para la automatización de la planta, ha proyectado tradicionalmente problemas de diseño y de integración complejos. Convencionalmente, se requirieron dos entornos de control y de funcionamiento separados por un DCS y SIS. Diferentes comunicaciones y arquitecturas de hardware distintivo tuvieron que ser establecidos para este tipo de implementación. Por este motivo

Yokogawa® soluciona la incompatibilidad DCS-SIS con el equipo Prosafe-RS.

La aplicación se hace en sectores como: gas natural, petroquímico, hierro y acero, y otras industrias de materiales básicos y de la energía; por ello es una herramienta importante para garantizar la seguridad de las operaciones de la planta evitando accidentes, brindando protección al medio ambiente para cumplimiento de normas ambientales corporativas. En consecuencia, conduce a una demanda creciente de sistemas instrumentados de seguridad que pueden detectar condiciones anormales y generar de manera segura, por ejemplo, una parada de emergencia en el proceso que se está controlando o monitorizando.

Por lo anterior, los dispositivos de control y sistemas de instrumentación de seguridad se instalan a menudo al aire libre para el seguimiento y control de los pozos petroleros, oleoductos y gasoductos. Como muchas de estas instalaciones se encuentran en lugares desérticos, deben ser capaces de operar en condiciones ambientales extremas [6].

El Prosafe-RS, posee módulos de entrada/salida digitales y análogos, resistentes a altas temperaturas, soporte para comunicaciones Modbus/TCP, Foundations Field Bus y Ethernet industrial, como principales protocolos de comunicación. Se permite la expansión en sus entradas salidas ya sea con la interconexión con otro equipo Prosafe-RS o la ampliación en número de sus módulos, logrando su objetivo principal: llevar la planta o proceso donde haya sido implementado hacia condiciones operativas o seguras para el mismo proceso o el personal que allí labora, figura 3.

**Figura 3:** Equipo PROSAFE-RS de Yokogawa®



**Fuente:** elaboración propia.

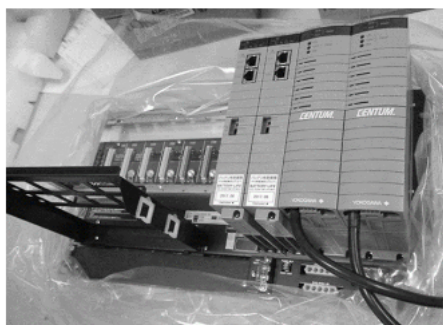
En cuanto a clasificación de seguridad SIL3 (Safety Integrity Level 3), PROSAFE-RS ha incorporado al sistema un nivel de doble redundancia y mecanismos

de auto-diagnóstico asociados en el módulo de CPU y también dentro de los módulos de entrada/salida, por lo que es clasificado dentro del ranking SIL3 (Safety Integrity Level 3), siendo el máximo ranking SIL4, permitiendo ser incorporado en la industria donde se manejan procesos de carácter crítico o donde halla alto riesgo de incendio, explosión o acumulación de gases tóxicos.

### 3.3. CENTUM VP (Sistema de Control Distribuido)

El sistema de control de producción integrada CENTUM VP se aplica para controlar y gestionar las operaciones en diversas plantas industriales de mediano y gran tamaño, como plantas de petroquímicas, plantas de productos químicos, energía, productos farmacéuticos, alimentos y tratamiento de aguas residuales, entre muchos otros. CENTUM VP puede manejar múltiples productos y múltiples líneas de producción de alto volumen. Cuenta con una Interfaz Humana HMI que consta de dos componentes: la estación de ingeniería (ENG) y la Estación de Interfaz Humana (HIS), las cuales pueden alojarse en el mismo equipo de cómputo central. La comunicación entre los componentes de campo y el panel de operador se realiza a través de la Red de comunicaciones propietario Yokogawa Vnet/IP o los distintos buses de campo soportados, como son: Foundation Fieldbus, Profinet, ProfiBus y ModBus, siendo estos los principales buses de campo implementados en procesos de comunicación industrial en la actualidad, figura 4.

**Figura 4:** Equipo sistema CENTUM VP de Yokogawa



**Fuente:** elaboración propia

En cuanto a los niveles de integración, las Interfaces abiertas de CENTUM VP facilitan el acceso a datos de los sistemas de supervisión, tales como planificación de recursos empresariales (ERP), Sistemas de Ejecución de Manufactura (MES), y Sistemas de Información de Laboratorio (LIMS), por lo que es fácil crear un

sistema de información para la gestión estratégica en la industria. CENTUM VP es un sistema escalable, compatible, diseñado para trabajar con los sistemas existentes reduciendo el costo total de inversión.

El sistema CENTUM VP puede presentar redundancia en todos sus componentes si se desea, algo que es una norma en implementaciones industriales de control de procesos también proporciona seguridad frente a amenazas, tales como espionaje de datos, falsificación y suplantación de identidad entre otros [7].

Estructuralmente, CENTUM VP está compuesto por estaciones de control de campo, logrando soportar hasta 256 estaciones de control y HMI distribuidos en un máximo de dieciséis dominios con hasta 64 estaciones por dominio.

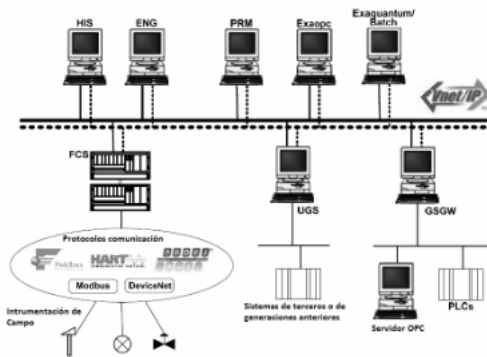
Los componentes del sistema CENTUM VP se muestran en la figura 5, y son:

- a) Interfaz Humana (HMI): compuesta por una estación de ingeniería (ENG) y estación de interfaz humana (HIS). Tienen como función la administración, programación, gestión y supervisión del proceso industrial o planta física.
- b) Estación de Control de Campo (FCS): es el hardware encargado de la ejecución de órdenes programadas y también donde se distribuyen las acciones de salida y se recopilan los datos obtenidos de campo. Soporta un amplio conjunto de buses de campo, incluyendo Fieldbus, HART, Modbus, DeviceNet y Profibus entre otros.
- c) Administrador de recursos de la planta (PRM): permite la gestión de activos de la empresa.
- d) Estación de entrada Unificada (UGS): permite la conexión con sistemas de generaciones anteriores o que ya estaban implementados en planta, ya sea de mismo fabricante (Yokogawa) o de otros fabricantes con los nuevos equipos sin ningún tipo de incompatibilidad.
- e) Estación de entrada genérica de subsistemas (GSGW): para la integración con servidores OPC.
- f) Exaopc: software para acceso de datos por OPC, alarmas y eventos, historial de acceso a los datos y servidores.
- g) Exaquantum: el Sistema de Gestión de Información de las Plantas (PIMS) puede estar estrechamente integrado con CENTUM VP, para recoger y almacenar datos e históricos de los procesos.
- h) Comunicaciones: Vnet/IP es una red basada en el protocolo de internet con velocidad de transmisión de datos de 1 Giga bits por segundo soportando los

diferentes protocolos de comunicación de CENTUM VP [8].

En cuanto a la implementación Sistema CENTUM VP en planta, los componentes del sistema de vigilancia y gestión de planta de Yokogawa CENTUM VP que se incluyen en todas las arquitecturas que el fabricante desarrolla son:

**Figura 5:** Configuración básica CENTUM VP



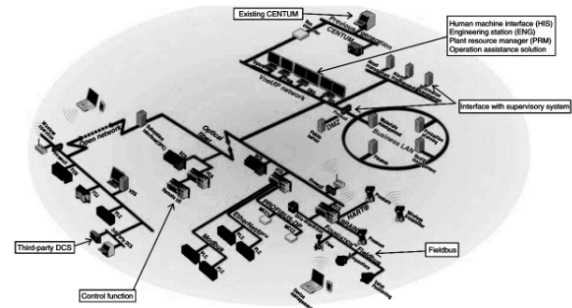
**Fuente:** elaboración propia.

- Visualización: la cual está compuesta por una HMI, con desarrollos en una suite de software y hardware que pueden ser personalizados de acuerdo a las necesidades del cliente o proceso a supervisar y controlar.
- Controlador: con la oferta de su gama de productos catalogados como Production and Safety Control, con equipos para aplicaciones en control de producción integrada (CENTUM VP), control de seguridad integrado (Prosafe-RS), control basado en la red y Scada (Stardom) y PLC de altas prestaciones (FA-M3V). Estos equipos interconectados forman la arquitectura más robusta del fabricante, dirigida a procesos complejos de producción o que están a una gran distancia geográfica, garantizando la precisión en la forma de controlar, monitorear y supervisar la planta.
- Red: relacionada con las tecnologías de redes de comunicación que se utilizan para interconexión de distintos equipos de control, como con la instrumentación dispuesta en campo.

En la figura 6, se muestra una típica interconexión de equipos denominados de alta gama por el fabricante Yokogawa, dicha arquitectura está dispuesta en un entorno de planta de proceso petrolero y se puede

apreciar los variados niveles tanto administrativos como de producción.

**Figura 6:** Arquitectura de sistema de control distribuido de Yokogawa® [7]



Se aprecia la alta funcionalidad y aplicabilidad que dispone cada uno de los equipos que integran esta arquitectura, por tanto, el objetivo fue tener el equipo central del sistema de control distribuido que es el FCS o estación de control de campo, previamente estudiando y caracterizado, para la obtención de un diseño soportado en la normatividad pertinente con lo cual se implementara la plataforma de control.

#### 4. Elaboración diseño, normatividad y características de la plataforma

La plataforma de entrenamiento de alto nivel en control electrónico que tuvo como base de desarrollo el equipo que incorpora Yokogawa® [7] en sistemas de control distribuido (DCS), está constituida por una caja de alojamiento con características industriales, donde se dispondrá el equipo principal, fuentes alimentación módulos entrada/salida digitales y análogas, módulos de comunicación, una pantalla HMI y una base de conexión ya sea bornas de conexión o una placa de conexión desarrollada por el mismo fabricante, con lo cual permite a la plataforma interrelacionar con el exterior, todo lo anterior con sus respectivas protecciones eléctricas. También se considera un equipo de cómputo con especificaciones acordes a un sistema de control industrial y un switch que permite la comunicación a través de una red Profinet o Vnet.

Para la concepción del diseño se tuvo en cuenta las principales normas o estándares de ingeniería en control y electricidad, como son: Norma Técnica Colombiana (NTC 2050), Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (Retie), International Society of Automation (ISA 5.1-2-3) entre otras normas consultadas y aplicadas para la consolidación y sustentación del diseño final.

#### 4.1. Normas y estándares de equipos y componentes de la plataforma

En la industria de la automatización y control, las empresas vinculadas a este negocio se encuentran en la obligación de acogerse a los estándares y normatividades, tanto de la jurisdicción nacional como las establecidas a nivel internacional que se relacionen con su actividad

económica.

Tomando como base la normatividad que una multinacional como Yokogawa® debe cumplir, se analizó cual sería aplicable para la elaboración del diseño se obtuvo un consolidado de normas y estándares tanto para el diseño de la plataforma de entrenamiento como las que cumple los componentes que la integran, se pueden apreciar en la tabla 2.

**Tabla 2:** Normatividades que cumple los equipos y componentes plataforma

NORMAS Y ESTÁNDARES PLATAFORMA DE ENTRENAMIENTO		
Norma o estándar	Función que cumple	Equipo, componente o estructura de diseño que cubre
IEC 62443-4	Esta normatividad tiene como objetivo ofrecer un conjunto reconocido por la industria común de requisitos de dispositivos y procesos que impulsan la seguridad dispositivo	Sistema CENTUM VP en general
IEC 61508 y 61511	Regulan la instalación de sistemas redundantes de control automático, especialmente en las aplicaciones críticas.	Sistema de control distribuido y sistemas integrados de seguridad
Norma NEMA (National Electrical Manufacturers Associates)	Promueven la competitividad de las compañías de tecnología, proporcionando servicios de calidad que impactarán positivamente en las normas, regulaciones gubernamentales, y economía de mercado.	Módulos de entrada y salida análogos y digitales.
Norma IEC 60529 o de grado de protección	Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo.	Módulos de entrada y salida análogo, digitales y fuente de alimentación en su clasificación IP22, protección contra cuerpos solidos medianos y goteo de agua.
IEC 61131 tipo 1, 2 y 3	Conjunto de normas e informes técnicos publicados por la Comisión Electrotécnica Internacional con el objetivo de estandarizar los autómatas en su definición, desempeño y programación.	Módulos de entrada y salida análogos, digitales y software de programación.
IEC 61499	Es una arquitectura de referencia diseñada para facilitar el desarrollo de aplicaciones de control con lógica descentralizada.	Arquitectura de Sistemas distribuidos y su programación en diagramas de bloques funcionales.

**Fuente:** elaboración propia.

- Normatividad de cableado: para el cableado y disposición de elementos de protección contra picos de corriente y demás aspectos vinculados a el manejo de alimentación de la plataforma, se tomó como base el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (Retie) y la norma técnica colombiana (NTC 2050), más específicamente los apartes NTC 2050 SEC 362-5, NTC 2050 SEC 362-8, NTC 20560 SEC 362-22, NTC 2050 SEC 362-7, NTC 2050 SEC 362-25 y NTC 2050 SEC 362-9.

Todos estos apartes de la norma referente siguen la disposición de cableado, canaletas y tipos de protecciones eléctricas de equipos.

- Normatividad en protocolos de comunicación: la mayoría de fabricantes de DCS aceptan el estándar de buses de campo IEC1158-2 para integrar sus

sistemas, además el estándar IEC-61804 especifica los bloques de funciones para interfaces entre tecnologías, cada bus de campo cumple una normatividad específica y se describe en la tabla 3.

**Tabla 3:** Normatividades en buses de campo industrial

TIPO	PROTOCOLO
IEC 61158, Tipo 1	Fundation FieldBus H1
IEC 61158, Tipo 2	ControlNet
IEC 61158, Tipo 3	Profibus DP/PA
IEC 61158, Tipo 4	Fundation FieldBus HSE
IEC 61158, Tipo 5	SwiftNet
IEC 61158, Tipo 7	WorldFIP
IEC 61158, Tipo 8	Interbus

**Fuente:** elaboración propia.



#### 4.2. Caracterización o conformación de la plataforma de entrenamiento

Dentro del hardware que en la plataforma se asocia al conjunto de componentes físicos que constituyen el diseño, se encuentra la descripción de los elementos tangibles y su disposición en el diseño final.

La plataforma que se diseñó permite que cualquier proceso con señales análogas y digitales pueda ser adaptable dependiendo de la cantidad necesaria de estas y que pueda ser integrable a otras tecnologías producidas

por los diversos fabricantes. Con las características de hardware definidas para la plataforma, se seleccionó el procesador, cables de comunicación, módulos de expansión entre otros. También se consideraron los requerimientos de software que permiten realizar las experiencias o prácticas de control y automatización, donde la plataforma es el sistema central conectado a equipos u otros sistemas para la operación de control distribuido.

En la tabla 4 se muestran los variados componentes de hardware y software que integran la plataforma.

**Tabla 4:** Componentes de hardware y software plataforma de entrenamiento

COMPONENTES DE HARDWARE Y SOFTWARE PLATAFORMA DE ENTRENAMIENTO	
Componente	Función y características
Unidad de control de campo (FCU). AFV10 D	Esta es el equipo principal del sistema CENTUM VP. Yokogawa dispone de tres tipos de unidad de control de campo AFV10 (características básicas), AFV30 (para plantas de medio tamaño) y AFV40 (plantas y procesos de alta complejidad). Las características de la AFV10 son: procesador y fuente de alimentación redundantes 8 slots para alojamiento de los variados módulos que se deseen incorporar.
Entradas y salidas análogas. AAI841	Módulo de entrada y salida análoga de 32 canales y protección galvánica.
Modulo análogo I/O (Con comunicación HART)	Módulo de entrada salida análoga y comunicación bajo protocolo HART de 8 canales.
Entradas y salidas digitales. ADV581	Dos módulos de entrada salida digital de 64 canales y protección galvánica.
Módulo de Comunicación FieldBus. ALF111	Este módulo necesita una fuente de alimentación externa a la del procesador, acondicionador de señal, segmento de señal.
Módulo de Comunicación Profibus-DP ALP121	Con este módulo se tendrá disponible la conectividad bajo este bus de campo que permitirá la interconexión de máximo 31 dispositivos con la plataforma.
Terminal Blocks	Conexión directa a los variados módulos que permite la interconexión con los terminal board, garantizando la compatibilidad y organización en el cableado de la plataforma.
Terminal Boards	Este es un medio que tiene el fabricante para conectar a sus equipos con la instrumentación u otros equipos, brinda la comodidad, organización y compatibilidad del cableado que se tenga que disponer en la plataforma.
Software	Se tiene una suite de software que permite la configuración del sistema, diseño de una vista gráfica en las estaciones de interfaz máquina humano, simulación del proceso en modo offline o sin estar enlazado con el proceso o planta, documentación de todo el proceso y su respectivo monitoreo, comunicación bajo OPC, gráficos de tendencias, soporte de todo el sistema directamente por el fabricante. Todo lo anterior con su respectivo licenciamiento.
Otros	*Cableado para interconexión dentro de la plataforma, dando la extensión necesaria y los colores que por norma se deben cumplir. *Canaleta ranurada para dar una presentación ordenada y estética a la plataforma. *Protecciones eléctricas (totalizador, interruptor termo magnético bipolar, relés, botones encendido, parada emergencia e indicadores lumínicos). *Riel DIN, fusibles, señalizadores, marquillas y amarres plásticos.

**Fuente:** elaboración propia.

### 4.3. Elaboración diseño final

Para la elaboración del diseño final, se fundamentó en todo la información recopilada y suministrada sobre los equipos denominados por Yokogawa de alta gama, se seleccionó los componentes que integrarían la plataforma y de acuerdo a los estándares y normatividad expuesta en secciones anteriores de este trabajo se realiza la disposición física acotada en tamaño real y su interconexión. Para el transporte, protección y alojamiento de la plataforma se eligió un maletín usado en la industria que cumpliera con las características mencionadas y las dimensiones pertinentes al diseño. Figura 7.

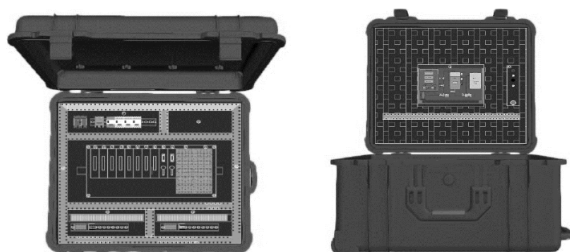
**Figura 7:** Alojamiento de la plataforma de entrenamiento



**Fuente:** elaboración propia.

En la figura 8 se aprecia cómo se estructuró la plataforma, el dimensionamiento de los equipos en medidas reales, su conexión respectiva. Donde se aprovecha la tapa del maletín para el alojamiento de la pantalla HMI y botones de encendido/apagado con sus respectivos indicadores visuales.

**Figura 8:** Disposición de elementos plataforma de entrenamiento



**Fuente:** elaboración propia.

Como resultados se deja una propuesta documentada que en sus anexos tiene los diseños preliminares y final, plano unifilar de la plataforma, cotización de cada equipo o componentes y demás soportes de la caracterización y estudio realizado

## 5. Resultados y conclusiones

La interacción entre la academia y la industria es una obligación que la producción a nivel mundial está exigiendo. Cuando se desarrollan proyectos donde el alumno realiza un acercamiento con una multinacional de control y automatización, observa su verdadero campo laboral y permite que la industria conozca las investigaciones y desarrollos adelantados en los claustros universitarios, algo que generará una retroalimentación que será beneficiosa para las partes involucradas en el proceso enseñanza-aprendizaje-aplicación.

La comprensión de la arquitectura de control de un sistema de automatización, permite la realización de esquemas o diseños con equipos específicos, donde se aplicarán normas y estándares de ingeniería que rigen el cableado, equipos de potencia y control, sistemas de acondicionamiento de señal y protecciones para la adecuada realización de una distribución de los elementos y garantizar el resguardo, no solo de los equipos sino también del operario al utilizar modelos que unifican criterios de seguridad.

A pesar de la inversión necesaria para la implementación de esta propuesta, se debe tener en cuenta la real necesidad de este tipo de equipos para desarrollar prácticas de laboratorio a la altura de las circunstancias actuales en el área de control a nivel industrial, permitiendo así a los estudiantes engranar el área académica con el campo laboral.

Se deja establecida una propuesta documentada para la implementación de plataformas de entrenamiento de alto nivel con el objeto de desarrollar prácticas que se aproximen a lo desarrollado hoy en la industria con sistemas de control, dejando claro que este proyecto brinda una oportunidad que permite a los estudiantes que cursan carreras de tecnología e ingeniería afines a la eléctrica y control, se inquieten por seguir realizando estudios e implementaciones a partir de esta propuesta.

## Referencias

- [1] J.L. Ariza D., and K. González G., “Implementación del sistema de control distribuido de Siemens en el laboratorio de automatización de la UPB, con una aplicación de proceso en el controlador central”. 2013.

- [2] O. Pinzón A., “Estado actual y futuro de la ingeniería de control”. *Revista Puente Científica*, 2010, vol. 4, no 2.
- [3] FESTO, “Sistema de Entrenamiento PLC” marzo, 2016. [En línea] Disponible en: [https://www.labvolt.com/solutions/1\\_mechatronics/80-3240-C0\\_programmable\\_logic\\_controller\\_siemens\\_et200s\\_im151\\_8\\_with\\_case](https://www.labvolt.com/solutions/1_mechatronics/80-3240-C0_programmable_logic_controller_siemens_et200s_im151_8_with_case)
- [4] IM 30-801, “Información de interesados en el suministro, instalación y configuración de sistemas de control distribuido Ecopetrol S.A”, marzo 2016. [En Línea] Disponible en: [http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/ser-contratista/planeacion-contractual/inteligencias-de-mercado-2012-y-anteriores/!ut/p/z0/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfjjo8ziLQIMHd09DQy9DcxdjA0cjRwNvdzcTV29Asz1C7IdFQFLcENh/](http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/ser-contratista/planeacion-contractual/inteligencias-de-mercado-2012-y-anteriores/!ut/p/z0/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfjjo8ziLQIMHd09DQy9DcxdjA0cjRwNvdzcTV29Asz1C7IdFQFLcENh/)
- [5] K. I. Inoue, E. Yamashita, N. Ura, & M. Nakahara, “Concept of Stardom Network-Based Manufacturing Solution”. Yokogawa Technical Report-English Edition-, pp. 1-4, 2002.
- [6] T. Murakami, S. Matsuda, J. Nishida, & S. Oosako, “Integrated Simulation Environment for ProSafe—RS Safety System”. Yokogawa Technical Report-English Edition-, pp. 45, 51, 2008.
- [7] S. Oda, & K. Torigoe, “Development Concept of the CENTUM VP New Integrated Production Control System—Operational Excellence by Vigilant Plant”. Yokogawa Technical Report-English Edition-, pp. 45, 35, 2008.
- [8] CENTUM VP, “Systems Configurations”, marzo, 2016. [En línea] Disponible en: <http://www.yokogawa.com/dcs/centumvp/overview/dcs-vp-0201en.htm>