

**TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS  
NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN**

**MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO  
RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2008**

**TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS  
NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN**

**MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO  
RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ**

**DIRECTOR  
PhD. JOSE LUIS VILLA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2008**

**TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS  
NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN**

**MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO  
RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ**

**Monografía para optar al título de ingeniero electrónico**

**DIRECTOR  
PhD. JOSE LUIS VILLA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.**

**2008**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

Cartagena D.T. Y C., Febrero de 2008

Señores

**COMITÉ CURRICULAR**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**  
La ciudad

Respetados señores:

Con todo el debido respeto y atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación de la monografía titulada **TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN** como requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico.

Atentamente,

---

MANUEL DEL C. LOZANO LOZANO

---

RICHARD ZAMORA MUÑOZ

Cartagena D..T. Y C., Febrero de 2008

Señores

**COMITÉ CURRICULAR**  
**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**  
La ciudad

Respetados señores:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada **TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA ASOCIADAS A LOS NIVELES SUPERIORES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN** para su estudio y evaluación, la cual fue realizada por los estudiantes MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO y RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ, de la cual acepto ser su director.

Atentamente,

---

**PhD. JOSE LUIS VILLA**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.182.919 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

---

**MANUEL DEL CRISTO LOZANO LOZANO**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.198.681 de Cartagena, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

---

**RICHARD ALBERT ZAMORA MUÑOZ**



*Dedicamos el fruto de nuestro esfuerzo al Señor Soberano Jehová, a nuestros padres, familiares, profesores, amigos y demás personas que siempre confiaron en nuestras capacidades para lograr nuestra meta y que siempre estuvieron a nuestro lado para ayudarnos.*

---

Manuel del Cristo Lozano Lozano

---

Richard Albert Zamora Muñoz

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	18
<b>1. LA PIRAMIDE DE LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL</b> .....	20
<b>1.1 ¿QUÉ ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL?</b> .....	20
<b>1.2 ¿QUÉ ES LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN?</b> .....	21
<b>1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN</b> .....	25
<b>1.3.1 Nivel de instrumentación o de campo</b> .....	25
<b>1.3.2 Nivel De Control</b> .....	26
<b>1.3.3 Nivel de Supervisión.</b> .....	27
<b>1.3.4 Nivel de planificación.</b> .....	28
<b>1.3.5 Nivel de Gestión</b> .....	32
<b>2. TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LOS NIVELES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN</b> .....	36
<b>2.1 EL PAPEL DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS</b> .....	36
<b>2.1.1 ANSI/ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Sistema de Control de Integración Parte 1: Terminología y modelos</b> .....	38
<b>2.1.2 ANSI/ISA-95.00.02-2001, Enterprise-Integración de Sistemas de Control de la Parte 2: Objeto Modelo Atributos</b> .....	40

2.1.3 ANSI/ISA-95.00.03-2005, Enterprise-Control System Integration, Parte 3: Modelos de Gestión de las Operaciones de Fabricación. ....	41
2.1.4 ANSI/ISA-95.04 Objeto Modelos y atributos de la parte 4 ISA-95: "Objeto modelos y las características de fabricación de Gestión de las Operaciones".....	41
2.1.5 ANSI/ISA-95,05 B2M Transacciones Parte 5 de ISA-95: "a la fabricación de las transacciones de negocios".....	41
<b>2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y SU APLICACIÓN INDUSTRIAL</b> .....	42
2.2.1 Tecnología implementada por SIEMENS.....	42
2.2.1.1 Tecnología de automatización SIMATIC.. ..	42
2.2.1.2 Manufacturing Execution Systems (MES).....	43
2.2.1.3 SIMATIC IT Production Suite.....	43
2.2.1.4 SIMATIC IT Historian.....	44
2.2.1.5 SIMATIC IT Unilab.. ..	44
2.2.1.6 SIMATIC IT Interspec. ....	45
2.2.1.7 SIMATIC IT Genealogy Management. ....	45
2.2.1.8 SIMATIC IT MIS (Management Information System). ....	45
2.2.1.9 SIMATIC Safety Integrated. ....	45
2.2.1.10 SIMATIC PCS 7. ....	46
2.2.2 Tecnologías implementadas por Rockwell. ....	48

2.2.2.1 RS PMX MES.....	49
2.2.2.2 RS PMX Connect MES. ....	49
2.2.2.3 RS PMX Visual MES. ....	50
2.2.2.4 RS PMX Warehouse MES. ....	50
2.2.2.5 RS PMX Recipe MES.....	51
2.2.2.6 RS PMX SkillTrack MES. ....	51
2.2.2.7 FactoryTalk.....	51
2.2.3 Tecnologías ABB.....	52
2.2.3.1 ECS Enterprise Connectivity Solution. ....	52
2.2.3.2 Sistema de Migración Honeywell.....	53
2.2.3.3 Real-TPI.....	53
2.2.3.4 Engineering 800xA. ....	54
2.2.3.5 System 800XA Information Management Historian. ....	54
2.2.3.6 Industrial IT System 800xA High Integrity Safety Instrumented System (SIS). ....	54
2.2.3.7 Industrial IT System 800XA Control. ....	55
2.2.3.8 Panel 800. ....	55
2.2.3.9 800xA Asset Optimization. ....	56
2.2.3.10 800xA Engineering - Process Control Device Library. ....	56
2.2.3.11 The Industrial IT Training Simulator. ....	57

<b>2.3 TABLAS DE SÍNTESIS DE LAS TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA OFRECIDAS POR SIEMENS, ROCKWELL Y ABB .....</b>	<b>57</b>
<b>ANÁLISIS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pirámide de la automatización.....	22
Figura 2. Pirámide propuesta por ANSI/ISA 95 Parte 1.....	23
Figura 3. Jerarquía funcional de los niveles de la pirámide.....	25
Figura 4. Diagrama de MES.....	30
Figura 5. Arquitectura SIMATIC PCS 7.....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por SIEMENS.....	59
Tabla 2. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por Rockwell Automation.....	60
Tabla 3. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por ABB.....	61

## GLOSARIO

**B2M:** Bacht to Management

**BES:** Batch Execution System

**CAD:** Computer Added Design

**CFR 11:** Esta regulación abarca, no sólo a la industria farmacéutica a nivel mundial, sino a otras industrias, tales como laboratorios, sector de cosméticos, química fina y bioquímica, así como las industrias de alimentación y bebidas. La Parte 11 tiene especial influencia en compañías que exportan a todo el mundo y en especial a las que lo hacen a los Estados Unidos.

**COM:** Component Object Model

**DCOM:** Distributed Component Object Model

**DCS:** Distibuted Control System

**DNV:** Det Norske Veritas

**EBR:** Electronic Batch Register

**ERP:** Enterprise Resource Planning

**IEC 61131-3:** IEC 61131-3 es la tercera parte de la norma internacional IEC abierto 61.131, y se publicó por primera vez en diciembre de 1993 por la Comisión Electoral Independiente. La actual (segunda) edición fue publicada en 2003.

**IEC 61508:** La norma internacional IEC 61508 "funcional seguridad de los eléctricos / electrónicos / electrónicos programables relacionados con la seguridad de sistemas (S / E / PSE)" pretende ser una norma de seguridad básica funcional aplicables a todo tipo de industria. IEC 61508 define la seguridad funcional, como: "parte de la seguridad general en relación con la EUC (Equipo Bajo Control) y la



EUC sistema de control que depende del correcto funcionamiento de la E / E / PE relativa a la seguridad de los sistemas, la tecnología de otros relacionados con la seguridad de sistemas externos y la reducción del riesgo de las instalaciones. "

**IEC61511:** La técnica estándar **IEC 61511** establece lo que se considera como buenas prácticas en la ingeniería de sistemas que garanticen la seguridad de un proceso industrial mediante el uso de la instrumentación. Estos sistemas se denominan Sistemas de seguridad instrumentada

**KPI:** Key Performance Indicator

**LIMS:** Laboratory Information Management System

**MES:** Manufacturing Execution System

**MFC:** Multiple Automation Program

**ODBC:** Open Data Base Connectivity

**OEE:** Overall Equipment Effectivity

**OLE:** Object Linking and Embbeding

**OPC:** Object Linking and Embbeding for Process Control

**PLC:** Programmable Logic Controller

**SAP:** System Application and Products

**SCADA:** Supervisory Control and Data Acquisition

**Sensor:** Un sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.

**SOA:** Service Oriented Architecture

**SOP:** Standard Operation Procedures

**Transductor:** Un transductor es el dispositivo que transforma una magnitud física (Mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica.

**UL:** Underwriters Laboratories

**VBA:** Visual Basic For Application

## INTRODUCCIÓN

A través del tiempo el hombre siempre ha intentado hacer su vida más fácil y cómoda. Para ello ha diseñado y construido muchos aparatos tecnológicos que le han facilitado el trabajo o que en su defecto han permitido que se puedan realizar actividades y labores nunca antes conseguidas debido a las limitaciones existentes. Hasta principios del siglo XX las piezas mecánicas eran la clave para la industria y el desarrollo de procesos industriales. Los sistemas de automatización potenciados por relés electromagnéticos marcan el precedente de la evolución tecnológica. Por tanto, la aparición de los autómatas programables permitió que los procesos industriales fuesen más eficientes y precisos. Esto hizo un sistema más flexible y creó la posibilidad de eliminar el costo que se producía al reemplazar el sistema complejo de relés y contactores.

Ésta monografía trata del concepto de la pirámide de la automatización relacionado con las tecnologías asociadas a cada nivel de la pirámide. Se explica qué elementos intervienen en cada nivel y cómo se comunican entre sí. En el primer nivel de la pirámide encontramos algunas tecnologías como sensores, actuadores y otro tipo de instrumentación que interactúan directamente con el proceso productivo, toda esta información se lleva a través de buses de campo a un segundo nivel de control donde se almacenan los datos y se envían a un nivel superior de control avanzado. En este piso de la pirámide se visualiza el proceso mediante un software de supervisión SCADA que permite hacer monitoreo constante y algunas veces en tiempo real. Los niveles de gestión y planificación ocupan las posiciones más altas de la pirámide y es donde se hace la planeación estratégica y gestión de la producción.

Se ha desarrollado esta monografía para describir las tecnologías y herramientas de ingeniería propuestas como solución a los problemas de la automatización de

procesos. Se enfocan los niveles superiores de la pirámide debido a que existe una vasta información dedicada a los niveles inferiores de la pirámide. El problema se encuentra en los niveles superiores donde la información que se tiene no es muy clara ni específica.

En vista de que la integración de los procesos de automatización industrial y los procesos de planificación y gestión dentro de la empresa es una tendencia mucho más marcada en la actualidad, cobra mucha importancia hablar de las tecnologías existentes en el mercado actual que brinden soluciones reales a la integración de los niveles de gestión de la empresa con los niveles de producción. En ésta monografía describiremos el alcance de las soluciones tecnológicas que ofrecen las empresas: SIEMENS, ROCKWELL, ABB.

## 1. LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

Este capítulo muestra a nivel general el concepto de la automatización industrial, el funcionamiento básico de un sistema automatizado, la descripción de la pirámide de la automatización y cada uno de los niveles que la integran. Se hace referencia a las tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas a cada nivel y además, se muestra el modelo propuesto por la ANSI/ISA-95.00.03.2005 para la pirámide de la automatización.

También se describen algunos factores importantes de las herramientas de ingeniería que influyen en las tecnologías utilizadas en cada nivel de la pirámide. Por ejemplo, la optimización de activos, eficiencia de ingeniería, seguridad integrada, administración de la información, control avanzado, entre otros, son algunos de los factores que se relacionan con las tareas que se desarrollan en los diferentes niveles de la pirámide.

### 1.1 ¿QUÉ ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL?

**“Automatización Industrial.** (Automatización; del griego antiguo: guiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos. El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo; la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye

los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales”.<sup>1</sup>

Básicamente un sistema automatizado funciona de la siguiente manera: mediante la utilización de captores o sensores se recibe la información sobre el funcionamiento de las variables que deben ser controladas tales como: temperatura, presión, velocidad, espesor o cualquier otra que pueda cuantificarse. Esta información se convierte en una señal, que se compara con un valor deseado para determinada variable. Si esta señal no concuerda con la norma de inmediato se genera una señal de control que ejecuta una acción sobre el proceso de producción capaz de sintonizar la señal original en el valor o la dirección deseada.

## **1.2 ¿QUÉ ES LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN?**

Es una estructura estratégica orientada a la intercomunicación de cada uno de los niveles en el proceso de producción en una empresa. Esta estructura que integra personas, procesos, información y estructuras tecnológicas, proporciona un método más eficaz de gestión que ofrece muchas ventajas competitivas para la empresa. [2]

La pirámide permite visualizar los elementos que intervienen en cada nivel e identificarlos dentro del proceso de producción. La toma de datos y medición de variables se lleva a cabo en el nivel más bajo de la pirámide que finalmente

---

<sup>1</sup> WIKIPEDIA, Automatización industrial [En línea].

<[http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n\\_industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial)> [Consultado en Octubre 8 de 2007]

asciende hasta niveles de control, supervisión y gestión que generan la toma de decisiones para la planificación del mejoramiento continuo de la producción.

Los niveles de la pirámide están entrelazados por diferentes tecnologías propias de cada fase de la producción. Esta jerarquización hace posible entonces determinar la clase de instrumentos o herramientas tecnológicas que se usan en cada piso de la pirámide.

Los niveles que conforman la pirámide (figura 1) son básicamente cinco, ordenados de forma ascendente de la siguiente manera:

- Nivel de instrumentación o de campo
- Nivel de control
- Nivel de Supervisión.
- Nivel de Planificación
- Nivel de gestión

Figura 1. Pirámide de la Automatización

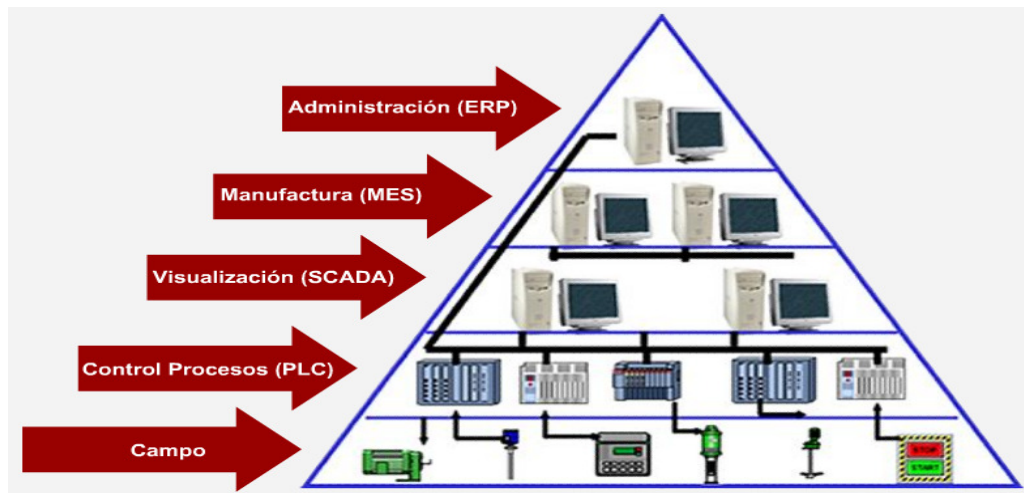


Fuente: Estado del arte de la automatización industrial en Cartagena

La necesidad de tratar adecuadamente la información que se genera en la elaboración, fabricación, o implementación de cualquier producto en determinada empresa obliga a tener un modelo claro de representación de los procesos que se dan en esa empresa y de cómo se relacionan estos entre si, todo esto es necesario si se quiere sobrevivir y crecer en el entorno actual, además todos los empleados de una empresa dependen de esta información para realizar su trabajo.

En la figura 2 se muestra un modelo sencillo propuesto por ANSI/ISA 95.00.03-2005 de una empresa con los niveles de control/gestión de la información.

Figura 2. Pirámide propuesta por ANSI/ISA 95 parte 1



Fuente: ANSI/ISA-95.00.03-2005. Enterprise/control system integration-part 3: Models of manufacturing operation management.

De la misma forma en que existe una representación en forma de pirámide para los niveles de la automatización, también podemos mirar las actividades que se

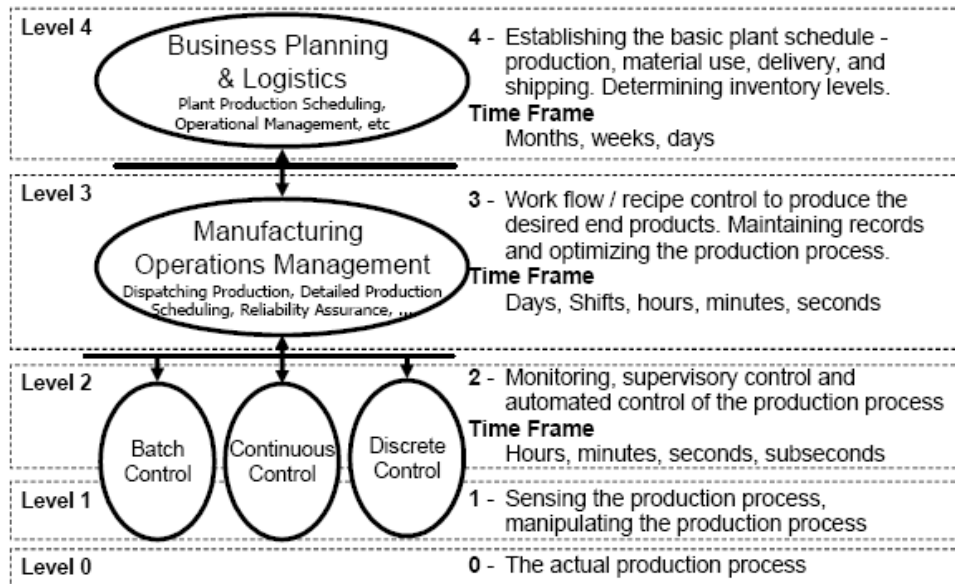


realizan en cada nivel mediante la jerarquía de multiniveles que se presenta en la figura 3.

Cada nivel muestra las funciones especializadas y las características intrínsecas del proceso realizado en los niveles y sus tiempos de ejecución:

- a. El nivel cero define el proceso físico en la planta.
- b. El nivel uno define las actividades relacionadas con la medición de variables y la manipulación del proceso físico. Este nivel opera en intervalos de tiempos muy pequeños como segundos o más rápido.
- c. El nivel dos define las actividades de monitoreo y control del proceso físico. Este nivel opera en marcos de tiempo de horas, minutos, segundos y milisegundos.
- d. El nivel tres define las actividades del diagrama de flujo para establecer las características del producto final deseado. Esto incluye las actividades de registros de mantenimiento y la coordinación de procesos. Este nivel opera típicamente en marcos de tiempos de días, horas o minutos.
- e. El nivel cuatro define las actividades relacionadas con la gestión empresarial necesarias para el manejo de la organización de la producción. Esto incluye la programación de las actividades básicas de la planta (uso de materiales, entregas e impuestos), determinar los niveles de inventarios, y asegurar que los productos sean entregados a tiempo. El tiempo de operación típico es de meses, semanas y días.

Figura 3. Jerarquía funcional de los niveles de la pirámide



Fuente: ANSI/ISA-95.00.03-2005. Enterprise/control system integration-part 3: Models of manufacturing operation management

### 1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN

A continuación se describen las características de cada uno de los niveles de la pirámide de la automatización y se hace mención de las tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas a cada uno de estos.

**1.3.1 Nivel de instrumentación o de campo.** El nivel básico o nivel cero es donde se realiza el proceso de fabricación. Es el nivel de menor rango en la estructura y se caracteriza por la existencia de maquinarias con que se realizan las operaciones elementales de producción de la empresa.

También están situados todos los dispositivos de campo que interactúan con el proceso que tienen como funcionalidad medir las variables del mismo: sensores, actuadores, transductores, etc.

En este nivel el rol de los operadores de planta es muy importante. Ellos son los capacitados para monitorear de cerca el proceso y obtener datos de la lectura de los distintos instrumentos de medición de las variables del proceso para llevar un detalle de su comportamiento y funcionamiento. La comunicación entre los operadores de planta y los ingenieros encargados es indispensable para que se establezcan acciones de mejoramiento continuo, y en ciertos casos mejorar y modificar algunas herramientas de ingeniería para que el trabajo del operador sea más eficiente.

La seguridad es otro factor influyente en este nivel de la pirámide de la automatización. Teniendo en cuenta que los procesos industriales son en su mayoría riesgosos se establecen normas de seguridad que protegen la integridad física y mental del trabajador. Si estos factores son tenidos en cuenta las tareas desarrolladas en este nivel se harán de forma correcta y la calidad de la información que fluye hacia el siguiente nivel será mucho más precisa. La ejecución del proceso en este nivel debe estar a punto para que las decisiones que se toman en los niveles superiores sean acertadas y convenientes.

**1.3.2 Nivel De Control.** El nivel uno de la pirámide consta de controladores, como autómatas programables, tarjetas de control, ordenadores industriales, entre otros, que constituyen los elementos de mando y de control de la maquinaria y los dispositivos que se encuentran en el nivel básico de la pirámide. Se puede decir que estos controladores establecen una conexión directa entre el nivel cero y el nivel dos de la pirámide que ya empieza a ejercer labores de supervisión.

En dicho nivel se encuentran los PLCs y controladores, encargados de la regulación, el control de secuencias y los enclavamientos de seguridad y operación del proceso. Las señales llegan desde el nivel inferior vía alambrado o en algunos casos vía redes de comunicación dedicadas.

La eficiencia de ingeniería es una herramienta clave en este nivel. La programación del PLC es vital para establecer un buen control y regulación del proceso y evaluar las variables que intervienen en él. Por tanto el diseño del programa que controla el proceso influye en otros factores como impacto ambiental, control avanzado, optimización de activos y escalabilidad del sistema. Es necesario que se dé atención detallada a los factores ambientales para que los índices de impacto sean mínimos. Los materiales de desecho y desperdicio deben recibir un tratamiento que minimice el grado de contaminación del ambiente y mejore también la reutilización de la materia prima. Este nivel es determinante para el control avanzado y de supervisión que se lleva a cabo en el siguiente piso de la pirámide.

**1.3.3 Nivel de Supervisión.** Toda la información generada en el nivel de control, estados de proceso, enclavamientos, variables asociadas a los lazos de control y otros es recibida por el nivel 2 ó nivel de control centralizado en el instante en que es generada. Las principales tareas de este nivel son la supervisión integral del proceso, la optimización de la operación y el mantenimiento preventivo. Es en este nivel donde se almacena en una base de datos la información del proceso. Un operador puede en todo momento generar las consignas para todos los lazos del proceso y verificar su funcionamiento. [4]

En este nivel se utilizan las herramientas de ingeniería de supervisión para comenzar a administrar la información, es decir, tener una base de datos centralizada que pueda ser consultada por los niveles superiores para tomar decisiones y negociar de acuerdo a la realidad de la producción de planta. En las

tablas de las soluciones ofrecidas por empresas con presencia nacional, encontramos herramientas como SIMATIC IT Historian, FACTORYTALK DIRECTORY, entre otras, que son de gran ayuda para este caso.

Actualmente se dispone de software de supervisión poderosos, con facilidades de comunicación con más de 30 protocolos, tiempos de actualización de la base de datos de 50 ms, almacenamiento en disco, configurable por el usuario. El manejo de alarmas en distintos niveles con ventanas especiales asociadas, el despliegue de sinópticos de cada etapa del proceso y los despliegues de tendencias de históricos o en tiempo real son otras de las funcionalidades de este nivel. Además pueden generarse recetas de producción, y reportes con distintos tipo de formato sobre variables del proceso o de las maquinas, con orientación al mantenimiento preventivo, por ejemplo.

Algunas herramientas de ingeniería relacionadas con el tema de la seguridad integrada, que nos permiten tener alarmas en tiempo real son, SIMATIC IT Production Suite, Industrial IT System 800xA High Integrity Safety Instrumented System (SIS).

Desarrollos que incluyen opciones multimedia, incorporación de imágenes e incluso sonidos del proceso en la estación de operación son hoy en día habituales. Las imágenes de video pueden ser capturadas para exportación y posterior análisis, ayudando así a verificar distintos aspectos del proceso factibles de ser mejorados. Mediante el análisis pueden reconocerse objetos, por ejemplo el tipo de vehículos en una ruta o el tipo de productos en una línea de producción.

**1.3.4 Nivel de planificación.** Es el nivel de administración de la producción. Permite la planificación de la producción, facilita la ingeniería de proceso, al dar a los responsables información global actualizada de todo el proceso productivo. En este nivel pueden identificarse tanto falencias como cuellos de botella u otros

como fortalezas de las distintas etapas del proceso productivo. Las herramientas de ingeniería en este nivel están dirigidas a la optimización de activos, eficiencia de ingeniería y sistemas de administración de la información.

Los responsables de la planificación pueden optar, en base a los stocks disponibles y pedidos de productos, activar las diferentes etapas de la producción de manera coordinada, basándose en información que les está llegando directamente a su escritorio. La ingeniería del proceso en este nivel es necesaria para establecer parámetros que determinen un sistema de control de calidad. Con toda la información recolectada de los niveles inferiores de la pirámide se logra hacer un análisis estadístico y tomar decisiones que permitan optimizar los procesos y reducir cuellos de botella que retrasen los tiempos de producción.

En este nivel realizan las siguientes las siguientes tareas:

- Programación de la producción
- Gestión de materiales
- Gestión de compras
- Análisis de costes de fabricación
- Control de inventarios
- Gestión de recursos de fabricación
- Gestión de calidad
- Gestión de mantenimiento

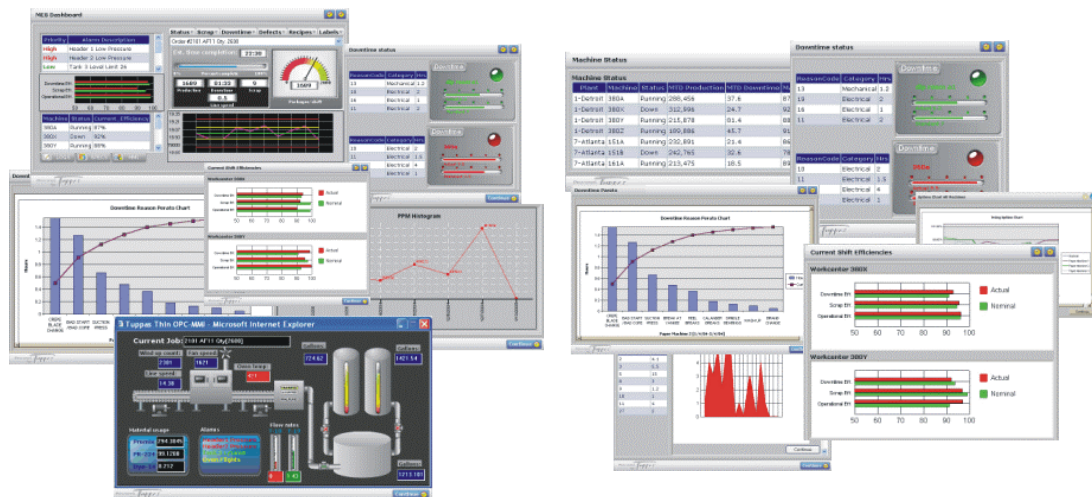
Este nivel emite los programas hacia el nivel 2 y recibe de éste las incidencias de la planta de tal forma, que se realice un análisis del comportamiento de la planta y se tomen decisiones al respecto. Esta información se comunica al nivel superior de la pirámide donde se hace la planeación de los recursos de la empresa.

El sistema de ejecución de manufactura (MES) es una herramienta tecnológica que se utiliza para crear soluciones ligadas al proceso de producción de la planta.

Este llena el vacío entre el equipo de administración y la planta de operaciones. Los sistemas proveen datos en tiempo real para que el control de procesos sea más eficiente. Los sistemas de ejecución de manufactura reúnen información de los procesos de venta/pedidos, proveen instrucción a los operadores y a los equipos, y comunican el estado de la producción, consumo de material, control de calidad e información de mantenimiento que retorna al equipo administrativo.

Con esta información en tiempo real, las empresas pueden monitorear las condiciones de la planta y tomar acciones rápidas para incrementar la productividad, mejorar la calidad del producto, utilización de las maquinas y reducir los costos. Esta información permite al equipo directivo examinar las aéreas del negocio, identificar mejoras y soluciones a cualquier problema. La figura 4 muestra diagrama de visualización del MES. [5]

Figura 4. Diagrama de MES



Fuente: [www.itcingeneria.cl/elmespermitediagrama2.htm](http://www.itcingeneria.cl/elmespermitediagrama2.htm)

El MES permite realizar las siguientes tareas [6]:

La aplicación de la metodología explicada anteriormente permitirá la realización de una serie de actividades, a continuación detallamos las más importantes:

- Reportes de producción incluyendo los costos variables de manufactura.
- Recolectar y mantener los datos por área de producción como inventario, materias primas, partes reservadas y uso de energía.
- Recolectar datos y análisis offline requerido por los Ingenieros. Esto incluye análisis estadístico de calidad y funciones de control relacionadas.
- Llevar a cabo las funciones de necesidad del personal como: estadísticas del periodo de trabajo, calendario de vacaciones, capacitación y clasificación de personal.
- Modificar los calendarios de producción para compensar las interrupciones no programadas en la producción.
- Determinación de los niveles óptimos de inventario para materias primas, fuentes de energía, repuestos y balance de producto bueno en cada punto de almacenamiento. Para esto se requiere planificación de requerimientos en materiales.
- Modificar la planificación de producción por las órdenes recibidas, basado en la disponibilidad de los recursos, energía y requerimientos de mantenimiento.
- Recolectar y mantener los archivos de calidad de cada producto.
- Recolectar y mantener la historia de vida necesaria de máquinas y equipos para realizar mantenimiento predictivo y preventivo.



**1.3.5 Nivel de Gestión.** Éste nivel se caracteriza por estar constituido por computadores donde se administra toda la información de planeación y gestión de la empresa.

Las siguientes tareas son realizadas en este nivel:

- Gestión comercial y de marketing
- Planeación estratégica
- Financiera y administrativa
- Gestión de recursos humanos
- Ingeniería de producto
- Ingeniería de proceso
- Gestión de tecnología
- Gestión de sistemas de información.
- Investigación y desarrollo.

Se emite información al nivel 3 sobre la situación comercial y se recibe información sobre cumplimiento de programas, costes, etc.

Un ejemplo de la utilidad de la comunicación de los niveles inferiores con el nivel de gestión es la obtención de información en este nivel acerca de las materias primas consumidas, la producción realizada, los tiempos de producción, niveles de almacenado de productos finales, etc. Con esta información, los gestores de la empresa pueden extraer estadísticas acerca de los costes de fabricación, rendimiento de la planta, estrategias de ventas para liberar posibles excesos de producto almacenado, y en general, disponer de datos que permitan a los niveles directivos tomar decisiones para optimizar el funcionamiento de la planta, de una manera rápida y flexible.

Los sistemas de planificación de recursos de la empresa (en inglés **ERP**, *enterprise resource planning*) son sistemas de gestión de información que integran y automatizan muchas de las prácticas de negocio asociadas con los aspectos operativos o productivos de una empresa.

Los sistemas ERP son sistemas integrales de gestión para la empresa. Se caracterizan por estar compuestos por diferentes partes integradas en una única aplicación. Estas partes son de diferente uso, por ejemplo: producción, ventas, compras, logística, contabilidad, gestión de proyectos, GIS (sistema de información geográfica), inventarios y control de almacenes, pedidos, nóminas, etc. Sólo podemos definir un ERP como la integración de todas estas partes. Lo contrario sería como considerar un simple programa de facturación como un ERP por el simple hecho de que una empresa integre únicamente esa parte. Ésta es la diferencia fundamental entre un ERP y otra aplicación de gestión. El ERP integra todo lo necesario para el funcionamiento de los procesos de negocio de la empresa. No podemos hablar de ERP en el momento que tan sólo se integra uno o una pequeña parte de los procesos de negocio. La propia definición de ERP indica la necesidad de disponibilidad de toda la información para todo el mundo todo el tiempo.

Los objetivos principales de los sistemas ERP son:

- Optimización de los procesos empresariales.
- Acceso a toda la información de forma confiable, precisa y oportuna (integridad de datos).
- La posibilidad de compartir información entre todos los componentes de la organización.
- Eliminación de datos y operaciones innecesarias de reingeniería.

El propósito fundamental de un ERP es otorgar apoyo a los clientes del negocio, tiempos rápidos de respuesta a sus problemas, así como un eficiente manejo de información que permita la toma oportuna de decisiones y disminución de los costos totales de operación.

Las características que distinguen a un ERP de cualquier otro software empresarial, es que deben de ser sistemas integrales, modulares y adaptables:

**Integrales**, porque permiten controlar los diferentes procesos de la compañía entendiendo que todos los departamentos de una empresa se relacionan entre sí, es decir, que el resultado de un proceso es punto de inicio del siguiente. Por ejemplo, en una compañía, el que un cliente haga un pedido representa que se cree una orden de venta que desencadena el proceso de producción, de control de inventarios, de planificación de distribución del producto, cobranza, y por supuesto sus respectivos movimientos contables. Si la empresa no usa un ERP, necesitará tener varios programas que controlen todos los procesos mencionados, con la desventaja de que al no estar integrados, la información se duplica, crece el margen de contaminación en la información (sobre todo por errores de captura) y se crea un escenario favorable para malversaciones. Con un ERP, el operador simplemente captura el pedido y el sistema se encarga de todo lo demás, por lo que la información no se manipula y se encuentra protegida.

**Modulares**. Los ERP entienden que una empresa es un conjunto de departamentos que se encuentran interrelacionados por la información que comparten y que se genera a partir de sus procesos. Una ventaja de los ERP, tanto económica como técnica es que la funcionalidad se encuentra dividida en módulos, los cuales pueden instalarse de acuerdo con los requerimientos del cliente. Ejemplo: ventas, materiales, finanzas, control de almacén, recursos humanos, etc.

**Adaptables**. Los ERP están creados para adaptarse a la idiosincrasia de cada empresa. Esto se logra por medio de la configuración o parametrización de los procesos de acuerdo con las salidas que se necesiten de cada uno. Por ejemplo, para controlar inventarios, es posible que una empresa necesite manejar la partición de lotes pero otra empresa no. Los ERP más avanzados suelen incorporar herramientas de programación de 4ª Generación para el desarrollo

rápido de nuevos procesos. La parametrización es el valor añadido fundamental que debe contar cualquier ERP para adaptarlo a las necesidades concretas de cada empresa.

En este nivel de gestión encontramos los ERPs que la empresa utiliza para la planeación de sus recursos. Algunos software utilizados como SAP son una herramienta fundamental para que se lleven a cabo las tareas mencionadas anteriormente. Por consiguiente en este nivel de la pirámide se manejan tecnologías de la información que permiten tomar decisiones y planear estrategias que mejoren los procesos administrativos y productivos de la empresa.

Actualmente, sigue siendo un problema por solucionar disminuir la brecha entre las Tecnologías de la Información (TI) y los sistemas de automatización industrial; la tendencia es crear soluciones integradas que faciliten el trabajo de gestión y planificación de la empresa en tiempo real. [7]

## **2. TECNOLOGÍAS ASOCIADAS A LOS NIVELES DE LA PIRÁMIDE DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Al principio, el software de interfaz máquina-operador (HMI) tenía un papel claramente definido en una fábrica: simplemente servía de vínculo entre las máquinas y las personas que las utilizaban, proporcionando diversos elementos de control para visualizar datos de procesos, emitiendo alarmas, registrando datos, aportando animación a los gráficos y representando visualmente el estado de las máquinas y los procesos. [8]

Hoy, el centro de atención de los procesos de fabricación ha cambiado del hardware (máquinas) al software, y del software HMI que controla la fabricación discreta y de procesos al middleware (software intermedio) capaz de ofrecer soluciones que abarcan toda la empresa. Con el aumento y la mayor diversidad de las necesidades, el software HMI ha evolucionado desde una herramienta de visualización en el taller de la fábrica hasta convertirse en una auténtica interfaz de empresa que permite capturar, controlar y transmitir datos desde el taller hasta la empresa misma del cliente.

### **2.1 EL PAPEL DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS**

Las nuevas tecnologías comerciales, así como las que continúan surgiendo, son las que han hecho posible la evolución hacia una interfaz de empresa. Las empresas especializadas en software de automatización industrial que cooperan estrechamente con sus clientes y que están al tanto de la evolución de sus necesidades no tardaron en reconocer las ventajas que estas tecnologías (como por ejemplo COM y DCOM, OLE, ODBC, OPC, VBA y ActiveX) podían reportar

sus clientes. Estas tecnologías no sólo amplían las posibilidades del software HMI tradicional, sino que además ofrecen características, hasta ahora, sin precedentes en cuanto a capacidad de personalización, escalabilidad (facilidad de ampliación y actualización), interoperabilidad con otros sistemas abiertos y portabilidad en múltiples plataformas.

Las tendencias en el mercado de los sistemas de control están migrando a la integración vertical, es decir, hacia un sistema unificado para obtener una mayor funcionalidad y optimizar los procesos de producción.

De acuerdo a lo anterior, entran en juego los siguientes factores importantes:

- Rol de los operadores
- Optimización de activos
- Eficiencia en ingeniería
- Control avanzado
- Impacto ambiental
- Administración de información
- Seguridad integrada
- Migración de sistemas
- Soluciones escalables

Estos factores son los que precisamente se administran por un sistema de control integrado y eficiente. Las nuevas tecnologías ofrecen herramientas que solucionan los problemas de automatización y gestión de la empresa. Los factores mencionados arriba se relacionan con cada uno de los niveles de la pirámide para desarrollar los procesos involucrados en cada uno de ellos.

El estado actual de las tecnologías de soluciones integrales está regulado por un estándar que contiene los requerimientos y parametrizaciones de las herramientas, modelos y objetos que se deben utilizar a la hora de implementar las tecnologías integración de la empresa con la producción.

El estándar ISA-95 es una norma internacional para el desarrollo de un sistema automatizado de interfaz entre las empresas y los sistemas de control. Este estándar ha sido desarrollado para los fabricantes mundiales. Ha sido desarrollado para ser aplicado en todas las industrias, y en todo tipo de procesos, como los procesos por lotes, continuos repetitivos.

Los objetivos de ISA-95 son proporcionar una terminología coherente, que es una fundación para el proveedor y el fabricante de comunicaciones, proporcionar información consistente modelos, y para proporcionar modelos de operaciones, que es una de las bases para la solicitud de aclaración de la funcionalidad y la forma en que la información se va a utilizar.

Existen 5 partes del estándar ISA-95 [9]:

**2.1.1 ANSI/ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Sistema de Control de Integración Parte 1: Terminología y modelos.** Éste estándar define la terminología y los modelos de objeto, que pueden ser usados para decidir qué información debe ser Intercambiada.

Los modelos ayudan a definir los límites entre la empresa y los sistemas de control. Ellos ayudan a abordar cuestiones como las tareas que pueden ser ejecutadas por la función y el tipo de información que debe ser intercambiada entre aplicaciones. Aquí hay una representación gráfica de las funciones de control de la empresa modelo.

## ISA-95 Modelos

- Contexto
- Modelos jerárquico
  - Programación y control
  - Equipo jerarquía
- Funcional modelo de flujo de datos
  - Funciones de Fabricación
  - Flujos de datos
- Objeto Modelos
  - Objetos
  - Objeto Relaciones
  - Objeto Atributos
- Operaciones de modelos de actividad
  - Elementos de Operaciones
  - Operaciones de modelo de flujo de datos
  - Funciones de Operaciones
  - Operaciones Corrientes

Los modelos y terminologías pueden ser utilizados para diferentes objetivos, por ejemplo:

- Utilice los modelos jerárquicos para definir la forma en que su empresa se estructura, cuando se habla de los departamentos y sistemas de automatización;
- Utilice el modelo funcional para determinar qué departamentos y los sistemas son los responsables de las funciones de interés general;



- Utilice el modelo funcional para determinar qué flujos de información de un departamento a otro departamento, y que los flujos de información de un sistema de automatización a otro.
- Utilice la definición de las funciones y los flujos de información a modo de lista.
- Utilice la definición de las funciones y flujos de información como un diccionario, asegurándose de que todo el mundo utilice el mismo lenguaje.
- Utilice el objeto de entender los modelos de la relación entre diferentes tipos de información.
- Utilice el objeto y los atributos de los modelos de intercambio de información.
- Utilice los objetos y atributos de los modelos como base para una base de datos.
- Utilice modelos de la actividad de la parte 3 de la especificación de los requisitos del usuario.
- Utilice modelos de la actividad de la parte 3 de vendedor / solución selecciones, y así sucesivamente.

**2.1.2 ANSI/ISA-95.00.02-2001, Enterprise-Integración de Sistemas de Control de la Parte 2: Objeto Modelo Atributos.** Consta de atributos para cada objeto que se define en la parte 1. Los objetos y los atributos de la parte 2 se pueden utilizar para el intercambio de información entre los distintos sistemas, pero estos objetos y los atributos también se pueden utilizar como base de bases de datos relacionales.

**2.1.3 ANSI/ISA-95.00.03-2005, Enterprise-Control System Integration, Parte 3: Modelos de Gestión de las Operaciones de Fabricación.** Se centra en las funciones y actividades en el nivel 3 (Producción / MES capa). Proporciona directrices para la descripción y comparación de los niveles de producción de los diferentes sitios de una forma estándar.

**2.1.4 ANSI/ISA-95.04 Objeto Modelos y atributos de la parte 4 ISA-95: "Objeto modelos y las características de fabricación de Gestión de las Operaciones".** El comité está aún en desarrollo, la parte 4 de la ISA-95, que se titula "Modelos de objetos y atributos de la Dirección de Operaciones de Fabricación". Ésta especificación técnica que define el objeto de determinar los modelos que se intercambia información entre las actividades de la economía de mercado (que se definen en la parte 3 de ISA-95). Los modelos y las características de la parte 4 son la base para el diseño y la aplicación de normas de interfaz y asegúrese de un lapso flexible de la cooperación e intercambio de información entre las diferentes actividades de economía de mercado.

**2.1.5 ANSI/ISA-95,05 B2M Transacciones Parte 5 de ISA-95: "a la fabricación de las transacciones de negocios".** También la parte 5 de la ISA-95 está todavía en desarrollo. Esta especificación técnica define la cooperación entre las oficinas y la automatización de los sistemas de producción, que puede ser usado junto con el objeto modelos de la parte 1 y 2. Las operaciones de conectar y organizar la producción de objetos y actividades que se definen a través de partes anteriores de la norma. Estas operaciones tienen lugar en todos los niveles dentro de una empresa, pero el centro de atención de esta especificación técnica se encuentra en la interfaz entre la empresa y los sistemas de control. Sobre la base de modelos, la operación se describe y se convierte en la operación de transformación.

Dentro de las zonas de producción se ejecutan las actividades y la información se pasa hacia atrás y hacia delante. La norma establece los modelos de referencia para las actividades de producción, la calidad de las actividades, las actividades de mantenimiento y las actividades de inventario.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y SU APLICACIÓN INDUSTRIAL**

Las industrias actuales están dirigiendo sus esfuerzos a encontrar soluciones eficaces y reales a sus problemas de automatización y gestión de la información. En vista de ello muchas empresas dedicadas a la fabricación de herramientas informáticas y a la creación de nuevas tecnologías están apuntándole a la implementación de tecnologías de la información que permitan llenar los espacios que existen entre los sistemas de producción de la empresa y la gestión de recursos de la misma.

A continuación se procede a hacer una descripción general de las tecnologías que ofrecen algunos exponentes conocidos en el mercado local.

**2.2.1 Tecnología implementada por SIEMENS.** Dos de las características que diferencian a Siemens son la capacidad de fundir en un solo entorno de control la automatización de procesos y la automatización discreta, así como la filosofía de administrar de manera autónoma las tecnologías centrales del sistema.

**2.2.1.1 Tecnología de automatización SIMATIC.** SIMATIC es un sistema que encapsula herramientas de hardware y software desarrolladas para resolver

problemas de automatización. El estándar SIMATIC IT Production Suite está direccionado a implementar y mantener un sistema de ejecución de productos que permita coordinar, sincronizar, analizar y optimizar los procesos industriales de la empresa.

Para realizar todas las tareas se emplean componentes de instrumentación, controladores, paquetes de software y otros componentes de automatización. Dado que en esta monografía nos centramos en el cuarto nivel daremos atención al estándar ISA-95 que comprende el sistema de ejecución de manufactura (MES) y todas sus herramientas. [10]

**2.2.1.2 Manufacturing Execution Systems (MES).** El sistema de ejecución de manufactura que ofrece siemens permite el incremento y flexibilidad en los procesos de producción. Además, este software permite optimizar los pronósticos de planeación, reducir las pérdidas, el stock y las paradas imprevistas.

Es imprescindible tener en cuenta que este sistema busca facilitar la comunicación en tiempo real de lo que ocurre entre los procesos de producción y las actividades administrativas. SIEMENS no ofrece un ERP de gestión, por ello el MES surge como solución a la estandarización en la comunicación de todos los procesos. [11]

**2.2.1.3 SIMATIC IT Production Suite.** El estándar ISA-95 ha desarrollado una serie de elementos que caracterizan los sistemas de ejecución de manufactura para la planificación de procesos. La herramienta SIMATIC IT production suite se basa en este estándar que establece la normativa de implementación de protocolos y funciones en el MES.

Los recursos con que cuenta este sistema son básicamente cinco; gestión de ordenes, gestión de materiales, de personal, de mensajes, y gestión de informes.

SIEMENS ha desarrollado módulos que ejecutan estas tareas. La asignación de atributos, funciones, terminología y características se basan en el estándar ISA-95.

El sistema SIMATIC IT combina diversos módulos de gestión para ejecutar tareas específicas. Se ha definido un entorno (framework) estandarizado por ISA-95 que visualiza modelos de planta y otros objetos físicos y lógicos para desarrollar tareas y procesos industriales. Además, es posible integrar otros componentes existentes o aplicaciones antiguas para utilizarlas dentro del sistema SIMATIC IT y poder crear aplicaciones operativas dentro del proceso de fabricación. [12]

**2.2.1.4 SIMATIC IT Historian.** El historial de la producción es fundamental para la toma de decisiones corporativas. SIMATIC estandariza una herramienta que permite llevar datos estadísticos a través del tiempo con el propósito de ser usados en el futuro. La captura de datos y la información constante se almacena en bases de datos que son consultadas para tomar decisiones que incrementen la productividad de la empresa.

SIMATIC IT historian contiene una serie de módulos dispuestos a desarrollar tareas de cálculo de índices de rendimiento (KPI), certificaciones, tracking, tracing, archivos históricos de datos y evaluaciones estadísticas. Las tareas de esta herramienta abarcan muchos datos y constante monitoreo estandarizándose el uso de validaciones para codificar la información por registros y acceder a ella de una manera más fácil y rápida. [13]

**2.2.1.5 SIMATIC IT Unilab.** UNILAB garantiza la administración de las operaciones en el laboratorio y optimiza los procesos de captura y análisis de los datos obtenidos de las muestras de productos. Ésta herramienta se ha diseñado para mejorar los estándares de calidad.

El sistema modular se configura de acuerdo a las necesidades de cada laboratorio, esta herramienta no esta estandarizada, por lo que puede ser personalizada y configurada de acuerdo con los criterios de la empresa. [14]

**2.2.1.6 SIMATIC IT Interspec.** La función principal de esta herramienta es establecer parámetros que permitan elaborar especificaciones de la materia prima, productos elaborados y semiacabados. La finalidad es implementar estrategias de compras eficientes, teniendo especificaciones claras de la materia prima y materiales de embalaje, se desarrolla una logística de compra más clara y precisa. Este módulo no es estándar, es una herramienta adicional de SIEMENS para planificación. [15]

**2.2.1.7 SIMATIC IT Genealogy Management.** Ésta herramienta no es un sistema ERP, solo actúa como una herramienta de software para la conexión con el ERP. Se utiliza para la gestión de todo el material de la empresa en cumplimiento de las normativas legales. Algunas de sus tareas características son: las genealogías retroactivas y progresivas, la supervisión básica de materiales y la sincronización de los datos maestros de material con el sistema ERP. [16]

**2.2.1.8 SIMATIC IT MIS (Management Information System).** Es una herramienta estadística basada en el comportamiento y desempeño de los activos de la empresa. Básicamente mide el KPI del modelo de la planta. [17]

**2.2.1.9 SIMATIC Safety Integrated.** Es un conjunto de aplicaciones seguras que garantizan alta disponibilidad de la planta industrial y reduce costes de hardware, montaje, cableado, ingeniería, entre otros, debido a su sistema seguro de

diagnostico de fallas y mantenimiento programado. Este módulo esta diseñado para reducir los costes durante el ciclo de vida de la planta. [18]

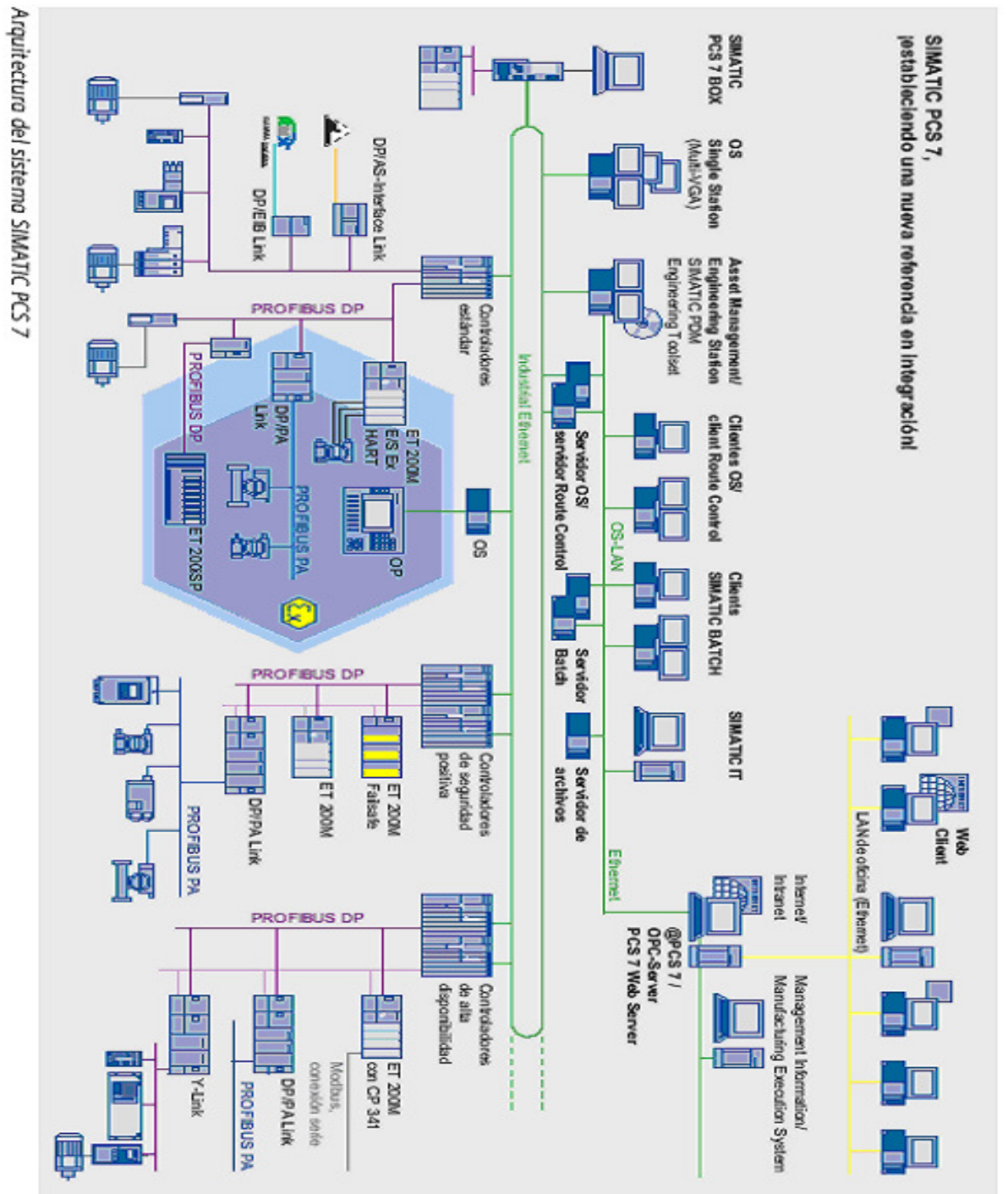
**2.2.1.10 SIMATIC PCS 7.** Es un sistema de componentes modulares de software y hardware, que se basa en distintos estándares y normas internacionales. No se basa en ISA-95 por que no es un sistema de ejecución de manufactura, sino un sistema de control avanzado. Esta herramienta esta diseñada para el control de procesos industriales. Se caracteriza por ser escalable, flexible, poseer gestión homogénea de datos, conexión directa con tecnología de la información, gestión de activos y seguridad en todo su sistema. La arquitectura de este sistema de control avanzado se puede resumir en la figura 5.

Simatic PCS 7 BOX (ver figura 5) es un hardware que reúne funcionalidades de automatización, manejo y visualización de ingeniería. La comunicación con los dispositivos periféricos se hace a través de una red PROFIBUS. Este hardware que funciona con el estándar del Simatic PCS 7 constituye un sistema completo de control de procesos que se puede emplear en aplicaciones pequeñas durante la producción industrial y en plantas de laboratorio o experimental.

La arquitectura Simatic PCS 7 constituye la base para la gestión de activos de instrumentación y control a través de las siguientes herramientas de Hardware y software:

- Hardware del sistema de instrumentación y control, incluyendo periferia descentralizada y aparatos de campo, redes de comunicación, funcionalidad de automatización para procesos continuos y secuenciales (AS-Engineering). Funciones de manejo y visualización (OS-Engineering), aplicaciones de seguridad (Process Safety), funciones de diagnóstico y de gestión de activos, procesos por lotes automatizados con SIMATIC BATCH, transportes de material dirigidos por SIMATIC Route Control.

Figura 5. Arquitectura SIMATIC PCS 7



Fuente: SIMATIC PCS 7-El sistema de control de procesos para todos los sectores. Resumen técnico.



La figura 5 nos muestra el esquema de comunicación entre los sistemas de control avanzado y los controladores y sensores de campo. Desde la parte más baja del proceso se observa como va ascendiendo el grado de complejidad y control del proceso.

El nivel de control que ofrece Siemens con su herramienta SIMATIC PCS 7 comprende una serie de componentes de software y hardware que desarrollan las tareas de control, supervisión y gestión de activos.

El sistema Operator single station es el HMI que permite que el operador monitoree constantemente el proceso y determine acciones inmediatas sobre el.

El asset management es una herramienta de gestión de activos donde se administran los equipos e instalaciones de la planta, los equipos de control de procesos y todas las actividades encaminadas a conservar el valor de la planta.

Básicamente este sistema de gestión implementa mantenimiento correctivo, diagnóstico y mantenimiento preventivo y predictivo basado en la normativa IEC 61804-2 para el autodiagnóstico de dispositivos descritos por EDD (Electronic Device Description). [19]

**2.2.2 Tecnologías implementadas por Rockwell.** Rockwell automation ofrece soluciones de automatización a diferentes sectores de la industria. En particular su tecnología aporta grandes avances a la industria de las ciencias biológicas, sin embargo, posee una gama de herramientas que se usan en gran escala en todo tipo de industrias.

Se describen a continuación las herramientas que tienen que ver básicamente con el MES y control avanzado enmarcado dentro de los factores que describimos en paginas anteriores que tienen que ver con ingeniería, flexibilidad, escalabilidad, gestión, entre otras.

**2.2.2.1 RS PMX MES.** Éste sistema esta diseñado para mejorar la productividad y reducir los tiempos de producción; para ello se basa en la integración de la información y crea iniciativas de cumplimiento normativo en el proceso de producción.

Básicamente el software maneja la logística de los recursos y el procesamiento de pedidos mediante la obtención de información de materias primas y pedidos de clientes a través del ERP de la empresa; luego se asegura de que la planta reciba, procese y documente los elementos que se requieren en el proceso de producción.

Las características de este sistema de ejecución de manufactura (MES) son en esencia el registro electrónico por lotes, la integración del sistema de automatización, historial de producción y administración de equipos.

El registro electrónico por lotes (EBR) es una herramienta que facilita el control y supervisión de la producción por lotes, mediante un explorador en un panel se observa la arquitectura del proceso y las capacidades de suministro de materiales en cada lote. Por otro lado, el RS Bizware Batch es la herramienta usada para laceración de dichos lotes que se encarga de administrarlos para mejorar la eficiencia en la producción.

El historial del proceso se controla con el software RS Bizware Historian que permite la recuperación de datos históricos para ser analizados y verificados estadísticamente, para observar alguna desviación o tendencia que permita establecer métodos de las mejores practicas. Toda esta información es administrada por el módulo de la gestión para tomar decisiones que generen mayor productividad a la empresa. [20]

**2.2.2.2 RS PMX Connect MES.** La administración de la información de la planta en el MES de la empresa se ve reflejado en la gestión empresarial a través del

software connet MES que soporta la comunicación con el ERP de la empresa. Básicamente esta herramienta es un conducto que se configura para establecer una comunicación clara, transparente y constante con el nivel de planeación de recursos empresarial. [21]

**2.2.2.3 RS PMX Visual MES.** Es un sistema SCADA elaborado para el control y supervisión de procesos. Esta herramienta permite la visualización y monitoreo del proceso, adquisición de datos y generación de informes que se requieran del proceso de fabricación.

Éste software recolecta datos directos de la máquina, monitoreo en línea el proceso, registra fallos e interrupciones, procesa eventos de la planta y genera informes detallados del proceso. [22]

**2.2.2.4 RS PMX Warehouse MES.** El seguimiento de los materiales del proceso se hace a través de esta herramienta. Desde el inventario de materiales hasta el movimiento de almacén tienen un monitoreo constante que permite el control del estado de lotes y stocks en la empresa. [23]

Las características más importantes son:

- Seguimiento completo de materiales y lotes
- Mantenimiento de almacenes y depósitos
- Asignación de materiales
- Control de estado de lotes y de portadores de carga
- Control de fechas de caducidad
- Generación de informes y documentación de inventarios
- Datos de identificación automática de materiales

**2.2.2.5 RS PMX Recipe MES.** Ésta herramienta proporciona funciones específicas para desarrollar recetas en forma eficiente y segura. Contiene módulos específicos para procesos de mezclas de componentes creados para auditar y valorar su ejecución. [24]

**2.2.2.6 RS PMX SkillTrack MES.** Es una herramienta para verificar las capacidades internas de la empresa. Mejora la calificación del personal dedicado a administrar el sistema de ejecución de manufactura de la empresa.

Básicamente este software establece funciones de pronóstico, planificación y programación para mejorar el comportamiento normativo; al mismo tiempo crea restricciones de acceso con relación a la calificación interna.

Posee herramientas como: Definición de planes de capacitación, acceso basado en el estado de capacitación, programa de capacitación y registro de las actividades de capacitación. Todas estas formas están encaminadas a mejorar las técnicas y capacidades de la empresa. [25]

**2.2.2.7 FactoryTalk.** Es una plataforma de servicios que ofrece distintos software que desarrollan aplicaciones de gestión y datos en tiempo real. Las funciones de Factorytalk se clasifican de acuerdo con las necesidades del usuario y el valor que este le asigne.

Factory Talk Diagnostic proporciona una serie de formatos para recopilar y almacenar los mensajes de error, advertencia y estado generados por los productos durante todas las fases de instalación, configuración y operación. Lo que hace el diagnostic es registrar mensajes de diagnóstico centralizados ya analizados para mejorar los tiempos de producción.

Otra aplicación de factory talk es factorytalk live data que permite almacenar, distribuir la información y los datos de producción y asignar rutas de acceso a dicha información de forma automática. Para ello emplea OPC que es el control de objetos del proceso.

El factorytalk audit Ayuda a documentar cada uno de los cambios realizados en el proceso de diseño, gestión y operación de la producción. Estos documentos se auditan para verificar y analizar los procesos.

Factorutalk directory and security proporciona la posibilidad de acceder a recursos de la planta como usuarios, funciones, tags y pantallas graficas. Así que el nivel de seguridad implementado restringe el acceso solo a usuarios autorizados y registra la identidad de cualquiera que pretenda ingresar a los recursos no autorizados.

Finalmente la herramienta de eventos y alarmas, factorytalk alarms and events, ayuda a visualizar y localizar rápidamente errores, alarmas y eventos anormales del proceso. Para ello la interfase de usuario es la herramienta utilizada en este monitoreo. [26]

**2.2.3 Tecnologías ABB.** La empresa ABB ofrece soluciones integradas a los problemas de automatización del proceso de producción de la empresa y la comunicación con el sistema de gestión de la misma. Para ello se ofrecen una gama de herramientas de software que permiten la ejecución de soluciones reales.

**2.2.3.1 ECS Enterprise Connectivity Solution.** Éste software proporciona una verdadera solución al vacío que existe entre el nivel de gestión empresarial y el nivel de planeación. Las herramientas que incluye permiten mejorar e incrementar las oportunidades de productividad de la empresa.

Para la integración del sistema de producción de la empresa y el de gestión se utiliza un paquete estándar basado en la norma ISA-95. ECS tiene un SAP estandarizado con una interfase certificada con ISA-95 que especifica las características de integración vertical en las industrias manufactureras.

Esta herramienta trabaja con los recursos y sistemas instalados en la planta de la empresa haciendo que se optimicen los valores de ganancia de la inversión que se ha hecho. Además permite que la información permanezca alojada en su sistema original sin tener que hacer una migración de los datos almacenados en las distintas bases de datos, reduciendo el costo y mejorando la confiabilidad. [27]

**2.2.3.2 Sistema de Migración Honeywell.** El Sistema 800XA permite prolongar el ciclo de vida de todo el sistema, elevando la inversión existente a un grado del estado del arte del los sistema DCS con nuevas características que pueden mejorar la eficiencia de ingeniería. [28]

**2.2.3.3 Real-TPI.** El Real-Time Production Intelligence es un software de análisis que mejora la productividad de la planta identificando maneras de incrementar la efectividad completa del equipo (OEE); además esta herramienta es un indicador calve del desempeño de la empresa (KPI). Este software agrupa y analiza los datos, y suministra reportes adaptados a las necesidades del manejo de la planta de forma automatizada. A través del monitor externo del estado de activos se permite el desarrollo de aplicaciones específicas que monitorean las condiciones de trabajo de los activos de la empresa.

Una vez que las condiciones están siendo monitoreadas se genera una notificación que sirve de criterio al grupo empresarial para reducir costos y eliminar

ineficiencias. Las notificaciones pueden ser a través de alarmas, mensajes en pantalla o incluso correos electrónicos. [29]

**2.2.3.4 Engineering 800xA.** La herramienta engineering 800xA permite establecer control de la información de la planta desde una estación de trabajo que permite la planeación y la adquisición de datos, minimizar los costos de implementación del sistema. Este sistema ofrece soluciones reales al desempeño operacional y efectividad continua. Para ello emplea elementos como operadores gráficos, documentación integrada, entre otras que facilitan la planificación de procesos de producción. [30]

**2.2.3.5 System 800XA Information Management Historian.** Es una herramienta inherente al sistema IT 800xA. La información de datos electrónicos de producción es recolectada de diferentes fuentes y se almacena en una base de datos segura, se transforma en información útil que se presenta de una forma que los operadores, ingenieros y gestores puedan entenderla para manejarla con facilidad. [31]

**2.2.3.6 Industrial IT System 800xA High Integrity Safety Instrumented System (SIS).** El sistema de seguridad de alta integridad mejora la disponibilidad del proceso reduciendo el riesgo de la operación de toda la planta mediante un ambiente común para el control de la producción, seguridad en la supervisión y monitoreo de la producción.

Dentro de este ambiente ofrecido en el software System 800xA se ofrece solución al problema de la seguridad según los estándares IEC 61508 e IEC 61511 que

cubren la solución no solo de los problemas de la lógica sino también aquellos que tienen que ver con instrumentación, controladores centrales y actuadores. [32]

La seguridad del System 800xA incluye:

- Arquitectura unificada y un sistema de integridad confiable.
- Ambiente ingenieril del manejo del ciclo de vida total.
- Espacio de trabajo personalizado para seguridad del personal.
- Seguridad en la optimización de activos
- Seguridad para el manejo de la información.

**2.2.3.7 Industrial IT System 800XA Control.** El 800xA Control Software contiene herramientas de seguridad, ingeniería y diseño. Soporta la descarga de un Firmware a los controladores, contiene librerías especializadas para diferentes aplicaciones de control.

La familia del AC 800M control contiene librerías de control creadas para diseñar de una manera fácil las estrategias de control que encajen en un proceso de automatización específico: continuo, secuencial, por lote y control avanzado. [33]

**2.2.3.8 Panel 800.** El Panel 800xA es una herramienta que permite hacer la labor del operador más fácil. Está equipado con funciones avanzadas para procesos y equipos de control; básicamente este dispositivo está diseñado para el control de redes ABB y AC 800M Controllers pero contiene una extensa librería que permite trabajar con otros PLCs y controladores ABB, aunque se ve limitado su desempeño.



El Panel 800xA ofrece un ambiente similar a la interface grafica de Windows; contiene características como Project Manager, Symbol Manager, y otras herramientas de simulación para aumentar la eficiencia de la ingeniería. [34]

**2.2.3.9 800xA Asset Optimization.** El 800xA Asset Optimization provee un monitoreo de los activos en tiempo real, notificación y mantenimiento, optimización de los equipos de automatización de la planta, de las maquinas de campo y los procesos de producción. Todo ello se visualiza en una interfase de monitoreo aunque la información y los datos residan en partes diferentes.

Con 800xA Asset Optimization las condiciones de monitoreo y el reporte de características, y la información de la planta generados por dispositivos inteligentes, sistemas, estaciones de trabajo, redes de trabajo y otros activos de la empresa se pueden recolectar, analizar, compilar y comparar con los datos históricos de tal manera que se puedan emitir reportes de degradación o fallas de los activos. [35]

**2.2.3.10 800xA Engineering - Process Control Device Library.** El Process Control Device Library (PCDeviceLib) es una de las librerías del System 800xA. Esta herramienta tiene módulos de control predefinidos, interfaces de visualización, elementos gráficos de display, lista de alarmas y otros aspectos esenciales de los estándares de las maquinas encontradas en la mayoría de procesos industriales.

Básicamente el objetivo es crear aplicaciones de control avanzado y secuencias de grupo de control de una manera sencilla y simplificada basados en los estándares reconocidos internacionalmente. Esto asegura la consistencia de la

información que se muestra a los operadores en planta y reduce en gran manera el tiempo de pruebas. [36]

**2.2.3.11 The Industrial IT Training Simulator.** Esta herramienta esta diseñada para mejorar la productividad y seguridad de la empresa, hacer pruebas y simulaciones reales del ambiente de la planta y en tiempos de ejecución de procesos. El ITS (Industrial Training Simulation) configura sus herramientas de tal manera que se puedan transferir la lógica de control, la ejecución del ambiente de trabajo, las pantallas de operador y otros elementos esenciales para la simulación, de este modo se hacen pruebas que evalúen el desempeño de los activos y se tomen medidas de seguridad en el proceso que perjudique la integridad de los activos de la empresa. [37]

## **2.3 TABLAS DE SÍNTESIS DE LAS TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA OFRECIDAS POR SIEMENS, ROCKWELL Y ABB**

A continuación encontramos tres tablas que representan los tres niveles superiores de la pirámide de la automatización. El nivel de gestión (ERP), el nivel de Planificación (MES) y el nivel de control avanzado de procesos (SCADA). Básicamente se muestra la relación de las tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas a cada nivel.

Partiendo de la primera columna encontramos los tres niveles mencionados anteriormente en forma descendente (ERP, MES, SCADA). La siguiente columna contiene las tecnologías usadas en cada nivel, seguidas de dos columnas que relacionan el hecho de si estas tecnologías ofrecen o no soluciones escalables y

migración de sistemas. Las siguientes seis columnas describen los factores que influyen en la ingeniería del proceso. Se especifican las herramientas asociadas a cada nivel de acuerdo con los aspectos relacionados con el rol de los operadores, optimización de activos, eficiencia en ingeniería, impacto ambiental, administración de la información y seguridad integrada. La tabla 1 describe las tecnologías y la herramientas de ingeniería propuestas por Siemens, la tabla 2 las propuestas por Rockwell Automation, y la número 3 las propuestas por ABB.

**Nota: las casillas en las que aparece las letras NI indican que no se encontró información específica al respecto.**

**Tabla 1. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por SIEMENS**

SIEMENS				Herramientas de ingeniería					
Nivel	Tecnología	Migración	Escalabilidad	Rol de los operadores	Optimización de activos	Eficiencia en ingeniería	Impacto ambiental	Administración de información	Seguridad integrada
Gestión (ERP)	SIMATIC IT Genealogy Management	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Planeación (MES)	SIMATIC IT Manufacturing Execution Systems (MES)	NI	SIMATIC IT Production Suite	NI	SIMATIC IT Production Suite	SIMATIC IT Interspec	SIMATIC IT Unilab	SIMATIC IT Historian	NI
Control Avanzado de procesos	SIMATIC PCS 7	NI	NI	Operador System SIMATIC PCS 7	Engineering Toolset	SIMATIC IT MIS (Management Information System)	NI	SIMATIC IT Report Manager	SIMATIC Safety Integrated

**Tabla 2. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por Rockwell Automation.**

ROCKWELL AUTOMATION				Herramientas de ingeniería					
Nivel	Tecnología	Migración	Escalabilidad	Rol de los operadores	Optimización de activos	Eficiencia en ingeniería	Impacto ambiental	Administración de información	Seguridad integrada
Gestión (ERP)	RS PMX Connect MES	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Planeación (MES)	RS PMX MES	NI	NI	RS PMX Visual MES	RS PMX Warehouse MES	RS PMX Recipe MES	NI	RS PMX EBR MES	RS PMX SkillTrack MES
Control Avanzado de procesos	FactoryTalk	NI	NI	FACTORYTALK DIAGNOSTICS - FACTORYTALK ALARMS AND EVENTS	FACTORYTALK LIVE DATA	FACTORYTALK AUDIT	NI	FACTORYTALK DIRECTORY	FACTORYTALK SECURITY

**Tabla 3. Tecnologías y herramientas de ingeniería ofrecidas por ABB**

ABB				Herramientas de ingeniería					
Nivel	Tecnología	Migración	Escalabilidad	Rol de los operadores	Optimización de activos	eficiencia en ingeniería	Impacto ambiental	Administración de información	Seguridad integrada
Gestión (ERP)	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Planeación (MES)	Industrial IT ECS	Honeywell System Migration	NI	NI	Real TPI - System 800XA	System 800XA with AC800M	NI	System 800XA Information Management Historian	Industrial IT System 800xA High Integrity Safety Instrumented System (SIS)
Control Avanzado de procesos	Industrial IT System 800XA Control	Software Migration Tool	NI	Panel 800 - Extended operator workspace	800XA Asset Optimization	800XA Engineering - Process Control Device Library	NI	NI	The Industrial IT Training Simulator

## ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La jerarquización de las actividades que se realizan en empresas industriales permite que se determinen con claridad las herramientas y tecnologías necesarias para la ejecución de los procesos industriales.

En esta monografía se describieron las diferentes tecnologías asociadas a cada nivel de la pirámide de la automatización. Los tres primeros niveles los podemos encapsular en un “gran nivel” ya que en estos se llevan a cabo tareas que están dirigidas al control directo del proceso. Por tanto, las empresas seleccionadas (SIEMENS, ROCKWELL y ABB) ofrecen una gama de herramientas de hardware y software encaminadas a controlar y supervisar el proceso de planta. Las tres empresas cuentan con dispositivos y equipos de control de última tecnología que pueden ser utilizados en muchos campos industriales tales como, la industria química, minera, petroquímica, petrolera, textil, farmacéutica, marina, entre otros.

Los sensores, actuadores, PLCs, DCSs y sistemas SCADAS que ofrecen las empresas mencionadas cumplen con los estándares de fabricación y operación establecidos por organismos internacionales. A pesar de ello cada empresa conserva su lógica de programación de los PLCs, DCSs y SCADAS. Las herramientas y tecnologías que encontramos son reales y están puestas en marcha en muchas de las empresas del sector industrial de Cartagena.

Se considera que si es necesario implementar alguna de las tres tecnologías ofrecidas por los fabricantes mencionados sugerimos el uso de los productos y servicios de la empresa SIEMENS. No quiere decir que esta ofrezca las mejores soluciones sino que de acuerdo con nuestra investigación la información más clara y extendida a los procesos industriales que encontramos, SIEMENS fue la que más aportó detalles de aplicaciones técnicas basadas en muchos estándares oficiales que regulan las tecnologías a implementar en los procesos de la industria.

Los niveles superiores de la pirámide son el objetivo principal de las empresas que desarrollan tecnologías de la información. Los sistemas MES y ERP abarcan la parte más importante de los niveles de la pirámide, es allí donde se toman las decisiones más relevantes de la empresa.

Para los niveles de planificación y gestión empresarial encontramos que las tres empresas ofrecen distintos software que se limitan solo a realizar las tareas de monitoreo y seguimiento de la producción de la empresa pero que no pueden ejecutar tareas de gestión empresarial. La empresa ABB ofrece un MES llamado System 800xA, SIEMENS ofrece el SIMATIC IT y ROCKWELL diseñó el FACTORYTALK. Cada una de estas aplicaciones cumple con el estándar ISA-95 parte 3 que regula al modo de comunicación entre el ERP de la empresa y la planta de producción.

De estos tres software el SIMATIC IT fue el más completo y encontramos mucha información de las herramientas de este software que cumplen en detalle con apartes del estándar ISA-95. Por ejemplo, el SIMATIC IT contiene herramientas como Framework, Order Manager, Material Manager, Personnel Manager que están diseñadas de acuerdo con el estándar de ISA-95 en cambio de ROCKWELL y ABB no se encontró información suficiente y clara que lo especifiquen.

En el caso de la seguridad de la integridad de los activos de la empresa los tres fabricantes brindan herramientas útiles para garantizar la seguridad no solo del proceso sino de los operarios y todo el personal e incluso de la comunidad vecina que se puede ver afectada por el proceso que se realiza en la industria. Sin embargo, la herramienta provista por ABB es más segura porque aparte de tomar acciones de acuerdo con los resultados del constante monitoreo de riesgos e impacto ambiental, ellos desarrollaron The Industrial IT Training Simulator que permite transferir toda la configuración del proceso a elementos de simulación y hacer pruebas que le permiten evaluar sus acciones futuras y establecer



condiciones de riesgo y estrategias de prevención de situaciones peligrosas tanto para el proceso como para el personal empleado.

A pesar de las excelentes soluciones que ofrecen ABB y SIEMENS muchas empresas del sector industrial se sienten identificadas con las soluciones ofrecidas por ROCKWELL. En el caso de la industria local, la mayoría de las empresas implementan soluciones de tecnología de ROCKWELL. Esto puede atribuirse posiblemente a que las soluciones que ellos ofrecen son a un costo razonable y beneficioso para la empresa. Además, ROCKWELL tiene un gran campo de aplicación industrial principalmente el Químico y petroquímico.

La monografía solo menciona y describe las tecnologías y herramientas de ingeniería que se ofrecen actualmente en el mercado industrial. La manera como se implementan dichas tecnologías y como se manejan las herramientas de ingeniería no son tema pertinente de este trabajo. Por eso, recomendamos tener como base este trabajo de grado para indagar y profundizar en las formas de ejecución de las soluciones tecnológicas ofrecidas por los fabricantes mencionados en esta monografía.

La información contenida en esta monografía sirve de base para el desarrollo de estudios futuros con respecto al estado de avance de la automatización en el sector industrial de Cartagena de indias, también sirve de mapa para elegir las herramientas tecnológicas para implementar practicas reales en el laboratorio de automatización de la Universidad Tecnológica de Bolívar para corroborar el desempeño efectivo de las tecnologías aquí mencionadas.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] WIKIPEDIA, Automatización industrial [En línea]. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n\\_industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/Automatizaci%C3%B3n_industrial)> [Consultado en Octubre 8 de 2007]

[2] Terrence L. Blevins, Gregory K. McMillan, Willy K. Wojsznis, Michael W. Brown. Advance Control Unleashed. ISA-The instrumentation, Systems, and Automation Society. United States of America, 2003

[3] Villa, Jose Luis, Estado del arte de la automatización industrial en Cartagena. Cartagena de indias, Diciembre de 2007.

[4] Pirámide CIM [En línea] <[http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat\\_l/contenido\\_menu/Unidad\\_l/Contenido/pagina4/pagina4.htm#Uni1\\_Topico3](http://www.ing.uc.edu.ve/~emescobar/automat_l/contenido_menu/Unidad_l/Contenido/pagina4/pagina4.htm#Uni1_Topico3)> [Consultado en Octubre 8 de 2007]

[5] Industrial Technologi Systems Ltda., Manufacturing execution systems [En línea] <<http://www.its-ltd.co.uk/services/manufacturing-execution-systems-2.htm>> [Consultado en Enero 4 de 2008]

[6] IT&C, Sistema MES [En línea] <http://www.itcingeneria.cl/elmespermite.htm>  
[Consultado en Enero 4 de 2008]

[7] WIKIPEDIA, Planificación de recursos empresariales [En línea].  
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Planificaci%C3%B3n\\_de\\_recursos\\_empresariales](http://es.wikipedia.org/wiki/Planificaci%C3%B3n_de_recursos_empresariales)>  
[Consultado en Enero 4 de 2008]

[8] SIEMENS, SIMATIC resumen técnico. [Consultado en Diciembre 13 de 2007]

[9] ANSI/ISA-95.00.03-2005. Enterprise/Control System Integration-part 3:  
Models of manufacturing Operation Management.

[10] SIEMENS, Tecnología de automatización SIMATIC. [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=5009999&lang=en&foldersopen=-1-2020-2058-2074-1361-1362-&jumpto=1362>>  
[Consultado en Enero 5 de 2008]

[11] SIEMENS, Manufacturing execution systems. [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=100>>

07426&lang=en&foldersopen=-1361-1-2074-2020-2083-3259-&jumpto=3259>  
[Consultado en Diciembre 13 de 2007]

[12] SIEMENS, Simatic IT production suite. [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10023698&lang=en&foldersopen=-1361-1-2074-2020-2083-3259-3260-&jumpto=3260>> [Consultado en Enero 8 de 2008]

[13] SIEMENS, Simatic IT Historian [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10023699&lang=en&foldersopen=-1361-1-2074-2020-2083-3259-3260-3261-&jumpto=3261>> [Consultado en Enero 8 de 2008]

[14] SIEMENS, Simatic IT unilab [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10023700&lang=en&foldersopen=-1361-1-2074-2020-2083-3259-3260-3261-3262-&jumpto=3262>> [Consultado en Enero 8 de 2008]

[15] SIEMENS, Simatic IT Interspec [En línea]  
<<https://mall.automation.siemens.com/ES/guest/index.asp?aktprim=0&nodeID=10023701&lang=en&foldersopen=-1361-1-2074-2020-2083-3259-3260-3261-3262-3263-&jumpto=3263>> [Consultado en Enero 8 de 2008]

[16] SIEMENS, Simatic pcs 7, Integración y sincronización de todos los procesos de negocio con SIMATIC IT, página 55 [Publicado en Septiembre de 2005]

[17] SIEMENS, Simatic pcs 7, Integración y sincronización de todos los procesos de negocio con SIMATIC IT, página 55 [Publicado en septiembre de 2005]

[18] SIEMENS, Simatic pcs 7, SIMATIC PCS 7 combinado con SIMATIC Safety Integrated, página 50 [Publicado en septiembre de 2005]

[19] SIEMENS, Simatic pcs 7, Abierto al futuro, página 6,12 y 57 [Publicado en septiembre de 2005]

[20] Rockwell Automation, RS PMX MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/pmxmes.html>>  
[Consultado en enero 10 de 2008]

[21] Rockwell Automation, Componentes RS PMX MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/mesfunction.html>>  
[Consultado en enero 10 de 2008]

[22] Rockwell Automation, RS PMX Conect MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/mesfunction.html>>  
[Consultado en enero 10 de 2008]

[23] Rockwell Automation, RS PMX Visual MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/mesfunction.html>>  
[Consultado en enero 10 de 2008]

[24] Rockwell Automation, RS PMX Recipe MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/mesfunction.html>>  
[Consultado en enero 11 de 2008]

[25] Rockwell Automation, RS PMX Skilltrack MES. [En línea]  
<<http://www.rockwellautomation.com/es/industries/lifesciences/mesfunction.html>>  
[Consultado en enero 11 de 2008]

[26] Rockwell Automation, DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO FACTORYTALK  
Plataforma de servicios, descripción general, párrafo 2-4 [Publicado en junio de  
2007]

[27] ABB, Industrial ECS Enterprise connectivity solutions. [Publicado en 2007]

[28] ABB, Honeywell systems migration. [En línea]  
<<http://www.abb.com/product/seitp334/5420e1912f268384c125736400348de8.aspx>> [Consultado en enero 12 de 2008].

[29] ABB, Real-TPI. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/b608d498ec126606c125711f00440220.aspxd>> [Consultado en enero 13 de 2008].

[30] ABB, 800XA Engineering [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/390abc4117d24b04c12572e50038ed59.aspxd>> [Consultado en enero 15 de 2008]

[31] ABB, Information management [En línea]  
<<http://www.abb.com/product/us/9AAC115783.aspxd>> [Consultado en enero 15 de 2008]

[32] ABB, Safety product. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/us/9AAC115774.aspxd>> [Consultado en enero de 2008]

[33] ABB, 800AX control software. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/9df9625aabf132a1c1257164002c8c10.aspx?tabKey=6l>> [Consultado en enero 16 de 2008]

[34] ABB, Panel 800. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/5c7ef3e2e020d8e4c1257360003913e0.aspx>> [Consultado en enero 16 de 2008]

[35] ABB, 800xA asset optimization. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/bb06198da13c99eb8525719a004f4187.aspx>> [Consultado en enero 16 de 2008]

[36] ABB, Process Control device Library. [En línea]  
<<http://www.abb.com.co/product/seitp334/b2a59551f1a9dd26c125734f0030bb72.aspx>> [Consultado en enero 16 de 2008]

[37] ABB, 800xA Simulator. [En línea]  
<<http://www.abb.com/product/seitp334/a5beb9cb235cd859c125734700336e07.aspx>> [Consultado en enero 17 de 2008]