



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**

**“MANTENIMIENTO Y DIAGNOSIS REMOTO DE UN EQUIPO  
MECATRÓNICO USANDO UN MÓDULO GSM. CASO  
PRÁCTICO EMPRESA CECATTEC”.**

**TESIS DE GRADO**

**Previa la obtención del título de  
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:  
ANDREA ENRIQUETA VIEIRA MESA**

Riobamba – Ecuador  
2009

---

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por ser forjadora de mi educación, a todos los maestros que aportaron con sus conocimientos para que pueda culminar esta etapa de mi vida en especial al Ing. Danny Velasco y Lcda. Jeaneth Méndez por su tiempo, esfuerzos y ayuda brindada.

Un reconocimiento especial a mi Director de Tesis Ing. Marco Viteri quien por su guía, apoyo y paciencia contribuyó en gran manera al desarrollo de este trabajo, quien más que un maestro ha sido un amigo para mi.

A mis queridos padres por ser el sostén de mi vida y darme su apoyo incondicional así como a mis hermanos por su apoyo desinteresado, y sobre todas las cosas quiero dar las gracias a Jehová Dios por su cuidado y protección diaria.



Este trabajo de Investigación está dedicado a mi amado Dios Jehová por darme la vida y la fortaleza necesaria para vencer los obstáculos que se me presentan, y a mis Padres José y Blanquita por haber moldeado mi personalidad, quienes con su ayuda y cuidado constante han hecho de mi una mejor persona.

## FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Romeo Rodríguez

**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Iván Menes

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA EN SISTEMAS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Marco Viteri

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. Danny Velasco

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tec. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE DOCUMENTACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Nota de la Tesis:** \_\_\_\_\_

Andrea Enriqueta Vieira Mesa soy la responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

---

Andrea Vieira

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ADEPA</b>	Agencia Nacional para el Desarrollo de la Producción Automatizada.
<b>AFCET</b>	Asociación Francesa para la Cibernética, Economía y Técnica.
<b>ASCII</b>	American Standard Code for Information Interchange
<b>CI</b>	Control Net International.
<b>CIM</b>	Computer Integrated Manufacturing.
<b>CIP</b>	Control Information Protocol.
<b>COM</b>	Component Object Model.
<b>DCS</b>	Sistema de control distribuido
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standard Institute
<b>HART</b>	Highway Addressable Remote Transducer.
<b>HMI</b>	Human Machine Interface.
<b>IEC</b>	Comité Electrotécnico Internacional.
<b>IMSI</b>	Identificación internacional del abonado móvil
<b>IP</b>	Protocolo de Internet
<b>IPC</b>	Industrial Personal Computer.
<b>IRT</b>	Isochronous Real Time.
<b>LAN</b>	Local Área Network.
<b>MTU</b>	Master Terminal Unit.
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection.
<b>PC</b>	Computador Personal.
<b>PLC</b>	Control Lógico Programable.
<b>PROFIBUS</b>	Process Field Bus.
<b>PIN</b>	Clave corta de desbloqueo
<b>PSTN</b>	Red Telefónica Pública Conmutada
<b>PUK</b>	Clave larga de desbloqueo
<b>RT</b>	Real Time
<b>RTU</b>	Unidad de estación remota.
<b>SCADA</b>	Supervisory Control and Data Acquisition.
<b>SIM</b>	Suscriber Identity Module
<b>SMS</b>	Servicio de Mensaje Corto
<b>TCP</b>	Protocolo de Control de Transmisión
<b>TI</b>	Tecnología de la Información
<b>TMSI</b>	Identificación temporal del abonado móvil
<b>WAN</b>	Wide Área Network.

# ÍNDICE GENERAL

Agradecimiento.....	2
Dedicatoria.....	3
Firmas de Responsabilidad.....	4
Responsabilidad del Autor.....	5
Índice de Abreviaturas.....	6
Índice General.....	8
Índice de Figuras.....	11
Índice de Tablas.....	13
Introducción.....	14

## **CAPÍTULO I.**

<b>Marco Referencial.....</b>	<b>15</b>
1.1. Antecedentes.....	15
1.2. Justificación.....	17
1.2.1. Justificación Teórica.....	17
1.2.2. Justificación Práctica.....	17
1.3. Objetivos.....	18
1.3.1. Objetivo General.....	18
1.3.2. Objetivos Específicos.....	18

## **CAPÍTULO II.**

<b>Marco Teórico.....</b>	<b>19</b>
2.1. Introducción de Redes Industriales.....	19
2.1.1. Generalidades.....	19
2.1.2. Topología de Redes.....	20
2.2. Comunicaciones Industriales.....	24
2.2.1. Niveles de comunicación en una Red Industrial.....	24
2.2.2. Buses de Campo.....	27
2.3. Sistemas de Supervisión Industrial.....	32
2.3.1. Generalidades.....	32
2.3.2. Supervisión y Monitorización.....	33

2.3.3. Etapas de supervisión.....	36
2.4. Sistemas de Control Distribuido.....	37
2.4.1. Funcionalidad del Control Distribuido.....	37
2.4.2. Componentes del Control Distribuido.....	38
2.6. Telemantenimiento Industrial.....	41
2.7. Tecnología GSM.....	43
2.7.1. Arquitectura GSM.....	44
2.7.2. Ventajas del uso de GSM.....	47
2.7.3. SMS.....	47
2.7.4. Aplicaciones para SMS.....	48

### **CAPÍTULO III.**

#### **ESTUDIO DE MÓDULO GSM QUE PERMITA UN MANTENIMIENTO Y DIAGNOSIS REMOTO.....**

51	51
3.1. Introducción al equipo mecatrónico.....	51
3.1.1. Sistema de Mecatrónica y automatización de la producción MPS...	51
3.1.2. Estación de Distribución MPS®.....	52
3.2. Introducción al controlador Twido 20DTk.....	56
3.2.1. Arquitectura del PLC.....	56
3.3. Introducción al módulo GSM.....	57
3.3.1. Arquitectura del Módem.....	57
3.3.2. Conexiones externas del Módem.....	58
3.4 Configuración y Programación del Módulo GSM y el PLC Twido 20DTK.....	62
3.5. Herramientas y protocolos de funcionamiento que permitan el control remoto a través de GSM.....	66
3.5.1. Comandos AT.....	66
3.5.2. Código ASCII.....	74

### **CAPÍTULO IV.**

#### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

#### **METODOLOGÍA ORIENTADA AL MANTENIMIENTO Y DIAGNOSIS REMOTO A TRAVÉS DE REDES GSM.....**

78	78
4.1. Ingeniería de la Información.....	79

4.1.1. Definición del Ámbito.....	79
4.1.2. Planificación y Análisis de Riesgos.....	82
4.1.3. Especificación de requerimientos software (SRS).....	85
4.2. Análisis Orientado a Objetos.....	93
4.2.1. Definición de casos de uso esenciales en formato expandido.....	93
4.2.2. Definición y refinamiento de los diagramas de caso de uso.....	94
4.2.3. Modelo Conceptual.....	95
4.2.4. Glosario de Términos.....	95
4.2.5. Representación de diagramas de secuencia.....	96
4.2.6. Definición de contratos de operación.....	99
4.2.7. Diagrama de estados.....	101
4.2.8. Diagrama de calles.....	102
4.3. Diseño Orientado A Objetos.....	104
4.3.1. Definición de casos de uso reales.....	104
4.3.2. Representación de casos de uso reales.....	106
4.3.3. Definición de diagramas de interacción.....	107
4.3.4. Especificación de la Arquitectura del Sistema.....	108
4.4. Fase de implementación.....	109
4.4.1. Recursos utilizados en la comunicación GSM.....	109
4.4.2. Descripción de la Tablas de Emisión y Recepción.....	110
4.4.3. Programa LADDER de comunicación GSM.....	115
4.4.4. Programa LADDER de manipulación de la Estación de Distribución	118
Conclusiones.....	122
Recomendaciones.....	123
Resumen.....	124
Summary.....	125
Glosario de términos.....	126
Bibliografía.....	128

## Índice de Figuras

<b>Figura I.1.</b>	Red tipo Estrella.....	21
<b>Figura I.2.</b>	Red tipo Anillo.....	22
<b>Figura I.3.</b>	Red tipo Bus por colisiones .....	22
<b>Figura I.4.</b>	Red tipo Bus Maestro / Esclavo.....	23
<b>Figura I.5.</b>	Red tipo Árbol.....	23
<b>Figura I.6.</b>	Niveles jerárquicos de una red industrial. ....	27
<b>Figura II.1.</b>	Representación de datos.....	35
<b>Figura II.2.</b>	Esquema de Monitoreo y Supervisión de procesos.....	36
<b>Figura II.3.</b>	Etapas de Supervisión.....	37
<b>Figura II.4.</b>	Adquisición y registro de datos.....	41
<b>Figura III.1.</b>	Estación de Distribución MPS 200.....	53
<b>Figura III.2.</b>	Actuador Semi- giratorio.....	54
<b>Figura III.3.</b>	Válvula de cierre.....	54
<b>Figura III.4.</b>	Módulo almacén apilador.....	55
<b>Figura III.5.</b>	Módulo cambiador.....	55
<b>Figura III.6.</b>	Vacuostato.....	55
<b>Figura III.7.</b>	Controlador Twido 20TDK.....	56
<b>Figura III.8.</b>	Arquitectura del Módem.....	58
<b>Figura III.9.</b>	Componentes de Módem GSM.....	58
<b>Figura III.10.</b>	Conector Micro FIT.....	59
<b>Figura III.11.</b>	Conector Sub-D.....	59
<b>Figura III.12.</b>	Antena GSM.....	61
<b>Figura III.13.</b>	Menú Principal de Twido Suite.....	63
<b>Figura III.14.</b>	Creación de un nuevo programa.....	63
<b>Figura III.15.</b>	Módulos del PLC TWIDO 20DTK.....	64
<b>Figura III.16.</b>	Configuración del módulo TWDNOZ232D.....	64
<b>Figura III.17.</b>	Elemento Genérico ASCII.....	65
<b>Figura III.18.</b>	Elemento Genérico ASCII.....	66
<b>Figura III.19</b>	Modo comando de un módem.....	68

<b>Figura III.20.</b>	Modo en línea de un módem.....	69
<b>Figura III.21.</b>	Sintaxis de un comando AT.....	71
<b>Figura IV.1.</b>	Arquitectura del Sistema de telecontrol.....	89
<b>Figura IV.2.</b>	Caso de Uso 1.....	94
<b>Figura IV.3.</b>	Caso de Uso 2.....	95
<b>Figura IV.4.</b>	Diagrama de Secuencia 1.....	97
<b>Figura IV.5.</b>	Diagrama de Secuencia 2.....	98
<b>Figura IV.6.</b>	Diagrama de Estados 1.....	101
<b>Figura IV.7.</b>	Diagrama de Estados 2.....	102
<b>Figura IV.8.</b>	Diagrama de Calles 1.....	103
<b>Figura IV.9.</b>	Diagrama de Calles 2.....	103
<b>Figura IV.10.</b>	Caso de uso real 1.....	106
<b>Figura IV.11.</b>	Caso de uso real 2.....	106
<b>Figura IV.12.</b>	Diagrama de Colaboración 1.....	107
<b>Figura IV.13.</b>	Diagrama de Colaboración 2.....	107
<b>Figura IV.14.</b>	Diagrama de Componentes.....	108
<b>Figura IV.15.</b>	Diagrama de Despliegue.....	108
<b>Figura IV.16.</b>	Inicialización de comunicación del módem.....	115
<b>Figura IV.17.</b>	Inicio de Escritura del módem.....	116
<b>Figura IV.18.</b>	Envío de Mensajes.....	116
<b>Figura IV.19.</b>	Tiempo de escaneo de dispositivos.....	116
<b>Figura IV.20.</b>	Inicio de Escritura del módem.....	117
<b>Figura IV.21.</b>	Actualización de mensajes.....	117
<b>Figura IV.22.</b>	Eliminación de mensajes.....	117

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla III.1.</b>	Descripción del PLC TWIDO 20DTK.....	57
<b>Tabla III.2.</b>	Distribución de pines del conector Sub-D.....	60
<b>Tabla III.3.</b>	Estados del Módem.....	62
<b>Tabla III.4.</b>	Comandos AT Básicos.....	72
<b>Tabla III.5.</b>	Comandos AT Extendidos.....	73
<b>Tabla III.6.</b>	Comandos AT Proprietarios.....	74
<b>Tabla III.7.</b>	Códigos ASCII.....	76
<b>Tabla IV.1.</b>	Categorización de riesgos.....	83
<b>Tabla IV.2.</b>	Especificaciones técnicas de los Equipos del Control.....	88
<b>Tabla IV.3.</b>	Requisito funcional 1. Operaciones de control remoto.....	91
<b>Tabla IV.4.</b>	Requisito funcional 2. Notificación de alertas.....	92
<b>Tabla IV.5.</b>	Caso de uso 1. Operaciones de control y diagnosis remoto	94
<b>Tabla IV.6.</b>	Caso de uso 2. Notificación de Fallos. ....	95
<b>Tabla IV.7.</b>	Glosario de Términos.....	97
<b>Tabla IV.8.</b>	Contrato de Operación 1. Operaciones de control remoto...	100
<b>Tabla IV.9.</b>	Contrato de Operación 2. Notificación de fallos.....	101
<b>Tabla IV.10.</b>	Caso de uso real 1. Operaciones de control remoto.....	105
<b>Tabla IV.11.</b>	Caso de uso real 2. Notificación de Fallos.....	106
<b>Tabla IV.12.</b>	Recursos usados en la comunicación GSM.....	110
<b>Tabla IV.13.</b>	Inicialización del módem GSM.....	111
<b>Tabla IV.14.</b>	Configuración del módem para envío de mensaje.....	112
<b>Tabla IV.15.</b>	Emisión del mensaje.....	113
<b>Tabla IV.16.</b>	Recepción de mensajes.....	114

# INTRODUCCIÓN

El telemantenimiento o supervisión remota en redes industriales es la nueva tendencia que se está adoptando en la línea de producción, debido a que permite realizar un control directo a los equipos e instrumentos inmersos en el sistema de producción en cualquier momento y desde cualquier lugar creando una línea de control y monitorización mucho más estable en cada etapa de la producción, pues además de supervisar el correcto funcionamiento del sistema previene al gestor o administrador del área sobre posibles fallas y errores, lo que contribuye en la toma oportuna de decisiones permitiendo a su vez que equipos complejos compuestos por sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos interactúen entre sí de manera idónea.

En la actualidad es posible realizar un telemantenimiento a través de una red GSM interconectada con la red industrial la cual habilita a terminales móviles tales como teléfonos celulares interactuar con el sistema de producción mediante mensajes de texto y llamadas al sistema mediante código.

El presente trabajo de investigación se centra en el estudio, funcionamiento, programación y protocolos de un módulo GSM, así como de los métodos de incorporación de dispositivos móviles en una red de comunicación industrial, que permita realizar una supervisión de procesos de forma remota mediante llamadas al sistema desde dispositivos móviles o por mensajes de texto desde terminales GSM.

Se exponen las ventajas que aporta esta comunicación en el desarrollo de los procesos industriales, basados en un análisis sobre esta nueva tecnología.

# CAPÍTULO I

## MARCO REFERENCIAL

### ***1.1. Antecedentes.***

El control automático no es una teoría nueva, nació desde hace mucho, en épocas remotas, cuando el hombre luchaba por simplificar su trabajo y por ende su vida y utilizó para ello toda su capacidad de raciocinio e ingenio, poco a poco fue mejorando sus herramientas de trabajo, incrementando en su labor sistemas de medición de tiempo y teorías de control, las mismas que tuvieron su mayor auge durante la Revolución Industrial, período en el que se inventó la máquina de vapor lo que sin duda supuso un avance enorme en la automatización de los sistemas de producción, y desde entonces no ha parado la renovación de teorías de control que brindan seguridad y fiabilidad en el desarrollo de los procesos de producción.

Actualmente, es común ver como industrias que iniciaron su labor con una infraestructura relativamente pequeña, con el paso del tiempo han ido creciendo hasta llegar a contar con una gran planta industrial, lo que trae

consigo un mayor esfuerzo en el control realizado durante el proceso de producción pues el administrador debe movilizarse con rapidez por toda la planta solucionando inconvenientes y verificando que todo se efectúe de acuerdo a los parámetros establecidos; además a medida que la industria crece también aumentan los problemas de control, lo que ha provocado la imperiosa necesidad de contar con un control y monitoreo de procesos idóneo para alcanzar los objetivos planteados manteniendo o mejorando la calidad del producto resultante.

Si ha ello le sumamos el alto índice de competencia laboral que existe actualmente en un sistema donde la comunicación es parte fundamental del diario vivir, y la rapidez con que avanza la tecnología se hace patente lo significativo que es buscar nuevas estrategias de producción y control sofisticados con la finalidad de ir a la par del avance industrial.

Este es el caso de la Empresa CECATTEC, domiciliada en la ciudad de Ambato, que a pesar de ser una Institución joven pretende fijar las bases para posicionarse en el mercado implementando en uno de sus módulos un sistema de monitoreo y control remoto.

## **1.2. Justificación.**

### **1.2.1. Justificación Teórica**

Con el desarrollo del tema de investigación propuesto se dispondrá de una base que ayudará a fomentar el avance en esta área, pues se contará con la información necesaria que permita realizar un sistema de control y supervisión remoto que gestione el desarrollo de los procesos productivos.

La integración de un sistema de supervisión que habilite la comunicación de un equipo conectado a una red GSM, significaría que los datos del proceso puedan ser accedidos y monitoreados en cualquier instante y desde cualquier lugar, lo que le brinda mayor flexibilidad al proceso industrial, mejorando la calidad del producto resultante pues se evitará y corregirá errores en menor tiempo, a la vez que se estaría usando menos recursos, lo que supondría costos de producción menores.

### **1.2.2. Justificación Práctica Aplicativa**

La integración del mantenimiento y diagnosis remoto a través de la red GSM contribuirá al aumento de la eficacia en el desarrollo del proceso productivo pues permitirá:

- ✓ Acceso más rápido, seguro y eficaz entre terminales.
- ✓ Evaluar de forma remota las instalaciones o planta de trabajo.
- ✓ Interactuar con el sistema desde cualquier lugar y en cualquier momento
- ✓ Conocer detalles sobre fallas y funcionamiento del sistema de forma más rápida y oportuna.
- ✓ Detección y corrección de errores de forma más eficaz y segura

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- ✓ Realizar un mantenimiento y diagnosis remoto de un equipo mecatrónico usando un módulo GSM.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Investigar los protocolos, herramientas y métodos de comunicación de un módulo GSM para realizar un mantenimiento y diagnosis remota dentro de un equipo mecatrónico usando un módulo GSM.
- ✓ Diseñar, planificar, y configurar una red industrial usando la tecnología GSM; sobre la cual se efectúe una supervisión remota.
- ✓ Diseñar e implementar una aplicación que permita realizar un mantenimiento y diagnosis remoto de un equipo mecatrónico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### ***2.1. Introducción a Redes Industriales***

##### **2.1.1. Generalidades**

Una red industrial es un sistema de transmisión de información que interconecta la maquinaria y equipos eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos, etc., inmersos en la proceso de producción dentro de una planta industrial, conocidos como dispositivos de campo, y computadores provistos de programas de monitorización o supervisión industrial.

Las redes industriales permiten la comunicación de dispositivos de campo en tiempo real, incrementando el rendimiento del proceso productivo pues posibilita su visualización, supervisión y toma de datos de forma más rápida posibilitando el intercambio de datos entre sectores del proceso y otros departamentos.

Originalmente la comunicación entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basaba en señales analógicas; sin embargo, actualmente es posible tener una comunicación digital bidireccional multipunto, mediante el cual los instrumentos puedan comunicarse bajo una misma plataforma lo que posibilita una arquitectura abierta donde equipos de cualquier fabricante se integran a la red de campo existente.

La comunicación industrial se ha convertido en parte fundamental del diseño de un sistema de control de procesos, es por ello que el modelo de red seleccionado influirá en gran manera en las prestaciones que brinda el sistema, por ejemplo permitirá que el control se distribuya, disponga de sistemas de información tales como bases de datos, dispositivos gráficos de supervisión y diagnósticos avanzados.

### **2.1.2. Topología de Redes**

Es la forma de conexión física de los diferentes terminales dentro de una red, las topologías más comunes son las siguientes:

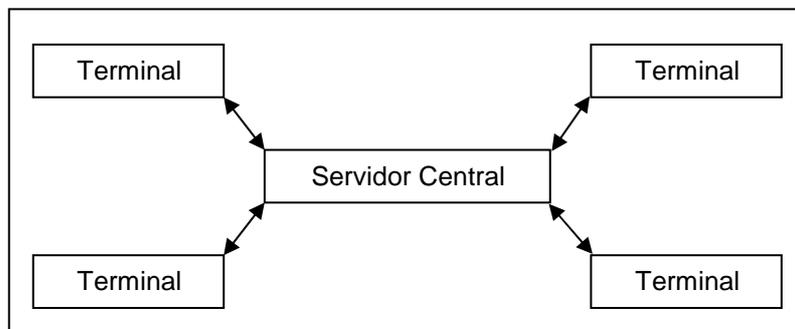
- ✓ Topología en estrella
- ✓ Topología en anillo
- ✓ Topología en bus
- ✓ Topología en árbol

#### **2.1.2.1. Topología en estrella**

En este tipo de topología existe un servidor central al cual se conectan todos los nodos de la red lo que permite establecer una conexión punto a punto

dedicado, donde la información se transmite al servidor y una vez allí se direcciona al terminal al que va destinado.

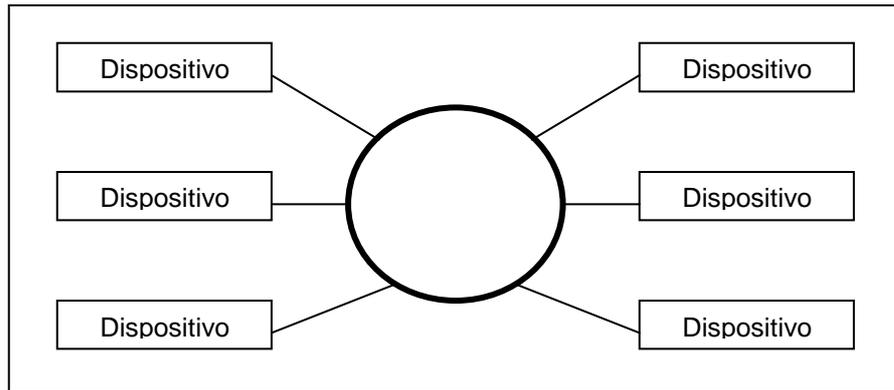
Esta forma de conexión hace posible que en la misma red existan diferentes medios de comunicación y/o velocidad de transmisión, además brinda un alto nivel de seguridad y facilita la detección de errores dentro de la red, sin embargo el servidor central debe ser robusto pues de su velocidad de transmisión depende la velocidad de la red, si esta sufre un daño y deja de funcionar también lo hace toda la red.



**Figura I.1.** Red tipo Estrella

#### **2.1.2.2. Topología en anillo**

Su nombre se debe a que los dispositivos conectados a la red forman entre sí un anillo, al cual se conectan a través de un pequeño repetidor que interrumpe el canal. La información se transmite mediante paquetes enviados de nodo a nodo desde el nodo emisor hasta el terminal destino, este tipo de topología brinda una excelente transmisión pues evita pérdida de paquetes no obstante si un nodo falla toda la red podría dejar de funcionar.

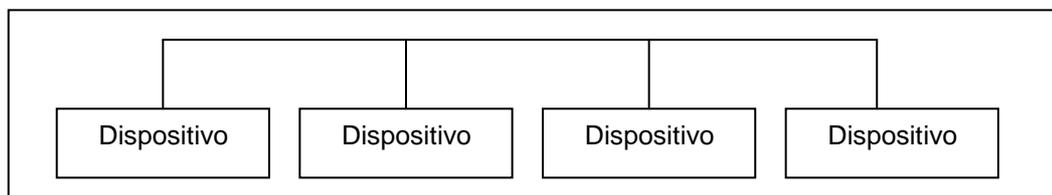


**Figura I.2.** Red tipo Anillo

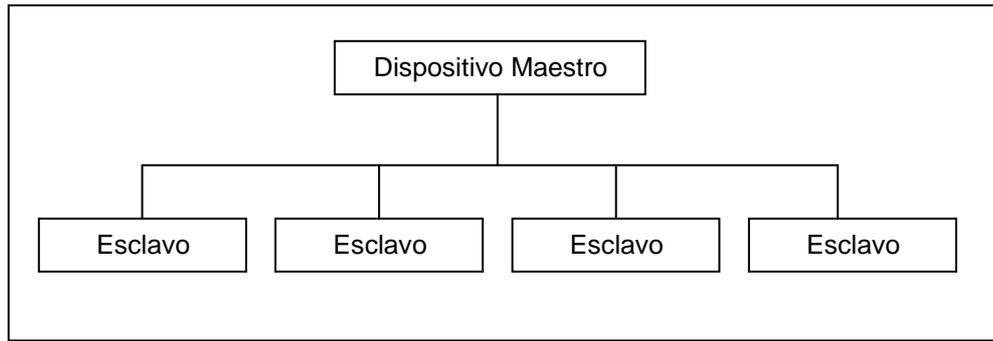
### **2.1.2.3. Topología en Bus**

Las redes basadas en esta topología utilizan un único enlace de comunicaciones denominado bus, al cual se conectan directamente todos los dispositivos. Un inconveniente de esta topología es que solo permite la transmisión de un solo mensaje a la vez, por lo que si dos terminales inician su transmisión simultáneamente se produce una colisión, es decir la pérdida de información contenida en los paquetes viajantes, para evitar que se produzcan colisiones se puede incorporar un dispositivo maestro que señale a cada dispositivo denominado esclavo cuando puede iniciar la transmisión de datos.

Esta es la forma más usada dentro de redes industriales debido a su fácil instalación.



**Figura I.3.** Red tipo Bus por colisiones

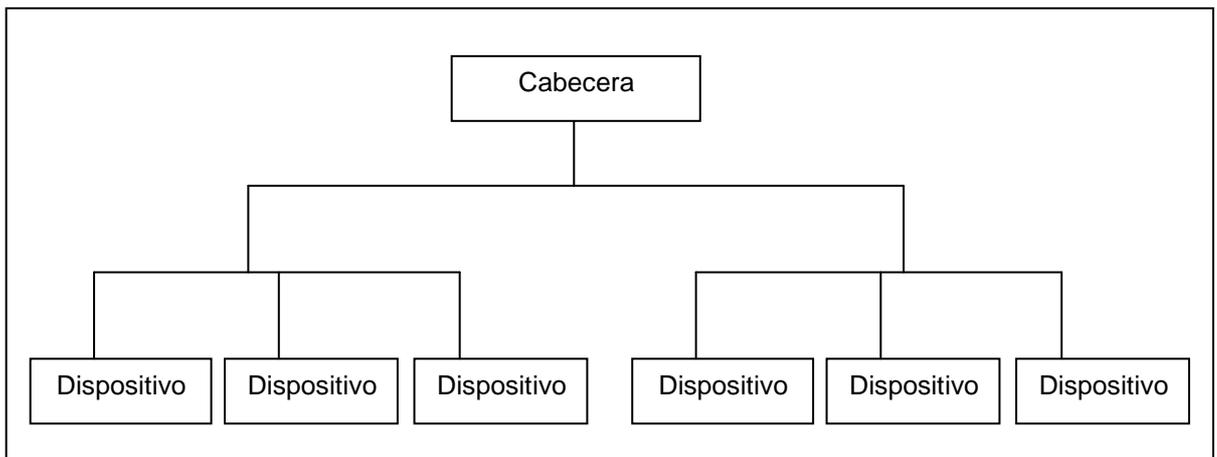


**Figura I.4.** Red tipo Bus Maestro / Esclavo

#### **2.1.2.4. Topología en árbol**

Está constituida de varias topologías en bus, formando una estructura arbórea. La estructura comienza en un dispositivo denominado cabecera, desde el cual parten dos o más buses, cada uno de los cuales, en su extremo, pueden dar origen a dos o más buses, y así sucesivamente.

La mayor ventaja de este sistema es la alta flexibilidad de la red, no obstante a mayor número de ramas conectadas se incrementa la atenuación y el bajo rendimiento.



**Figura I.5.** Red tipo Árbol

## **2.2. Comunicaciones Industriales.**

### **2.2.1. Niveles de comunicación en una Red Industrial.**

Dentro de una red industrial existirán equipos, maquinaria y dispositivos de todo tipo, tales como computadores, motores, controladores, actuadores, reguladores, robots, válvulas, etc., a los cuales se los agrupa de forma jerárquica con la finalidad de obtener la conexión más idónea para cada área de trabajo.

Básicamente se pueden definir cuatro niveles de jerarquía, los cuales son:

#### **2.2.1.1. Nivel de Gestión**

Es el nivel más alto dentro de una red industrial, está enfocado en el área administrativa y comercial de la empresa, su objetivo principal es el de fortalecer a los demás niveles ya que es aquí donde se define la estrategia y planificación de trabajo enlazando el área de gestión de la empresa con el sistema productivo, supervisando productos, pedidos, ventas, etc.

En este nivel se emplean estaciones de trabajo especializados en la gestión y el almacenamiento de datos, que permiten simular el proceso de producción así como intercambiar datos con otros departamentos mediante una red de comunicaciones de tipo LAN o WAN.

#### **2.2.1.2. Nivel de Control**

Este nivel se centra en la logística operacional, donde se deciden aspectos importantes del proceso productivo tales como entrada y salida de materiales, se estructuran políticas y estrategias de planificación así como requerimientos

de trabajo, para ello se efectúa un análisis detallado de la información remitida por los niveles inferiores.

Con la finalidad de contar con una visión más amplia de la labor que se efectúa en la planta, en este nivel se incorporan equipos dotados con software específico para el diseño y control de calidad del proceso productivo, denominados células de fabricación tales como PLC y PC, los cuales están enlazados mediante una red de área local, lo que facilita la supervisión y el control en las diferentes zonas de trabajo.

### **2.2.1.3. Nivel de Campo y Proceso**

Este nivel se caracteriza por la integración de pequeños automatismos como PLC's compactos, multiplexores de entrada y salida, controladores, etc., dentro de subredes denominadas islas, las mismas que también pueden contener autómatas modulares que desempeñan el papel de maestros de la red.

En este nivel cerca del proceso a controlar se implanta una interface de operaciones que permite al operador de la planta visualizar el desempeño y el progreso de la producción, en cualquier formato de presentación tal como una visión global del estado del proceso, representaciones gráficas de los elementos o equipos de proceso, estado de alarmas y cualquier otro tipo de información. Por su parte el operador esta en la capacidad de requerir información del proceso, ejecutar estrategias de control y generar informes de operación.

Dentro de este nivel se implementan los buses de campo que permiten extraer los datos más significativos del nivel inferior mediante los puentes de

comunicaciones (gateway o bridge) y los ponen a disposición de la interface de operaciones.

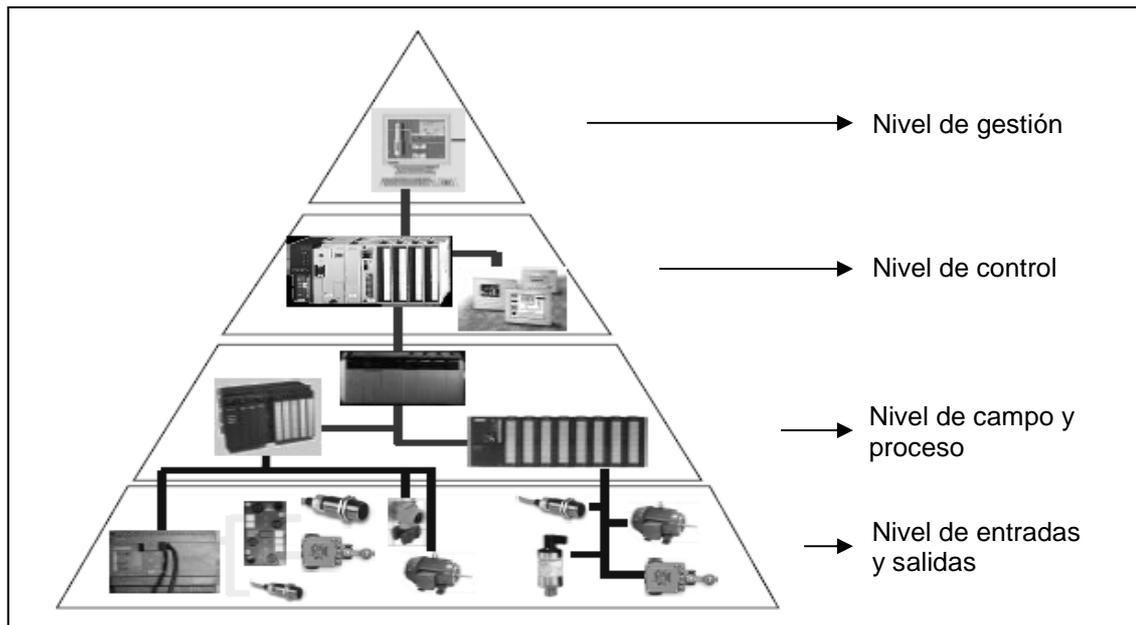
#### **2.2.1.4. Nivel de Entradas y Salidas**

Físicamente este nivel se encuentra en contacto con el entorno a controlar, constituye el nivel más bajo del proceso; contiene sensores, actuadores y módulos de entrada y salida que se encargan de manejar el proceso productivo, así como tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión.

Su trabajo se centra en comunicar al Nivel de Control el estado del proceso de producción y a su vez modificar los parámetros de trabajo reajustándolos de acuerdo a las órdenes recibidas por los niveles superiores.

Los equipos empleados en este nivel se basan en microprocesadores lo que los hace muy flexibles permitiendo modificar los requerimientos y control del proceso, los cuales además poseen la capacidad de ejecutar algoritmos, secuencias lógicas, y estrategias de control altamente interactivas.

Sin embargo al ser equipos tan sensibles se requiere de personal altamente especializado para que realice su instalación dentro de un bus de campo, o un bus de dispositivos.



**Figura I.6.** Niveles jerárquicos de una red industrial.

### 2.2.2. Buses de Campo

Técnicamente hablando, un bus de campo es el sistema de comunicación entre los diferentes dispositivos de campo y el sistema de control dentro de una red industrial.

Habilita la conexión diferentes dispositivos denominados nodos a través de un cable de comunicaciones conocido como bus, pudiendo conectar instrumentos de medición de flujo, presión, temperatura y nivel, analizadores, equipos de conmutación, controladores lógicos programables, estaciones remotas de entrada y salida, unidades de almacenamiento de datos, etc.

Este sistema de transmisión de datos se basa en tecnología digital que reemplaza al método convencional analógico de 4-20 mA reportando significativas ventajas pues simplifica la arquitectura de la red disminuyendo costos de instalación, operación y mantenimiento de equipos, además permite

intercambiar órdenes y datos entre productos de un mismo o de distintos fabricantes a través de un protocolo reconocido por cada uno de los nodos, esto es posible debido a que cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, convirtiéndolo en un dispositivo inteligente capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus.

#### **2.2.2.1. Ventajas de los Buses de Campo**

Los buses de campo presentan las siguientes ventajas:

- ✓ Minimización del cableado usado lo que abarata costos, facilita la instalación de la red y en la instalación y disminuye el tiempo de mantenimiento.
- ✓ Un bus de campo posibilita la adición y retiro de de equipos u otros elementos en pleno funcionamiento.
- ✓ Facilita el diagnóstico de errores o problemas ocurridos dentro de la red.
- ✓ Trabaja con Interfaces abiertas normalizadas, lo que habilita la conexión de equipos de múltiples diseñadores.

#### **2.2.2.2. Clasificación de los Buses de Campo**

Debido a la falta de estándares y las grandes expectativas económicas que reporta el control de procesos industriales, un gran número de fabricantes de equipos han desarrollado diversas soluciones, cada una de ellas con distintas prestaciones y campos de aplicación.

A continuación se presenta una clasificación de los buses de campo de acuerdo a su funcionalidad:

## **Buses de alta velocidad y baja funcionalidad**

Están diseñados para integrar dispositivos simples como relés, actuadores simples, etc.; que operan en aplicaciones de tiempo real, y se hallan agrupados en una pequeña zona de la planta, típicamente una máquina. Básicamente comprenden las capas física y de enlace del modelo OSI.

Ejemplos de este tipo de buses son los siguientes:

- ✓ **CAN:** Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.
- ✓ **SDS:** Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN.
- ✓ **ASI:** Bus serie diseñado por Siemens para la integración de sensores y actuadores

## **Buses de alta velocidad y funcionalidad media**

Son buses controlan dispositivos de campo complejos, de forma eficiente y a bajo costo, están basados en el diseño de una capa de enlace para el envío eficiente de bloques de datos de tamaño medio. Estos mensajes permiten que el dispositivo tenga mayor funcionalidad de modo que permite incluir aspectos como la configuración, calibración o programación del dispositivo.

Normalmente incluyen la especificación completa de la capa de aplicación, lo que significa que se dispone de funciones utilizables desde programas basados en PCs para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos que constituyen el sistema. Algunos incluyen funciones estándar para distintos tipos de dispositivos (perfiles) que facilitan la interoperabilidad de dispositivos de distintos fabricantes.

Algunos ejemplos son:

- ✓ **DeviceNet:** Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos.
- ✓ **LONWorks:** Red desarrollada por Echelon.
- ✓ **BitBus:** Red desarrollada por INTEL.
- ✓ **DIN MessBus:** Estándar alemán de bus de instrumentación, basado en comunicación RS-232.
- ✓ **InterBus-S:** Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias.

### **Buses de altas prestaciones**

Soportan comunicaciones a través de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, pueden presentar problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen.

Entre sus características se incluyen las siguientes:

- ✓ Redes multi-maestro con redundancia.
- ✓ Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta.
- ✓ Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo
- ✓ Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast,
- ✓ Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- ✓ Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- ✓ Descarga y ejecución remota de programas.

- ✓ Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- ✓ Conjunto completo de funciones de administración de la red.

Algunos ejemplos son de este tipo de buses son:

- ✓ Profibus
- ✓ WorldFIP
- ✓ Fieldbus Foundation

### **Buses para áreas de seguridad intrínseca**

Incluyen modificaciones en la capa física para cumplir con los requisitos específicos de seguridad intrínseca en ambientes con atmósferas explosivas.

La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el componente en cuestión no tiene posibilidad de provocar una explosión en la atmósfera circundante. Un circuito eléctrico o una parte de un circuito tienen seguridad intrínseca, cuando alguna chispa o efecto térmico en este circuito producidos en las condiciones de prueba establecidas por un estándar no puede ocasionar una combustión. Algunos ejemplos son HART, Profibus PA o WorldFIP.

## ***2.3. Sistemas de Supervisión Industrial***

### **2.3.1. Generalidades**

Los procesos industriales exigen que se realice un control en la fabricación de los diversos productos realizados, para así poder conservar invariables algunas magnitudes, ya sean de presión, nivel, temperatura, velocidad, humedad, etc.

A inicios de la era industrial, era el operario quien llevaba a cabo este control de forma manual, utilizando para ello únicamente instrumentos simples de medición, tales como manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc.

Inicialmente este tipo de control era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con la que éstos se han ido desarrollando ha exigido una automatización progresiva por medio de los instrumentos más sofisticados de medición y control, dispositivos que permiten efectuar un mantenimiento y regulación de forma más idónea que la manual, lo que ha reportado beneficios para la industria pues ha permitido liberar al operador de su función física directa en la planta, habilitando que su trabajo se efectúe desde centros de control situados en el proceso o bien en salas aisladas separadas al nivel de campo.

A los procesos industriales a supervisar se los puede dividir en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos. En ambos tipos, deben mantenerse en general las variables ya sea en un valor establecido, un valor dependiente de otra variable, o un rango de valores de acuerdo a parámetros predeterminados.

El sistema de control que permite este mantenimiento de las variables comparando el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y tomando una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

## **2.3.2. Supervisión y Monitorización**

### **2.3.2.1. *Sistemas de monitorización***

Los sistemas de monitorización son sistemas diseñados para advertir al encargado sobre posibles irregularidades en el funcionamiento de cierto proceso, para que este al revisar el proceso decida si en verdad existen tales fallos, determinar su origen y plantear las acciones que se deben tomar al respecto.

La monitorización generalmente se efectúa sobre un PC industrial ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla del computador, lo que se denomina Interfaz Hombre Máquina (HMI), permitiendo observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías.

Las funcionalidades básicas de un sistema de monitorización son la adquisición, registro de datos y la representación de ellos.

#### **Adquisición y registro de datos:**

La adquisición y registro de la información recibida, se realiza de forma continua y confiable mediante tarjetas de adquisición de datos, tarjetas de instrumentación, instrumentos de panel tales como reguladores autónomos o visualizadores; PLC, computadores industriales IPC y Buses de campo.

Para la adquisición de datos el sistema de monitorización se vale de varios mecanismos tales como:

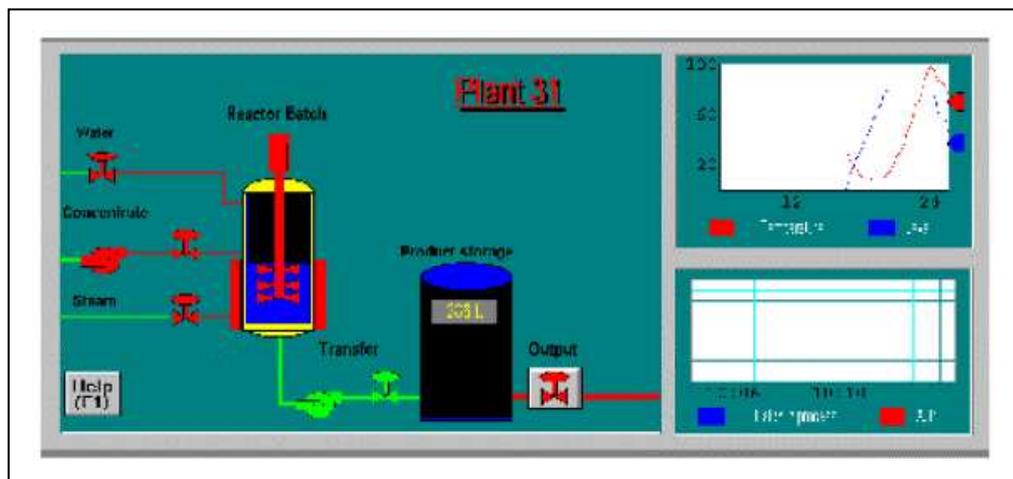
- ✓ Conexión directa al Bus del ordenador mediante tarjetas de adquisición de datos (TAD).
- ✓ Buses de instrumentación es decir con sistemas basados en instrumentos externos unidos al ordenador mediante una interfase estándar de comunicación.
- ✓ Comunicaciones serie a través de interfaces RS-232/485, por ejemplo autómatas programables, controladores autónomos, buses de campo.

Para el registro de datos se requiere digitalizar las señales recibidas usando para ello ya sea señales discretas representadas por un dígito binario, o por señales analógicas representadas por una palabra con varios bits (8,12...) con un rango de valores de  $2^N$ .

Cada variable de proceso es representan por medio de etiquetas o 'tags'

### Representación del proceso

Una vez registrada la información es necesario representarla de forma visual, a este proceso se lo conoce como interfase hombre máquina (HMI, MMI).

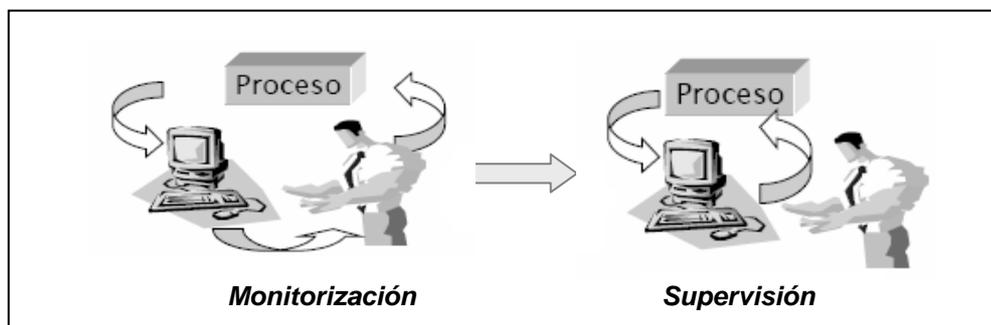


**Figura II.1.** Representación de datos.

### **2.3.2.2. Sistemas de Supervisión**

Un sistema de supervisión constituye el grupo de acciones establecidas para asegurar que los procesos industriales operen de forma adecuada incluso en situaciones irregulares o anómalas, para ello debe registrar el desempeño del proceso analizar el comportamiento de las variables intrínsecas del mismo, determinar si existen anomalías o desviaciones en ellas, de ser así deducir o diagnosticar el motivo, y resolver situaciones conflictivas en línea, tomando las medidas necesarias para que no vuelva a suceder el mismo fallo.

Por tal motivo, se puede decir que los sistemas de supervisión trabajan por encima de los sistemas de control pues controla y manipula el proceso industrial de tal forma que este opere de acuerdo con las especificaciones fijadas, de ésta acción depende en gran medida garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. El sistema de supervisión está encargado de registrar la evolución del proceso y detectar desviaciones indeseadas de las variables, analizar estas desviaciones y deducir el motivo, resolver situaciones conflictivas en línea y tomar medidas para que no vuelva a suceder.



**Figura II.2.** Esquema de Monitoreo y Supervisión de procesos

### **2.3.3. Etapas de Supervisión**

Para que se pueda efectuar una correcta supervisión, ésta debe ser un proceso continuo que atraviesa por tres etapas necesarias, utilizando para ello toda la información disponible sobre el proceso a controlar. Estas etapas se pueden resumir en detección de fallos, diagnóstico y reconfiguración del sistema.

#### **2.3.3.1. *Detección de fallos***

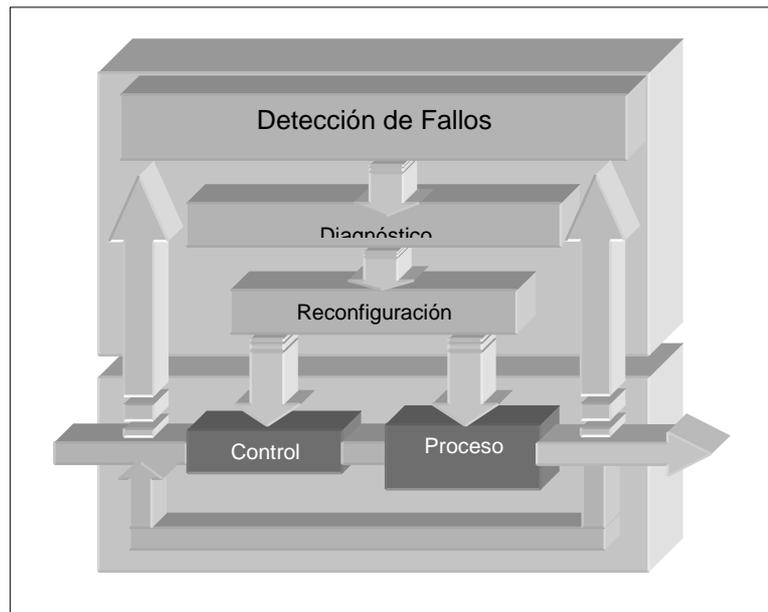
La detección de fallos equivale a captar la variable a través de un elemento de medida ya sea este un sensor, transductor, u otro instrumento de medida. La captación de datos está normalmente formada por componentes locales, es decir, próximos al lugar físico donde se producen los datos de interés con el fin de obtener indicios de situaciones anómalas que puedan llevar al proceso a una situación de fallo y clasificarlas como tales.

#### **2.3.3.2. *Diagnóstico de fallos.***

Una vez determinados los fallos existentes se necesita averiguar o deducir el origen o causa que lo ocasionara. Por otro lado es necesario también atribuir la importancia adecuada del fallo existente de acuerdo con el algoritmo de control del proceso implementado para poder corregirlo.

#### **2.3.3.3. *Reconfiguración del sistema***

Constituye la propuesta de acciones a realizar para mantener el proceso operativo de forma idónea, va dirigida a la Reconfiguración del elemento final de control, siempre y cuando se lo requiera.



**Figura II.3** Etapas de Supervisión

## **2.4. Sistemas de Control Distribuido**

### **2.4.1. Funcionalidad del Control Distribuido.**

*El sistema de control distribuido (DCS) es el siguiente paso en la evolución de los sistemas de control, desarrollado inicialmente por Honeywell en 1975.*

Los elementos de un sistema de control distribuido no se hallan necesariamente circundantes en su localización, sino que pueden estar distribuidos geográficamente, es decir el sistema puede conectarse directamente con el equipo físico tal como interruptores, bombas y válvulas o a su vez puede trabajar a través de un sistema intermedio tal como un sistema de SCADA. Sin embargo cada subsistema es controlado por uno o más reguladores y están todos los elementos están conectados mediante redes para la comunicación, proporcionando de esta forma mayor flexibilidad y seguridad.

Para la supervisión usualmente se emplea una computadora de gran capacidad auxiliada de subsistemas que controlan una red local que sirve de interfaz de comunicación con cada controlador.

## **2.4.2. Componentes del Control Distribuido.**

En la Figura II.5. se muestran los componentes básicos de un sistema de control distribuido. A continuación se realiza un detalle de los elementos que intervienen en el control distribuido:

### ***2.4.2.1. El controlador multifunción***

Es similar a un PC pues posee la capacidad de utilizar en su programación un lenguaje de alto nivel, el cual proporciona las funciones de control lógico que permiten regular un proceso discontinuo (Bach control), además de el manejo de procesos complejos, en las que el control básico esta limitado.

### ***2.4.2.2. El control secuencial***

El control secuencial vincula el control analógico con el control lógico mediante un conjunto de instrucciones o sentencias, que establecen en el tiempo los puntos de ajuste de cada elemento para que tenga lugar la secuencia deseada, para ello se usa un lenguaje de alto nivel orientado al usuario del PC, haciéndolo fácil de codificar e interpretar.

### ***2.4.2.3. El Control Discontinuo***

Conocido también como “Bach control”, es usado en procesos industriales donde se requiere la fabricación de varios productos pero se usa la misma unidad de producción, por tal razón es necesario que el equipo de control sea

versátil para satisfacer la gran variedad procesos que pueden presentarse. Para ello se vale de un programa de la formula principal grabado en unidad de disco que es modificado dinámicamente de acuerdo con determinados parámetros.

#### **2.4.2.4. Los controles programables**

Los PLC son dispositivos electrónicos creados específicamente para el control de procesos secuenciales, sustituyen a los relés convencionales utilizados en la industria pero su diseño le confiere una robustez especial pues aporta la solución más versátil de software en un lenguaje especial, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcionen de forma automática, para ello dispone de un teclado dotado de símbolos que representan la lógica de los contactos: NA (normalmente abierto), NC (normalmente cerrado), Temporización ON u OFF, contador, Constante, operadores aritméticos.

De este modo pueden desarrollarse programas que representen cualquier tipo de enclavamiento y comprobarlos con un simulador de contactos, antes de acoplar el controlador programable a la planta.

#### **2.4.2.5. La estación de operación**

En la estación de operación se almacena y presenta todas las señales de la planta, mediante programas de operación laboran el operador de proceso, por ello se necesita la intervención de varios encargados como operador del proceso el ingeniero de proceso, el técnico de mantenimiento.

El ingeniero de proceso puede editar programas del proceso destinados a obtener determinada información de la planta y procesarla para poder

analizarla más adelante, estos programas permiten utilizar el control distribuido de manera óptima para mejorar la productividad de la fábrica minimizar costos, optimizar variables, hacer cálculos complejos, y confeccionar reportes especiales. Es posible también comunicarse con otros equipos de mayor capacidad para obtener información influyen en la producción y en su rendimiento, o sobre los datos analíticos que se utilicen en la optimización de la planta. Toda esta información debe ser accesible en tiempo real para que se puedan tomar las medidas necesarias.

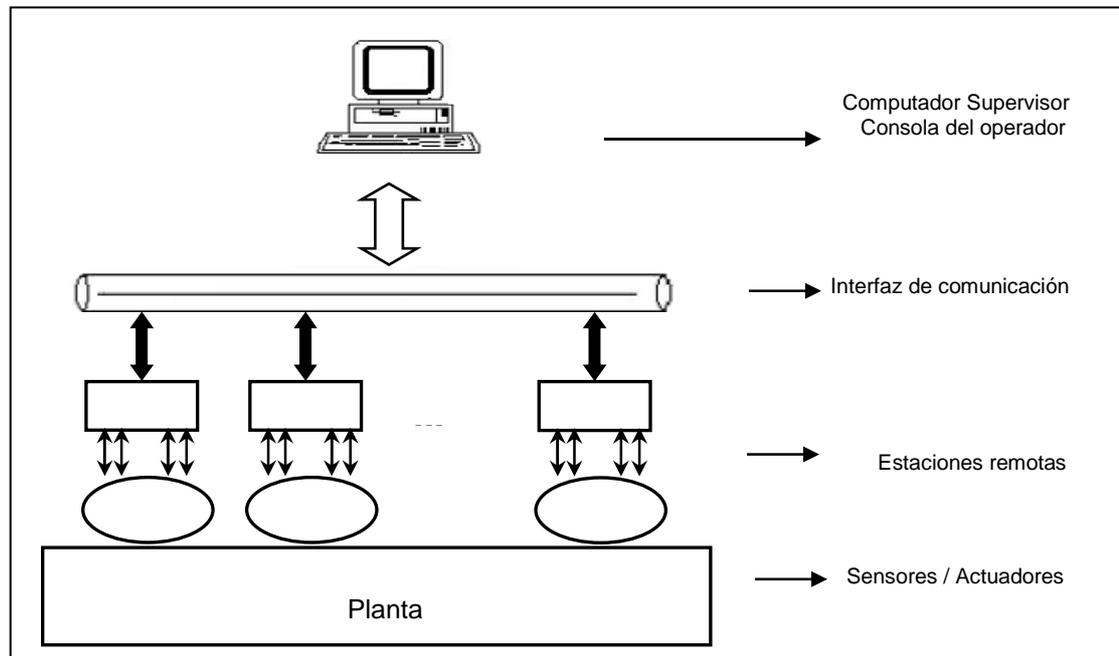
El operador de proceso puede ver imágenes de un determinado proceso, manipular variables, alarmas, curvas de tendencia, etc.; archivar datos históricos de la planta, obtener copias impresas de las tendencias o reportes, estado de las alarmas e incluso llevar un registro del desgaste progresivo de ciertos elementos de control o medición.

Por otra parte el técnico de mantenimiento puede fundamentalmente diagnosticar y resolver problemas en los elementos de control distribuido de la planta.

#### **2.4.2.6. Las alarmas**

Son importantes en el control de procesos. Existen diversos tipos de alarmas por ejemplo existen algunas indican que el proceso esta fuera de control y que se acerca un desastre inminente y otras que indican el restablecimiento del control. Se instalan en el sistema de acuerdo a las necesidades pero es conveniente evitar la instalación de un número excesivo de alarmas, ya que el

operador esta obligado a silenciarlas apretando el botón correspondiente y, además le predisponen a no prestarles atención.



**Figura II.4.** Adquisición y registro de datos.

## **2.5. Telemantenimiento Industrial.**

El telemantenimiento industrial es un sistema de monitorización y control industrial que opera de forma remota mediante protocolos de comunicación con el objeto de asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas, minimizando los paros por avería; pues además de actuar de manera correctiva desde las instalaciones del fabricante, permite mantener un control automático y preventivo de los equipos.

Esta tecnología puede ser aplicada en diversos campos además de los sistemas de supervisión y control de procesos industriales, ejemplo de ello es su aplicación en la astronomía para construcción de telescopios automatizados, o en la industrial automovilística para el control de alarmas, en la domótica para

el control de aparatos eléctricos en hogares y edificios, en laboratorios móviles para análisis y control medioambiental, y en telecomunicaciones

Vía diagnóstico remoto, los ingenieros apoyan al cliente en la revisión y ajustes de las fallas ya sean estas en las funciones de equipos, o por ineficiencias en el proceso de producción, usualmente se ha dado este soporte técnico utilizando las líneas de teléfonos análogos y módems para poder realizar un mantenimiento y diagnóstico al equipo industrial vía operación remota de una PC de servicio en las instalaciones del cliente con la ayuda de un software apropiado. Con el paso del tiempo se ha venido utilizando también las conexiones de mantenimiento remoto vía ISDN, la cual contiene dos canales de transmisión, cada uno con una velocidad de 64 Kbit/s. as.

Hoy en día, las comunicaciones remotas pueden efectuarse mediante una red GSM, la misma que ha probado ser muy buena, resultando ser una solución segura y fiable factores que han contribuido a que tenga gran aceptación entre los clientes.

La conexión remota usualmente se realiza entre la fábrica y el equipo móvil que disponga el encargado del centro de control, de forma tal que la conexión de mantenimiento remoto puede ser utilizada de manera segura desde otras ubicaciones, y por varios teléfonos por ejemplo para permitir el acceso a ingenieros o personal calificado.

En la siguiente sección se especificará las bondades que presenta tecnología GSM en el mantenimiento remoto de equipos industriales.

## **2.6. Tecnología GSM**

GSM derivado de Sistema Global para Comunicaciones Móviles, es un sistema de telefonía móvil digital de segunda generación, desarrollado y estandarizado en Europa por el ETSI, durante los años de 1982 y 1992.

Hoy en día GSM es ampliamente difundido a nivel mundial, pues está presente en más de doscientos países y territorios y cuenta con más de mil millones de usuarios, lo que facilita ofrecer a los usuarios una cobertura mundial, claro esto se hace posible gracias a los acuerdos existentes entre operadoras de diversos países, lo que le permite a un cliente que viaja fuera de su país utilizar en el extranjero su propio equipo y número telefónico, una vez que el teléfono es encendido, la red local lo registra como visitante autorizado, y le habilita usar normalmente su teléfono GSM.

La tecnología GSM es más que transmisión de voz, brinda nuevas formas de comunicación, por ejemplo ha sido pionera de servicios como el envío y recepción de mensajes de texto, mensajes multimedia, imágenes, videos, fotos, televisión en tiempo real móvil, roaming, entre otros.

Esta tecnología digitaliza y comprime los datos con información del usuario y los envía a través de un canal, cada uno de ellos en su propia ranura de tiempo. Funciona en bandas de frecuencia de 900 MHz o de 1800 MHz. Aunque hay operadoras que poseen redes en ambas frecuencias, también existen redes de 1900 MHz. y más recientemente de 850 MHz.

### **2.6.1. Arquitectura GSM**

La arquitectura GSM se compone de cuatro bloques o subsistemas que engloba el conjunto de elementos de la jerarquía del sistema, cada uno de estos subsistemas desempeña funciones específicas para en su conjunto ofrecer el servicio de telefonía móvil al usuario final.

Los cuatro subsistemas de la arquitectura de GSM son los siguientes:

#### **2.6.1.1. Estación Móvil (MS):**

Son teléfonos digitales que pueden ir integrados como terminales en vehículos, pueden ser portables e incluso portátiles, los cuales tienen incorporado la tarjeta SIM o Módulo de Identificación de Abonado.

La SIM es la tarjeta de abonado que proporciona el operador al usuario cuando se contrata el servicio de telefonía, y se puede utilizar en cualquier terminal compatible. en ella se almacena toda la información del usuario, contiene un microprocesador y una pequeña memoria.

La tecnología GSM está basada en el uso de la tarjeta SIM pues los servicios que ofrece están asociados a la tarjeta SIM y no al equipo móvil, de tal forma que los clientes pueden cambiar de equipo y mantener sus datos. Lo que le brinda al cliente portabilidad de la información, o a su vez es posible también cambiarse de operadora con solo adquirir una nueva tarjeta SIM y contratar los servicios.

La tarjeta SIM Guardará, entre otras, la siguiente información para la comunicación:

- ✓ Número de serie
- ✓ Identificación internacional del abonado móvil (IMSI)
- ✓ Identificación temporal del abonado móvil (TMSI)
- ✓ PIN (Clave corta de desbloqueo)
- ✓ PUK (Clave larga de desbloqueo)
- ✓ Clave del algoritmo de autenticación (Ki)
- ✓ Algoritmo de autenticación (A3)
- ✓ Algoritmo de generación de claves de cifrado (A8)
- ✓ Algoritmo de cifrado (A5)
- ✓ Clave del algoritmo de cifrado (Kc)

#### **2.6.1.2. Subsistema de Estación (BSS)**

El subsistema de estación está conformado por un grupo de dispositivos y equipos que soportan la interface de radio de redes de conmutación.

Entre sus principales componentes se halla el Controlador de Estación Base (BSC) y una o varias Estaciones Base (BTS). Estos dos elementos pueden estar integrados en el mismo equipo o separados, en ese caso la interfaz de comunicación entre ambos se denomina Abis. El BSC tiene las tareas de decisión como la gestión de radiocanales para la configuración, salto de frecuencia, asignación, la gestión de canales en el enlace MSC-BSC, determinación de hand-over, control de potencia, etc.

LA BTS, tiene tareas más inmediatas como la temporización, calculo de medidas de la intensidad de campo y la calidad del servicio, encriptación, detección de accesos de estaciones móviles.

En el BSS existen una serie de características que el estándar GSM define como opcionales es decir, que es el operador el que decide si quiere utilizarlas o no.

#### **2.6.1.3. Subsistema de Conmutación y Red (NSS)**

Es el centro de procesamiento de la red GSM y es el responsable de gestionar una comunicación confiable y conmutación entre la red GSM y las redes externas, así como también con las bases de datos empleadas utilizadas para la gestión adicional de la movilidad y de los abonados. Lo más importante es la conexión con la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN).

Sus componentes principales son el centro de conmutación de Servicios Móviles (MSC), que contiene integrados Registros de Ubicación Loca (HLR) y el Registro de Ubicación de Visitantes (VLR) y las bases de datos de HLR y VLR que se interconectan utilizando la Red de Control SS7.

#### **2.6.1.4. Subsistema de Operaciones (OSS)**

Este subsistema es el responsable del mantenimiento y operación de la red, así como de la gestión de los equipos móviles y también de la gestión y cobro de cuota.

### **2.6.2. Ventajas del uso de GSM.**

Aunque GSM presenta diversas ventajas nos centraremos en aquellas que están relacionadas con el objeto de estudio.

La tecnología GSM hace posible controlar las anomalías de los equipos como si estuviera verdaderamente presente ante ellos. Todos los procesos de control

se realizan en un corto espacio de tiempo y la configuración de los programas y su prueba son inmediatos.

Al emplear un sistema de comunicaciones móvil, se resuelve los problemas y fallos que puedan ocasionar los enlaces de las líneas telefónicas fijas tradicionales, pues posee la capacidad de control y comunicación inalámbricos mediante terminales móviles, permitiendo a los usuarios además de una comunicación desde su teléfono celular, tener una línea de control y monitorización estable. Esto permite realizar el control directo de los instrumentos en cualquier instante, sin las restricciones de lugar de conexión y fiabilidad que suponen las líneas analógicas convencionales.

### **2.6.3. SMS**

SMS derivado de Servicio de Mensaje Corto, es un servicio inalámbrico que permite el envío y recepción de mensajes alfanuméricos de hasta 160 caracteres entre teléfonos celulares. Apareció por primera vez en Europa en 1991 a manos del ETSI. Posteriormente para el año de 1998 estuvo disponible también en América del Norte con las operadoras BellSouth Mobility y Nextel.

El servicio de mensajería SMS está presente en casi todos los planes de suscripciones proporcionados por las operadoras a un costo relativamente bajo, lo que lo ha hecho muy popular; SMS permite que un equipo activo sea capaz de recibir o enviar un mensaje corto en cualquier momento, independientemente si existe o no una llamada de voz o datos en progreso lo cual resulta muy útil para aplicaciones de control industrial a distancia.

Este servicio establece un mecanismo para la transmisión de mensajes, una vez que el emisor envía el mensaje, este no es dirigido hacia su destinatario si no más bien es direccionado a un centro de mensajes (SMSC), que lo envía al teléfono receptor. Para esto, el SMSC envía un requerimiento de SMS al registro de localización (HLR) para encontrar al cliente, quien responde al SMSC informando el estado del cliente: inactivo o activo y en dónde está. Si la respuesta es "inactivo", el SMSC almacenará el mensaje por un periodo de tiempo y hasta cuando el cliente active su dispositivo, y pueda ase entregado. El SMSC recibe la verificación de la recepción del mensaje, y lo etiqueta como "enviado" para no tratar de enviarlo de nuevo.

#### **2.6.4. Aplicaciones para SMS**

Los SMS fueron inicialmente diseñados para soportar mensajes de tamaño limitado, en la mayoría de los casos notificaciones, pero se están descubriendo nuevos usos, que han hecho que este mercado explote.

##### **2.6.4.1. Servicios de notificación:**

Los servicios de notificación son unos servicios SMS ampliamente utilizados. Ejemplos de servicios de notificación usando SMS son los mensajes de notificación de correo de voz, notificación de correo electrónico, recordatorio de citas, horarios de reuniones, etc.

##### **2.6.4.2. Interconexión de redes de correo electrónico:**

Los servicios de correo electrónico existentes pueden ser fácilmente integrados con SMS para proveer correo electrónico bidireccional a la mensajería corta.

#### **2.6.4.3. Interconexión de redes de búsqueda**

Servicios de búsqueda integrados con SMS pueden permitir a los abonados inalámbricos digitales ser accesibles a través de interfaces de búsqueda existentes en otras redes.

#### **2.6.4.4. Servicios de información**

Se puede proporcionar una amplia variedad de servicios de información, incluyendo partes meteorológicos, información del tráfico, información de entretenimiento (cines, teatros, conciertos), información financiera (cotizaciones de bolsa, servicios bancarios, servicios de corretaje, etc.), y directorios.

#### **2.6.4.5. Servicios de datos móviles**

El SMSC también puede ser usado para enviar datos inalámbricos cortos. Los datos inalámbricos pueden ser servicios interactivos donde las llamadas de voz estén involucradas.

Algunos ejemplos de servicios de esta naturaleza incluyen despachos rápidos, manejo de inventarios, confirmación de itinerarios, procesamiento de órdenes de ventas y manejo de contactos de clientes.

#### **2.6.4.6. Atención de clientes y administración**

El SMSC también puede ser usado para transferir datos binarios que pueden ser interpretados por la estación móvil, sin ser presentados al cliente. Esta capacidad le permite a los operadores administrar sus clientes al proveerlos de la capacidad de programar las estaciones móviles.

#### **2.6.4.7. Servicios de localización**

La habilidad de rastrear la localización de un objeto móvil, o de un usuario, es muy valiosa tanto para los proveedores como para los clientes. Esta aplicación, de nuevo, solo necesita un intercambio de pequeñas cantidades de información, tales como la longitud y latitud en un momento preciso del día, y quizás otros parámetros como velocidad, temperatura o humedad.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO DE MÓDULO GSM QUE PERMITA UN MANTENIMIENTO Y DIAGNOSIS REMOTO**

#### ***3.1. Introducción al equipo mecatrónico***

##### **3.1.1. Sistema de mecatrónica y automatización de la producción MPS®**

La Industria Festo con la finalidad de capacitar a futuros profesionales en el ámbito Industrial ha implementado su línea Festo Didactic, que posee un sistema de enseñanza sobre automatización que incluye en su gama productos de neumática, hidráulica, electrónica, sensores, robótica, bus de campo, y por supuesto de mecatrónica.

Parte de Festo Didactic es el MPS®, Sistema de Mecatrónica y automatización de la producción; cuyo objetivo principal es enseñar a través de la práctica, la planificación, montaje, programación, puesta a punto, funcionamiento, mantenimiento y localización de averías en sistemas de producción con varios niveles de complejidad, para ello brinda una amplia gama de estaciones y

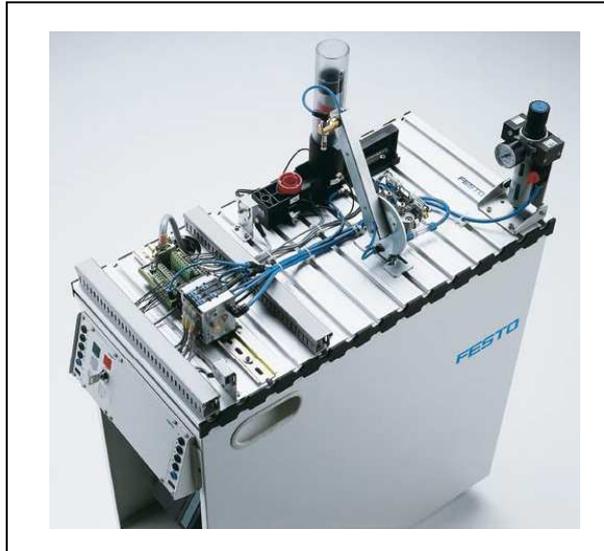
sistemas MPS®, caracterizados por interfaces claramente definidas ya sean estas mecánicas, eléctricas e informáticas, con las cuales es posible adaptarse a nuevas tecnologías, aplicaciones y productos de diferentes fabricantes.

El sistema MPS® 200 ha sido concebido con la idea de introducir a futuros profesionales en el mundo de la producción automatizada, por tanto cuenta con estaciones equipadas con todo lo que probablemente se necesite para una formación exitosa. Este sistema ofrece estaciones funcionales individuales con diferentes objetos hechos de diversos materiales los cuales son expulsados, separados, sujetos, transportados y clasificados, cada una de ellas es suministrada completamente montada y verificada sobre una placa perfilada, que puede estar instalada en un una mesa rodante MPS® con ruedas bloqueables, lo que simplifica el trabajo de proyecto y acoge la consola de control de nuevo diseño y la placa de PLC.

### **3.1.2. Estación de Distribución MPS®:**

Un componente principal del sistema MPS® 200 es la estación de Distribución cuya finalidad es la de separar piezas, almacenar y aportar piezas semielaboradas al proceso de producción

Hay hasta ocho piezas en el tubo del almacén de apilado. Un cilindro de doble efecto expulsa las piezas individualmente. El módulo Cambiador sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior.



**Figura III.1.** Estación de Distribución MPS 200

### **3.1.2.1. Componentes de la estación de distribución**

La estación de Distribución trabaja con la siguiente tecnología especial:

#### **Actuador semi-giratorio**

La estación de Distribución utiliza varios actuadores, tal como el actuador giratorio del brazo basculante puede ajustarse a diversos ángulos entre 0° y 180°. Las posiciones finales son detectadas por medio de microinterruptores, utilizando sensores de proximidad. Un cilindro lineal de doble efecto empuja la pieza extrayéndola del almacén de apilado.



**Figura III.2.** Actuador Semi- giratorio

### **Pinza de aspiración**

La pinza de aspiración del módulo cambiador sujeta la pieza. El vacío es generado en la placa de vacío del terminal de válvulas CP por medio del principio Venturi y es supervisada por un presostato.

### **Válvula de cierre con filtro regulador**

Filtro regulador con manómetro, válvula de cierre, racores rápidos y acoplamientos rápidos, montados en un soporte basculante.



**Figura III.3.** Válvula de cierre

### **Módulo almacén apilador**

Separa piezas de un almacén. Un cilindro de doble efecto empuja la pieza de la parte inferior sacándola del almacén por gravedad, contra un tope mecánico. La posición del cilindro es detectada por sensores inductivos.



**Figura III.4.** Módulo almacén apilador

### **Módulo cambiador**

Es un dispositivo manipulador neumático. Se utiliza una ventosa para tomar piezas y relocalarlas a posiciones de 0° a 180° utilizando un actuador semigiratorio. La posición final se detecta por medio de sensores.



**Figura III.5.** Módulo cambiador

### **Vacuostato**

Vacuostato tipo mecánico con punto de conmutación, es ajustable y posee indicador de estado (LED).



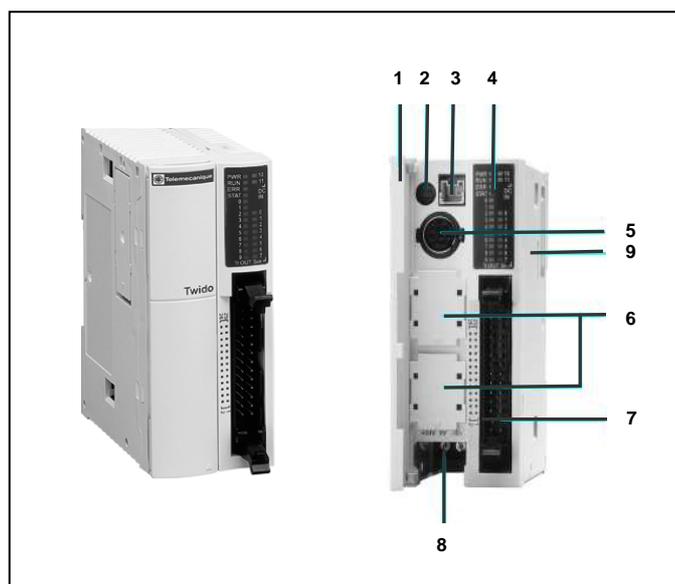
**Figura III.6.** Vacuostato

### **3.2. Introducción al PLC Twido 20 DTK**

Para habilitar la comunicación y efectuar el control de la Estación de Distribución es necesario la utilización de un PLC. En la Figura III.7 se muestra el módulo utilizado para el desarrollo de esta investigación.

#### **3.2.1. Arquitectura del PLC**

Entre la gama de controladores de Twido se halla el Twido 20DTK, diseñado para instalaciones simples y máquinas pequeñas y compactas, cubre aplicaciones estándares con 12 entradas y 8 salidas de comunicación y con soporte de hasta 8 módulos de expansión, está disponible en versiones modular y compacto, y ha mostrado su capacidad para proveer diseños compactos, simples y flexibles. Lo que lo hace ideal para el desarrollo de esta tesis. En la figura III.7 se muestra el controlador luego de lo cual se presenta una descripción de su arquitectura.



**Figura III.7.** Controlador Twido 20DTK

**Tabla III.1. Descripción del PLC 20TDK**

---

*DESCRIPCION DEL PLC TWIDO 20TDK*

---

<i>Etiqueta</i>	<i>Descripción</i>
1	Orificio de montaje
2	Cubierta de terminal
3	Puerta de acceso
4	Cubierta extraíble del conector de monitor de operación
5	Conector de ampliación
6	Terminales de potencia del sensor
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos
9	Conector de puerto serie 2 (TWDLCAA10DRF no dispone de ninguno)

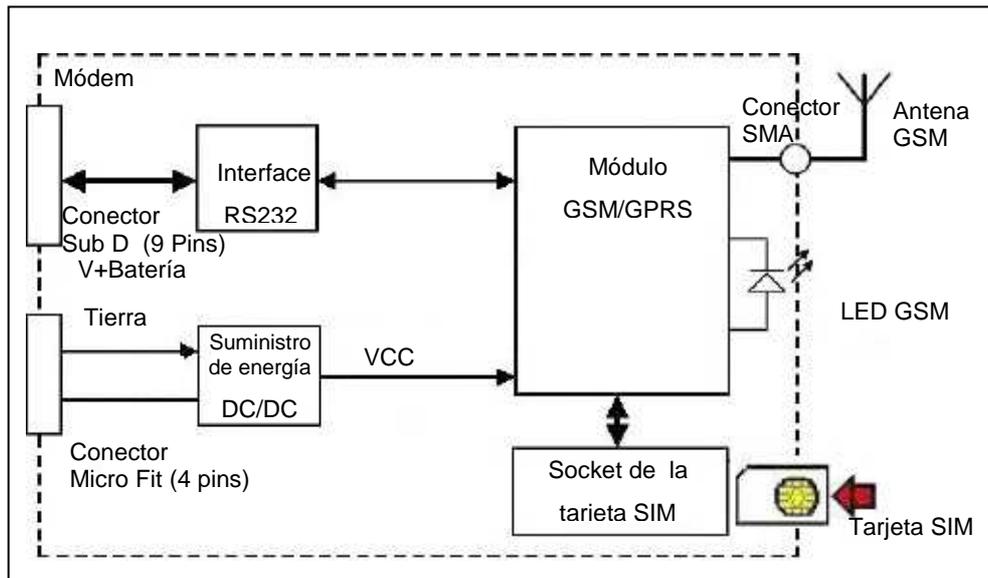
---

### **3.3. Introducción al módulo GSM**

Para el desarrollo del proyecto se ha elegido el Módem SR2 MOD03 de Schneider Electric, que permite una conexión GSM, por lo cual resulta idóneo para efectuar un control y diagnóstico remoto.

#### **3.2.1. Arquitectura del Módem**

En la figura III.7 se muestra la arquitectura del Módem, a continuación se detallarán las partes y conexiones internas del módem.



**Figura III.8.** Arquitectura del Módem

### 3.2.2. Conexiones externas del Módem

En la Figura III.8. se muestran los componentes externos del módem, los mismos que se detallarán a continuación:

**Parte frontal del Módem**

**Parte trasera del Módem**

<b>Partes Módem</b>	
<b>N°</b>	<b>Componente</b>
1	Conector Micro-Fit de 4-pines
2	Conector Sub-D de 9 pines
3	Cubierta de la tarjeta SIM
4	Conector SMA/F para la antena GSM
5	LED GSM

**Figura III.9.** Componentes de Módem GSM

### 3.2.2.1. Conector Micro FIT

Este conector tipo hembra de 4 pines permite la conexión de un suministro externo de energía DC, en el siguiente, esquema se puede observar el tipo de señal que transmite cada Pin del conector

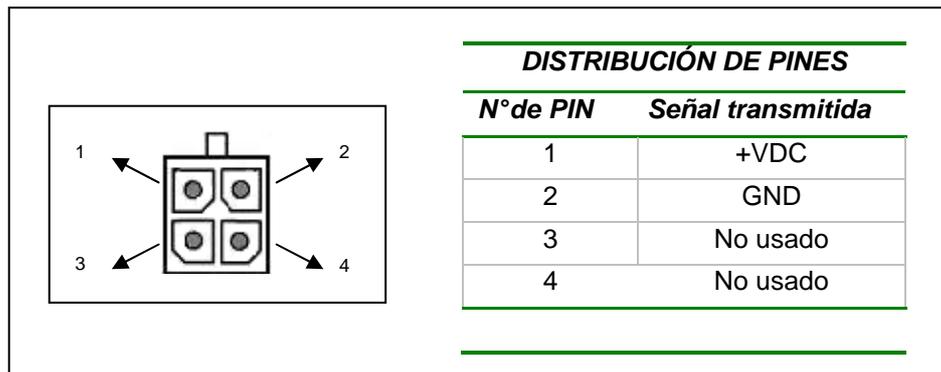


Figura III.10. Conector Micro FIT

Los pines número 3 y 4 no son deben ser usados, mucho debe ser conectado ningún suministro de voltaje pues hacerlo puede causar serias lesiones o la avería del equipo.

### 3.2.2.2. Conector Sub-D

Este conector tipo Hembra de nueve pines permite una conexión serial RS232, en el esquema mostrado a continuación se explica la distribución de pines y su uso.

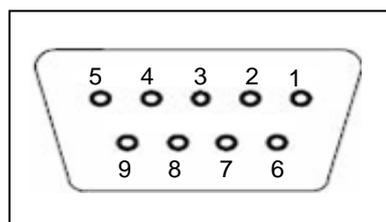


Figura III.11. Conector Sub-D

**Tabla III.2.** Distribución de pines del conector Sub-D

<b>DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL CONECTOR SUB-D</b>			
<b>Nº PIN</b>	<b>Denominación</b>	<b>Circuito (V24 – RS232C)</b>	<b>E/S</b>
1	Detección de la señal	109 – DS – DCD	S
2	Recepción de datos	104 – RD – RXD	S
3	Transmisión de datos	103 – ED – TXD	E
4	Terminal de datos listo	108/2 – TDP – DTR	E
5	Conexión a tierra	102 – TS – GND	-
6	Set de datos listo	107 – PDP – DSR	S
7	Petición para envío	105 – DPE – RTS	E
8	Cancelar el envío	106 – PAE – CTS	S
9	Indicador de tono	125 – IA – RI	S

### **3.2.2.3. Conector para antena GSM**

El conector de la antena GSM es SMA de tipo Hembra con una impedancia de 50 Ohms.

### **3.2.2.4. Antena Magnética GSM**

Es una antena que permite la interconexión del módem con la red GSM, para ello trabaja en las bandas 850/900/1800/1900 MHz, y utiliza el cable coaxial para la transmisión de datos.

Se conecta directamente al Módem a través de un conector SMA de tipo Macho



**Figura III.12.** Antena GSM

Por defecto, inicialmente el módem se configura automáticamente usando las operadoras de red europeas, si embargo una vez que la tarjeta SIM es insertada en el módem se inicia el escaneo de operadoras de red, para ello una aplicación integrada automáticamente chequea la presencia de una red.

Al hallarla la almacena la información respectiva en el módem, este proceso se repite cada vez que se inserta una nueva tarjeta SIM

#### **3.2.2.5. GSM LED**

Adicionalmente el módem cuenta con un LED, el cual es usado para indicar el estado del módem.

En la tabla III.2. se muestran los diferentes estados que puede toma el módem.

**Tabla III.3.** Estados del Módem

---

<b>ESTADOS DEL MÓDEM</b>		
<b>GSM LED</b>	<b>ACTIVIDAD DEL LED</b>	<b>ESTADO DEL MÓDEM</b>
Encendido	LED Encendido constante	El módem esta encendido, y listo para funcionar pero todavía no es reconocido por la red. El Código PIN no ha sido ingresado en la antena o está desconectada.
	Led Titilante (Un vez cada 2 segundos)	El módem está encendido, El Código PIN está activado y el módem es reconocido por la red y hacer o recibir una llamada. El módem se encuentra en un modo inactivo.
	LED Titilante (Cada segundo)	El módem está encendido y se encuentra ahora en estado de comunicación, ya sea de vos, datos o fax.
Apagado	LED apagado	El módem esta apagado o en fase de RESET.

---

### **3.4. Configuración y Programación del Módulo GSM y el PLC**

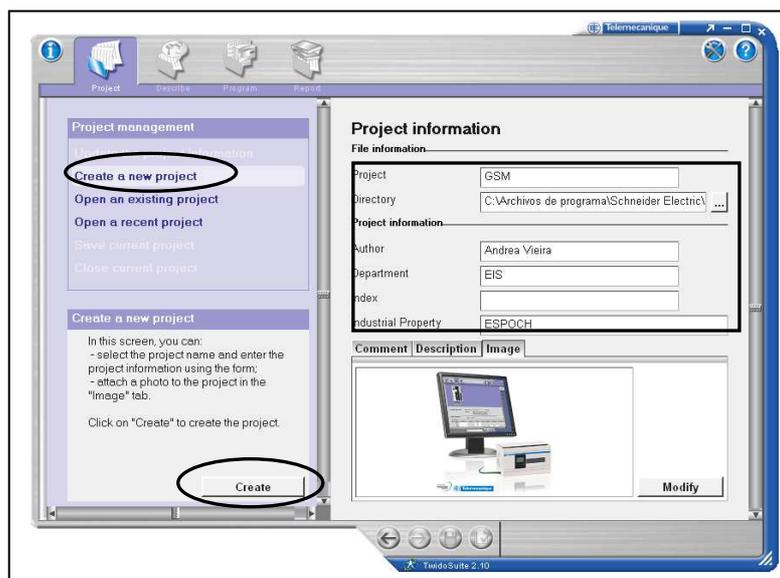
#### **Twido 20DTK**

La configuración del módulo GSM y del PLC Twido se efectúan con el uso de la Herramienta Twido Suite, para ello se deben realizar los siguientes pasos:

1. En el menú principal, seleccionar "Programming Mode", que permitirá configurar y diseñar el programa de control. En el Administrador de Proyectos crear un nuevo proyecto ingresando la información requerida



**Figura III.13.** Menú Principal de Twido Suite.



**Figura III.14.** creación de un nuevo programa

2. En el submenú “Describe” se seleccionan los elementos a usar, que aparecen en el Catalogo del Programa. Para la configuración del PLC Twido 20DTK se seleccionan los siguientes elementos:

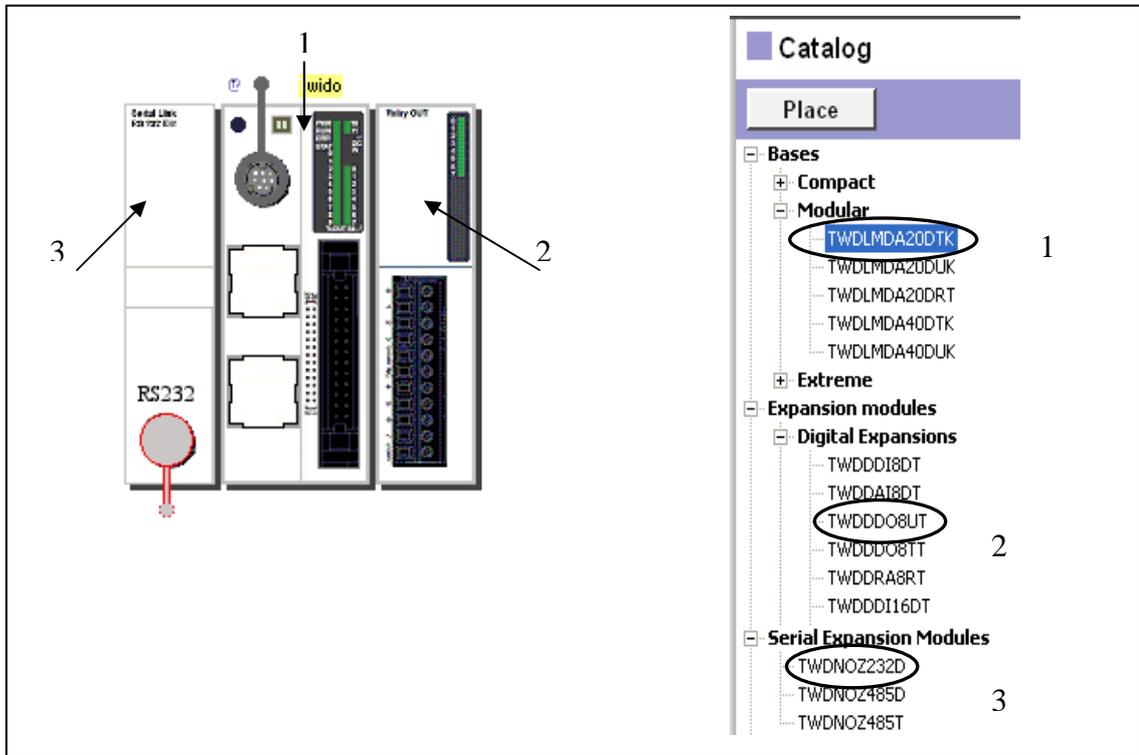


Figura III.15. Módulos del PLC TWIDO 20DTK.

3. En el módulo de expansión Serial TWDNOZ232D se debe configurar como ASCII e tipo de protocolo con el que se trabajará

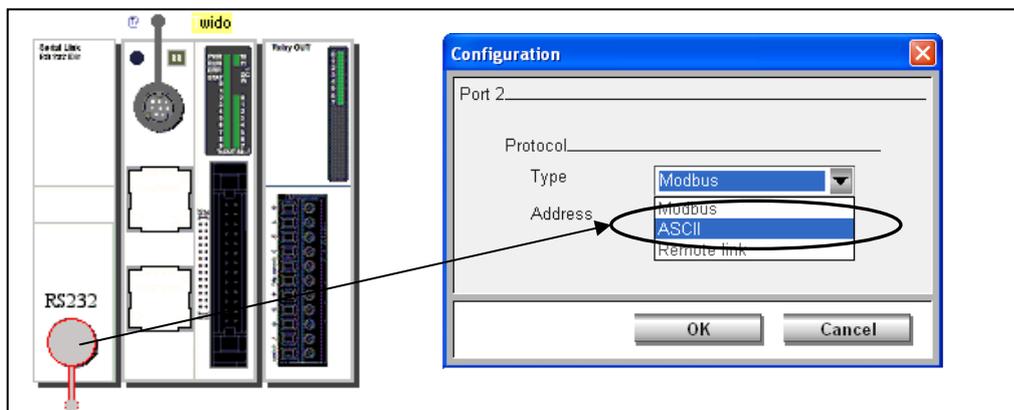
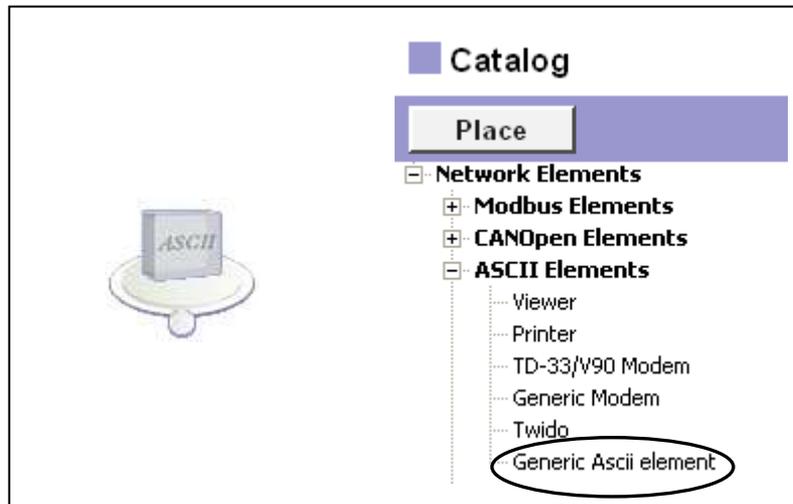


Figura III.16. Configuración del módulo TWDNOZ232D

4. Para efectuar la conexión del PLC con el módem GSM, se selecciona del Catalogo un elemento Genérico ASCII.

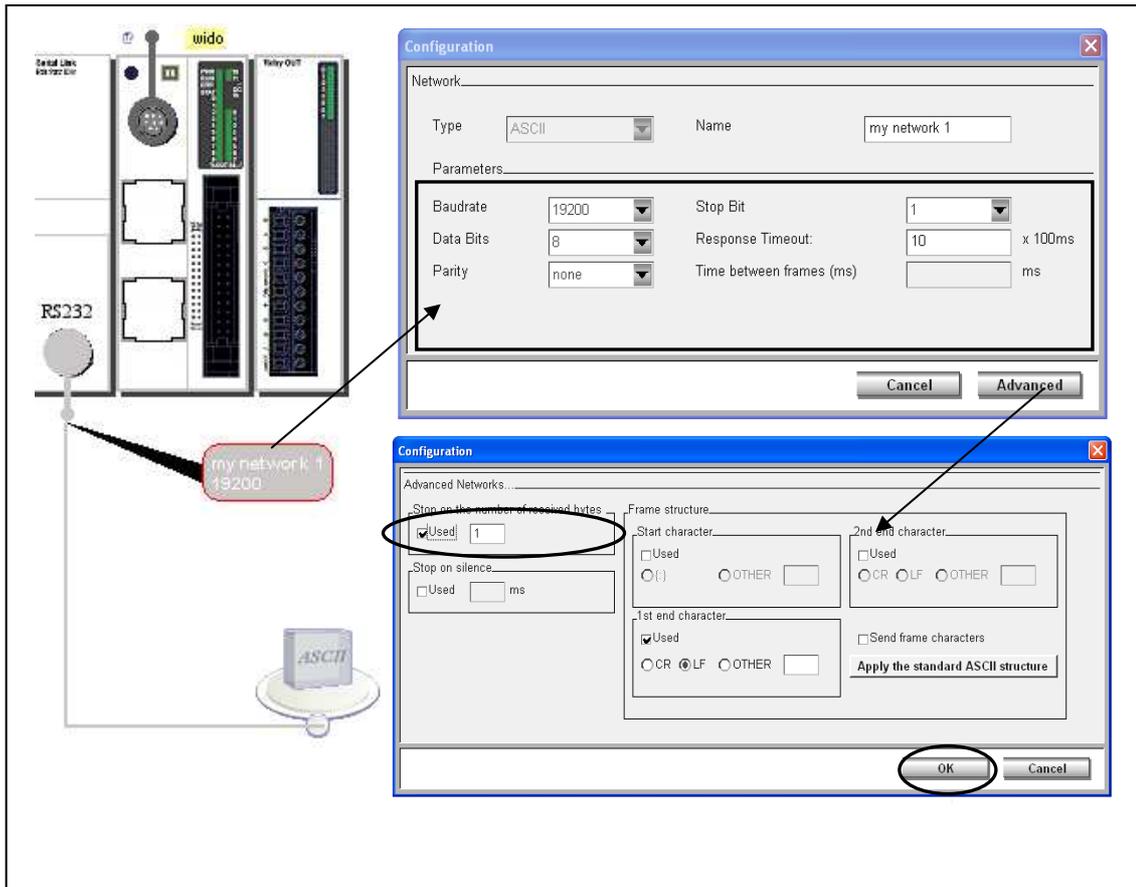


**Figura III.17.** Elemento Genérico ASCII

5. El módem GSM inicialmente está pre configurado con los siguientes parámetros:

Velocidad del Puerto: 19200 baudios  
Bit de datos: 8  
Paridad: ninguna  
Bits de parada: 1  
Control de flujo: ninguno

Finalmente al efectuar la conexión del PLC con el elemento genérico ASCII tales parámetros deben ser establecidos en el puerto de comunicación SR232 del PLC, tal como se muestra en la Figura III.16.



**Figura III.18.** Elemento Genérico ASCII

### ***3.5. Herramientas y protocolos de funcionamiento que permitan el control remoto a través de GSM.***

Una vez conectado y configurado el módem al computador, ya es posible comunicarse con el teléfono celular mediante el envío de instrucciones al mismo, para ello se utilizan los comandos AT.

#### **3.4.1. Comandos AT**

Una herramienta fundamental para el desarrollo de la tesis es el uso de comandos AT debido a que el equipo móvil se comunica con la aplicación a través de estos comandos, estableciendo una conversación del tipo pregunta /

respuesta donde cada comando enviado al equipo móvil generara una respuesta inmediata lo que permite generar la lista de parámetros necesarios para leer y enviar un mensaje SMS. Es por ello que se dedicara un tiempo al estudio de los estos comandos.

Los comandos AT cuyo nombre proviene de la abreviatura de *attention* son instrucciones que nos permiten comunicarnos con un terminal módem, fue desarrollado por Dennis Hayes en 1977, de allí que se los conozca también como comandos Hayes, diseñados con el objeto de contar con una interface de comunicación que permita configurar y proporcionar instrucciones a un módem, por ejemplo marcar un número telefónico. Con el desarrollo del baudio las compañías Microcomm y US Robotics tomaron la batuta en su desarrollo hasta llegar a que su uso sea estandarizado.

Si bien es cierto que la función principal de los comandos AT es la comunicación con módems es posible también utilizarla para la comunicación con otros terminales móviles, de allí que GSM la haya adoptado como estándar de comunicación con sus terminales. De tal manera que todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, al conjunto de estos comandos se los puede hallar en la documentación técnica de los terminales GSM y la finalidad de ellos es permitir acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir entradas en la agenda de contactos y gestión de mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

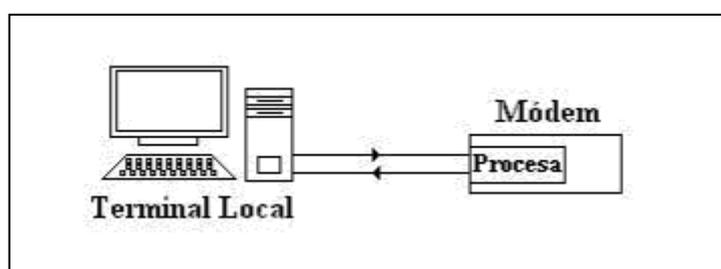
La implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc. De esta forma, es posible distinguir distintos teléfonos móviles del mercado que permiten la ejecución total del juego de comandos AT o sólo parcialmente.

Los comandos Hayes se dividen en dos grandes tipos: Comandos de ejecución de acciones inmediatas (ATD marcación, ATA contestación o ATH desconexión) y comandos de configuración de algún parámetro del módem (ATV define como el módem responde tras la ejecución de un parámetro, ATE selecciona el eco local, etc)

Generalmente un módem posee dos modos de funcionamiento:

#### **Modo comando:**

El módem responde a los comandos que le envía la terminal local o sea, que la información que recibe el módem la procesa sin transmitirla por la línea y le envía su respuesta a la terminal. En este modo es posible configurar el módem o realizar operaciones de marcado y conexión. Antes de que se pueda enviar un comando al módem, este debe estar en el presente modo.

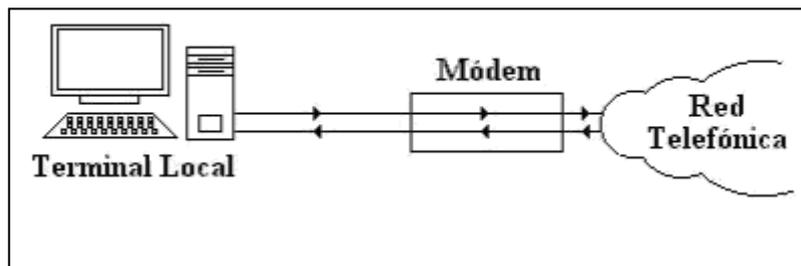


**Figura III.19.** Modo comando de un módem

### **Modo en línea:**

Cuando el módem se conecta con otro. Aquí, cualquier información que envíe la terminal local al módem será transmitida al módem remoto. En este caso el módem no procesa ningún tipo de información y simplemente la transmite a través de la línea. Lo que sí puede hacer es añadir a los datos información adicional para la corrección de errores y verificar si los datos que recibe del otro módem no han sido adulterados.

Para salir de este modo, la terminal local debe enviar el carácter de escape repetido 3 veces de forma seguida. Dicho carácter es configurado en el modo comando. De fábrica, por lo general, el carácter de escape es el “+”.



**Figura III.20.** Modo en línea de un módem

Comúnmente cuando uno realiza una conexión mediante un módem telefónico contra otra terminal se utilizan programas que tienen una interfaz amigable y la mayoría de los comandos que el software de comunicación le ingresa al módem es transparente al usuario. Pero ver en detalle los comandos Hayes ayuda a entender cómo es en sí este tipo de comunicación.

#### **3.4.1.1. Formato de los comandos**

La mayoría de los comandos Hayes empieza con la secuencia “AT”, siendo las excepciones el comando “A” que repite el último comando introducido y la

secuencia triple del carácter de escape. Los otros comandos luego de la secuencia "AT" siguen con las letras del alfabeto. Además, muchos de ellos necesitan a continuación un valor numérico, que en el caso que no se escriba se tomará como que dicho valor es cero. Por ejemplo, la función "ECO" permite que el módem envíe a la terminal el mismo carácter que recibe de ella y procesa. De esta forma el operador de la terminal puede visualizar en pantalla lo que le está enviando al módem. La secuencia ATE1 activa esta función y la ATE0 ó ATE (al no escribir el valor numérico el módem lo toma como que es cero) la desactiva. A medida que se fueron requiriendo más funciones en los módems se tuvo la necesidad de agregar más comandos. A estos comandos se los llama extendidos y tienen la forma AT&X donde "&" indica que el comando X es extendido. Así mismo cada fabricante introdujo otros que no fueron estándares y cumplían funciones específicas. No todos los módems responden a estos comandos.

En resumen, a los comandos Hayes se los puede dividir en 4 grupos:

**Cómandos Básicos (AT...)** Estos comandos fueron los que inicialmente fueron definidos y cumplen funciones elementales.

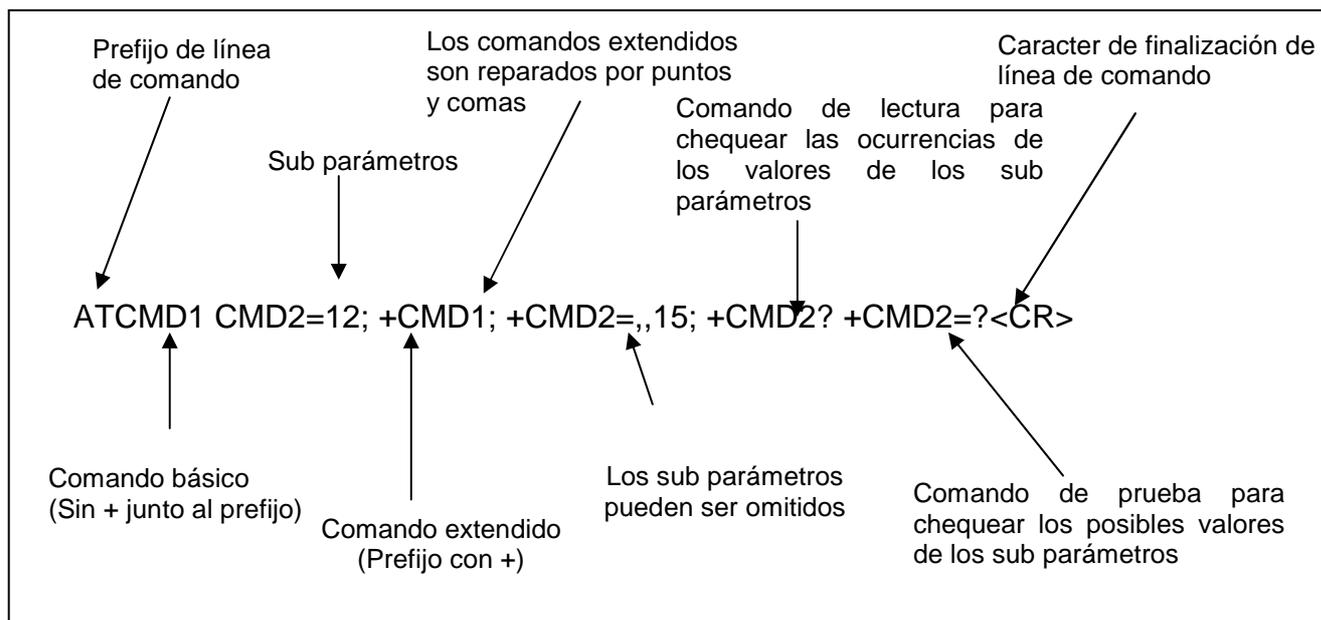
**Comandos de Registro (ATSi=, ó ATSi?):** Modifican los valores de los registros internos del módem ó solicitan sus valores.

**Comandos Extendidos(AT&..):** Son comandos adicionales que se agregaron posteriormente a las definiciones de los comandos básicos. Generalmente cumplen funciones poco más complejas que los básicos.

**Comandos Proprietarios(AT/...):** Estos comandos son definidos por el fabricante del equipo.

### Sintaxis de los comandos

En la figura siguiente se detalla la sintaxis de comandos utilizados por AT.



**Figura III.21.** Sintaxis de un comando AT

#### 3.4.1.2. Comandos AT más utilizados

A continuación se presenta una lista de los comandos AT que son mayormente utilizados en el desarrollo de aplicaciones GSM, a estos comandos se los debe anteponer AT.

**Tabla III.4.** Comandos AT Básicos

---

<b>COMANDOS AT BÁSICOS</b>	
<b>Comando</b>	<b>Descripción</b>
A	Responder la llamada entrante
A/	Repetir el último comando (no se le antepone AT)
D	Configura la forma de marcado: T (por tonos), P (por pulsos)
E	Deshabilita el eco para la terminal
E1	Habilita el eco
H	Cuelga la llamada
I	Pedido de información
L	Regula el volumen del sonido de salida del módem
O	Retorna al modo En Línea desde el modo Comando.
Q	Configuración para mostrar los resultados
Q1	Hace que el módem no arroje resultados de las operaciones
Sn?	Pregunta por el valor del registro n
V	El módem devuelve resultados numéricos
V1	El módem devuelve resultados con palabras
X	Reporta los códigos básicos de conexión
X1	Ídem al anterior y agrega la velocidad de la conexión
X2	Ídem al anterior y además detecta tono de marcado
X3	Ídem X1 y además es capaz de detectar tono de ocupado
X4	El módem reporta y detecta todos los acontecimientos anteriores
Z	Se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 0
Z1	Se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 1
W	Envía códigos de progreso de la negociación
+++	Carácter de escape para volver al modo comando estando en modo en línea sin colgar la comunicación

---

**Tabla III.5.** Comandos AT Extendidos

---

## COMANDOS EXTENDIDOS

<b>Comando</b>	<b>Descripción</b>
&C	Mantiene activa la señal de "Carrier Detect"(contra el otro módem).
&C1	Detecta e indica "Carrier Detect" (contra el otro módem).
&D	Ignora la señal de "Data Terminal Ready".
&D1	Si DTR se desactiva el módem para a modo comando.
&D2	El módem cuelga la comunicación si el DTR cae.
&D3	El módem cuelga, se resetea y vuelve a modo comando si cae el DTR.
&F	Carga el perfil de configuración de fábrica 0.
&F1	Carga el perfil de configuración de fábrica 1 (IBM-PC compatible).
&F2	Carga el perfil de configuración de fábrica 2 (MAC compatible).
&F3	Carga el perfil de configuración de fábrica 3 (MAC compatible).
&K	Deshabilita el control local de flujo.
&K1	Habilita el control local de flujo por hardware (RTS/CTS).
&Q	Deshabilita el control de errores.
&Q5	Selecciona el control de errores V.42 (necesita control de flujo).
&Q8	Selecciona una corrección de errores alternativa: MNP
&Q9	Condiciona la compresión: si está activo la V.42 bis desactiva el MNP5.
&U	Habilita la modulación Trellis según la norma V.32.
&V	Muestra la configuración activa.
&W	Guarda la configuración actual en el perfil 0.
&Y	Hace que el perfil 0 sea el activo cuando se prende el equipo.

---

**Tabla III.6.** Comandos AT Proprietarios

---

**COMANDOS PROPIETARIOS**

---

<i>Comando</i>	<i>Descripción</i>
%C	Deshabilita la compresión de los datos.
%C1	Habilita la compresión MNP5.
%C2	Habilita la V.42 bis.
%C3	Habilita la MNP5 y la V.42 bis.

---

### 3.4.2. Código ASCII

Los datos transmitidos / recibidos pueden estar codificados en diferentes formatos, siendo los más usuales los códigos ASCII y Hexadecimal. En concreto, los comandos y datos a enviar al MODEM deben ser previamente tratados en registros internos del autómata, hasta formar la secuencia completa 'comando AT + parámetro', razón por lo cual es necesario estudiar el código ASCII, el mismo que está basado en el alfabeto latino, y fue creado en 1963 por el Comité Estadounidense de Estándares (ASA).

Utiliza 8 bits para representar los caracteres, aunque inicialmente empleaba un bit adicional (bit de paridad) que se usaba para detectar errores en la transmisión.

Casi todos los sistemas informáticos actuales utilizan el código ASCII o una extensión compatible para representar textos y para el control de dispositivos que manejan texto.

El código ASCII reserva los primeros 32 códigos (numerados del 0 al 31 en decimal) para caracteres de control: códigos no pensados originalmente para representar información imprimible, sino para controlar dispositivos (como impresoras) que usaban ASCII. Por ejemplo, el carácter 10 representa la función "nueva línea" (line feed), que hace que una impresora avance el papel, y el carácter 27 representa la tecla "escape" que a menudo se encuentra en la esquina superior izquierda de los teclados comunes.

**Tabla III.7.** Códigos ASCII

<b>CÓDIGOS ASCII</b>				<b>CÓDIGOS ASCII</b>			
<b><i>Binario</i></b>	<b><i>Dec</i></b>	<b><i>Hex</i></b>	<b><i>Repr.</i></b>	<b><i>Binario</i></b>	<b><i>Dec</i></b>	<b><i>Hex</i></b>	<b><i>Repr.</i></b>
0010 0000	32	20	espacio ( )	0010 1111	47	2F	/
0010 0001	33	21	!	0011 0000	48	30	0
0010 0010	34	22	"	0011 0001	49	31	1
0010 0011	35	23	#	0011 0010	50	32	2
0010 0100	36	24	\$	0011 0011	51	33	3
0010 0101	37	25	%	0011 0100	52	34	4
0010 0110	38	26	&	0011 0101	53	35	5
0010 0111	39	27	'	0011 0110	54	36	6
0010 1000	40	28	(	0011 0111	55	37	7
0010 1001	41	29	)	0011 1000	56	38	8
0010 1010	42	2A	*	0011 1001	57	39	9
0010 1011	43	2B	+	0011 1010	58	3A	:
0010 1100	44	2C	,	0011 1011	59	3B	;
0010 1101	45	2D	-	0011 1100	60	3C	<

**CÓDIGOS ASCII**

<i>Binario</i>	<i>Dec</i>	<i>Hex</i>	<i>Repr</i>
0011 1101	61	3D	=
0011 1110	62	3E	>
0011 1111	63	3F	?
0100 0000	64	40	@
0100 0001	65	41	A
0100 0010	66	42	B
0100 0011	67	43	C
0100 0100	68	44	D
0100 0101	69	45	E
0100 0110	70	46	F
0100 0111	71	47	G
0100 1000	72	48	H
0100 1001	73	49	I
0100 1010	74	4A	J
0100 1011	75	4B	K
0100 1100	76	4C	L
0100 1101	77	4D	M
0100 1110	78	4E	N
0100 1111	79	4F	O
0101 0000	80	50	P
0101 0001	81	51	Q
0101 0010	82	52	R
0101 0011	83	53	S

**CÓDIGOS ASCII**

<i>Binario</i>	<i>Dec</i>	<i>Hex</i>	<i>Repr</i>
0101 0100	84	54	T
0101 0101	85	55	U
0101 0110	86	56	V
0101 0111	87	57	W
0101 1000	88	58	X
0101 1001	89	59	Y
0101 1010	90	5A	Z
0101 1011	91	5B	[
0101 1100	92	5C	\
0101 1101	93	5D	]
0101 1110	94	5E	^
0101 1111	95	5F	_
0110 0000	96	60	`
0110 0001	97	61	a
0110 0010	98	62	b
0110 0100	100	64	d
0110 0011	99	63	c
0110 0101	101	65	e
0110 0110	102	66	f
0110 0111	103	67	g
0110 1000	104	68	h
0110 1001	105	69	i
0110 1010	106	6A	j

---

**CÓDIGOS ASCII**

---

<i>Binario</i>	<i>Dec</i>	<i>Hex</i>	<i>Repr</i>
0110 1011	107	6B	k
0110 1100	108	6C	l
0110 1101	109	6D	m
0110 1110	110	6E	n
0110 1111	111	6F	o
0111 0000	112	70	p
0111 0001	113	71	q
0111 0010	114	72	r
0111 0011	115	73	s
0111 0100	116	74	t
0111 0101	117	75	u

---

**CÓDIGOS ASCII**

---

<i>Binario</i>	<i>Dec</i>	<i>Hex</i>	<i>Repr</i>
0111 0110	118	76	v
0111 0111	119	77	w
0111 1000	120	78	x
0111 1001	121	79	y
0111 1010	122	7A	z
0111 1011	123	7B	{
0111 1100	124	7C	
0111 1101	125	7D	}
0111 1110	126	7e	~

---

**CAPÍTULO IV**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA**  
**METODOLOGÍA ORIENTADA AL MANTENIMIENTO Y**  
**DIAGNOSIS REMOTO A TRAVÉS DE REDES GSM.**

Para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de tesis se propone seguir la Metodología Orientada a Objetos de H.C. Larman, adaptado a necesidades Industriales, debido a las bondades que presta en proyectos de automatización, puesto que fomenta la reutilización de componentes y clases existentes, lo que supone disminución de tiempo pues la programación se facilita y los costos y recursos disminuyen.

La metodología seleccionada cumple diversas fases de desarrollo, las mismas que se detallan en este capítulo:

## **4.1. Ingeniería de la Información**

### **4.1.1. Definición del Ámbito.**

#### **4.1.1.1. Antecedentes Históricos**

El sistema de control y diagnosis remota de un equipo mecatrónico será implementado en el Centro de Capacitación de Transferencia Tecnológica CECATTEC, domiciliada en la ciudad de Ambato, cuyo objetivo primordial es el de impartir conocimientos referentes a la automatización industrial a estudiantes, técnicos y profesionales en esta área de una forma sencilla y acorde con la tecnología actual.

#### **Misión**

Capacitar a estudiantes, técnicos y profesionales en el área de Automatización Industrial y Mecatrónica, mediante nuevas técnicas de programación adecuadas para la formación de personal calificado que cuente con un alto nivel académico – práctico, apoyado en la investigación y utilización de tecnología de punta.

#### **Visión**

Ser la empresa de Capacitación Industrial líder del centro del país, propendiendo al desarrollo económico – industrial, de las provincias circundantes.

#### **4.1.1.2. Antecedentes tecnológicos**

Actualmente la Empresa CECATTEC cuenta con los siguientes recursos:

### ***Recurso Humano***

Ing. Xavier Mendieta

Ing. Marco Viteri

### ***Recursos Hardware***

En el Anexo 1 se muestran los recursos hardware que posee CECCATEC.

### ***Recurso Software***

Para la programación y control de equipos CECATTEC cuenta con diversos recursos software, entre los que se pueden anotar los siguientes:

- ✓ Microsoft XP Profesional
- ✓ Labview
- ✓ Twido Suite 2.1.
- ✓ Lookout

#### ***4.1.1.3. Funcionalidad del Sistema Actual***

##### **Definición del problema**

CECATTEC necesita implementar una aplicación que permita efectuar un control y diagnóstico remoto de uno de sus equipos mecatrónicos, de una forma eficaz y sencilla, la misma que deberá contemplar los siguientes requerimientos:

- ✓ El Sistema debe contar con una aplicación móvil que pueda ser instalada en un teléfono celular GSM.
- ✓ El sistema debe soportar la comunicación de equipos de diferentes fabricantes.

## **Definición de la alternativa de solución**

Implementar una aplicación basada en el principio cliente / servidor utilizando para ello la plataforma Windows, y como lenguaje de programación TWIDO SUITE, usando Comandos AT y código ASCII; que permita la comunicación de un teléfono móvil y el equipo mecatrónico a ser controlado.

### ***1.4.1.3. Definición del Caso de Uso General***

CECATTEC como parte de su infraestructura mecatrónica posee una Estación de Distribución MPS® 200 de Festo cuya finalidad es la de separar piezas, almacenar y aportar piezas semielaboradas al proceso de producción.

Para el almacenamiento de piezas se utiliza un tubo del almacén de apilado en el cual pueden existir hasta ocho elementos. Mientras que para aportar piezas semielaboradas al proceso de producción la Estación de Distribución cuenta con un cilindro de doble efecto que expulsa las piezas individualmente, y empleando un módulo Cambiador, sujeta la pieza separada por medio de una ventosa. El brazo del cambiador, que es accionado por un actuador giratorio, transporta la pieza al punto de transferencia de la estación posterior.

Para evitar posibles fallos o inconsistencias durante todo el proceso cada de las fases debe poseer un sistema de control.

## 4.1.2. Planificación y Análisis de Riesgos

### 4.1.2.1. Categorización de Riesgos

Para optimizar la gestión de riesgos que amenazan a nuestro sistema tomaremos en cuenta una estrategia proactiva, la cual comienza mucho antes de que comiencen los trabajos técnicos.

Para la categorización de riesgos fundamentalmente se realizará lo siguiente:

- ✓ Identificación de riesgos potenciales.
- ✓ Valorar la probabilidad y el impacto
- ✓ Establecer una prioridad según su importancia

En la tabla IV.1 que se muestra a continuación se detallan algunos riesgos reales que pueden surgir durante el desarrollo del proyecto de tesis y afectar a la planificación planteada. :

**Tabla IV.1.** Categorización de riesgos

<i>RIESGO</i>	<i>PROBABILIDAD (%)</i>						<i>IMPACTO</i>
	<i>B.IMP</i> 0-10	<i>IMPROBAB</i> 11-20	<i>MODERA.</i> 21-30	<i>PROBAB</i> 31-40	<i>B. PROB</i> 41-60	<i>IRREAL</i> 61-100.	
Recursos			X				Catastrófico
Presupuesto				x			Marginal
Agenda				x			Crítico

## **Plan de Contingencia**

### ***RIESGO: Recursos - Técnico:***

#### **Identificación del Problema:**

Durante el desarrollo del proyecto pueden existir fallos de Software, debido a no contar con herramientas de programación idóneas lo que puede afectar el desempeño de actividades. Pueden existir también problemas de incompatibilidad de equipos, protocolos, o componentes.

Este riesgo a nivel de recurso Hardware y Software ha sido clasificado como moderadamente probable, y de llegar a ocurrir tendría un impacto catastrófico pues imposibilitaría la comprobación de resultados e hipótesis propuesta

#### **Preparación del plan:**

Para evitar problemas de incompatibilidad con los recursos, estos deben ser estudiados con antelación para contar con equipos que garanticen la comunicación e interoperabilidad entre si.

Es necesario también efectuar un reconocimiento total de los recursos existentes, a nivel Hardware comprobaremos si funcionan adecuadamente los equipos y dispositivos a usar y a nivel Software identificaremos aplicaciones y herramientas idóneas con las que trabajar.

***RIESGO: Presupuesto:***

**Identificación del Problema:**

Este riesgo puede llegar a existir debido a que el costo de los equipos a adquirir necesarios para el desarrollo sea excesivamente alto, a causa de la inflación, impuestos de importación o aduanas.

**Preparación del plan:**

En caso de que presupuesto establecido para el desarrollo sea insuficiente se debe llegar a un acuerdo con la Empresa CECATTEC o a su vez acudir a una entidad financiera con la finalidad de contraer un préstamo, para que el proyecto de tesis pueda seguir desarrollándose con normalidad.

Este riesgo ha sido clasificado como probable debido a la crisis económica que atraviesan numerosos países industrializados y las nuevas leyes de importación establecidas por el gobierno ecuatoriano, sin embargo su impacto solo sería Marginal pues con un buen financiamiento no habría mayor problema.

***RIESGO: Agenda:***

**Identificación del Problema:**

Es un riesgo imparcial ya que en la planificación, desarrollo u ejecución pueden aparecer sucesos imprevistos por diferentes motivos, además pueden aparecer también inconvenientes o demoras en el caso de las importaciones de equipos, lo que retrasaría la puesta en marcha del sistema.

## **Preparación del plan:**

Para evitar cualquier riesgo en la agenda se debe desarrollar un óptimo cronograma de actividades incluyendo ya cualquier tipo de imprevistos. Este riesgo también ha sido clasificado como probable y su aparición impacto puede tener un impacto crítico, pues el proyecto de tesis cuenta con un tiempo límite para su ejecución.

### **4.1.3. Especificación de requerimientos software (SRS)**

#### **1. Introducción**

##### ***Propósito***

Por medio del SRS se pretende presentar una descripción detallada de los requerimientos software necesarios para la implementación de una aplicación que permita efectuar un telemantenimiento industrial.

##### ***Alcance***

El sistema propuesto es una aplicación de control basado en el principio de aplicaciones cliente / servidor que hace posible el control y diagnóstico remoto de un equipo mecatrónico usando para ello un módulo GSM.

Algunas de las funcionalidades que podrá efectuar el sistema son las siguientes:

- ✓ El sistema estará en capacidad de enviar a un dispositivo móvil notificación de alertas sobre posibles fallos e informes sobre el desempeño del proceso productivo.

- ✓ Permitir la interacción con usuarios GSM permitiendo que se realice operaciones de control mediante el envío de códigos o parámetros insertados en mensajes de texto SMS, como encendido y apagado de instrumentos.

### ***Apreciación global***

A continuación se detallará una descripción global de lo que el sistema realizará.

### ***Perspectiva del producto***

La aplicación a desarrollarse es independiente de las operadoras de telefonía móvil, puede trabajar con cualquier operadora que soporte tecnología GSM y brinde una cobertura adecuada.

### ***Funciones del producto***

Las funciones que el producto software realizará son las siguientes:

- ✓ ***Operaciones de telecontrol mediante mensajes de texto:*** El sistema permitirá la interacción con usuarios GSM permitiendo que se realice operaciones de control y diagnóstico remoto mediante el envío de códigos o parámetros insertados en mensajes de texto SMS, como encendido y apagado de instrumentos.
- ✓ ***Notificación de alertas:*** El sistema podrá enviar a un dispositivo móvil noticias sobre posibles fallos o anomalías en el funcionamiento del equipo mecatrónico.

### ***Características del usuario***

El sistema está dirigido exclusivamente para usuarios de Tipo 1, los cuales tienen la capacidad de realizar el control del equipo mecatrónico y esté en capacidad de tomar decisiones y ejecutarlas.

### ***Restricciones***

#### **a) Políticas Regulatoras**

El sistema se implementará de acuerdo a las necesidades y estatutos de CECATTEC.

#### **b) Limitaciones de Hardware**

Para la utilización del sistema se precisa contar con los siguientes recursos hardware:

#### **Equipos de Control**

El sistema de control está compuesto por los equipos que se detallan a continuación.

**Tabla IV.2.** Especificaciones técnicas de los Equipos del Control

---

***Especificaciones Técnicas de los equipos de control***

---

<b><i>Equipo</i></b>	<b><i>Características</i></b>
Estación de trabajo	Computador Intel Pentium IV Procesador de 3.2 GB 1 GB de RAM, 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 17`

	Teclado y Mouse
Estación móvil GSM	Teléfono Nokia Modelo 5000 D-2b
Módem	Modem Schneider Electric SR2 MOD02 <b>Funciones GSM</b> Ancho de banda de 900/1800 y 850/1900 MHz GPRS Clase 10 (hasta 2Tx) Soporta PBCCH, esquemas codificados: CS1 y CS4 Soporta librerías TCP/IP (PPPRFC, TCP Socket, UDP Socket, SMTP, POP3, FTP) Memoria Flash de 32 Mbits y SRAM 4 Mbits (32/4) Soporte de Comandos AT: GSM 07.05 y 07.07 Lector de tarjeta SIM (SIM 3 V – 1.8 V)

---

### ***EQUIPO MONITOREADO***

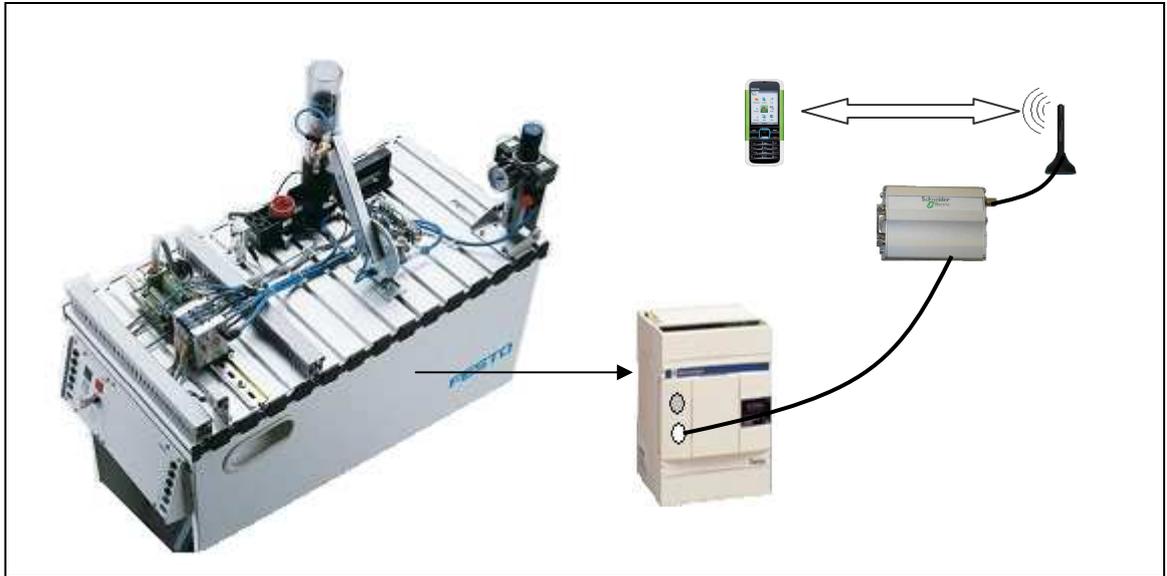
El equipo mecatrónico que se ha escogido para ser monitoreado de forma remota durante el desarrollo del proyecto de tesis es el Módulo de Distribución FEC- MPS 200 de Festo.

### ***RED DE COMUNICACIONES***

El sistema de comunicaciones permitirá el intercambio de información entre todos los dispositivos de control, y el equipo a controlar.

Esta comunicación se realizará por medio de la interconexión de redes GSM y Ethernet, la primer red para realizar el enlace entre los equipos de telecontrol, el modulo GSM, y el Módem y la segunda red comunica la estación de trabajo con el módem, el mismo que a su vez esta conectado con el equipo mecatrónico a controlar.

En la siguiente figura se muestran todos los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto de tesis.



**Figura IV.1.** Arquitectura del Sistema de telecontrol

### **c) Otras limitaciones.**

- ✓ El desarrollador se compromete a instalar y dejar correctamente funcionando el software, para ello es necesario hacer pruebas iniciales que demuestren el trabajo del mismo.
- ✓ El sistema requiere que este instalado previamente el lenguaje de programación Twido 3.5, Twido Suite o superior.

### ***Supuestos y dependencias***

Durante el desarrollo del sistema los requisitos pueden variar por los siguientes factores:

- ✓ Incompatibilidad de equipos necesarios para realizar el proyecto.

- ✓ Incumplimiento del cronograma previamente establecido, debido a imprevistos ignorados.
- ✓ Interpretación errónea o definición incompleta de requerimientos

**Requisitos específicos**

**a) Requisitos funcionales**

En la automatización de este Sistema se contará con las siguientes funciones:

- ✓ El sistema permitirá la interacción con usuarios GSM permitiendo que se realice operaciones de control y diagnóstico remoto mediante el envío de códigos o parámetros insertados en mensajes de texto SMS.

**Tabla IV.3.** Requisito funcional 1. Operaciones de control y diagnóstico remoto

<b>REQUISITO FUNCIONAL 1</b>	
<b><i>Función: Operaciones de control y diagnóstico remoto</i></b>	
<b><i>Entradas:</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estado Inicial del equipo mecatrónico</li> <li>✓ Acción a realizar</li> </ul>
<b><i>Procesos:</i></b>	Mediante el uso de Comandos AT, remitidos mediante mensajes de texto SMS desde un dispositivo móvil, se podrán efectuar determinados cambios en el equipo mecatrónico tales como encendido y apagado de instrumentos o cambio de prioridades en el desempeño del equipo.
<b><i>Salida</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estado final del equipo mecatrónico</li> </ul>

**Tabla IV.4.** Requisito funcional 2. Notificación de alertas

---

**REQUISITO FUNCIONAL 2**

<b>Función:</b>	<b>Notificación de alertas</b>
<b>Entradas:</b>	✓ Dispositivo móvil
<b>Procesos:</b>	El sistema entregará de forma inmediata noticias sobre fallos en el funcionamiento del equipo mecatrónico a los dispositivos móviles.
<b>Salidas</b>	✓ Notificación de anomalía ✓ Tipo de fallo ✓ Causal

---

### **Limitaciones de Diseño**

#### **a) Obediencia a los estándares**

El desarrollo de este sistema está de acuerdo a los estándares provistos por IEEE para el desarrollo de software.

### **Atributos**

#### **a) Disponibilidad**

El sistema estará disponible las horas hábiles de trabajo de la Institución para cualquier tipo de usuario, conocido por el equipo.

#### **b) Seguridad**

Para garantizar la seguridad del software de accesos destructivos, modificaciones, etc., estará habilitado únicamente para dispositivos registrados previamente conocidos por el equipo mecatrónico:

**c) Mantenibilidad**

Mantenimiento integral de datos, a través de mensajes de texto.

**d) Portabilidad / Conversión**

El sistema podrá ser utilizado únicamente en equipos que trabajen con tecnología GSM, debido a las herramientas con los que será implementado.

**e) Precaución**

Para el desarrollo del producto se tomará en cuenta precauciones lógicas y físicas:

*Precauciones Lógicas:* adicionalmente de los niveles de encriptamiento que el motor de base de datos ofrece, se implementarán passwords para garantizar la confiabilidad de los usuarios del sistema.

*Precauciones Físicas:* se realizará un estudio previo y detallado de los aspectos físicos del lugar en el cual el sistema será instalado, para de esta manera sugerir el lugar y los componentes más adecuados para su correcto funcionamiento.

## 4.2. Análisis Orientado a Objetos

### 4.2.1. Definición de casos de uso esenciales en formato expandido.

Los Casos de Uso nos ayudarán a describir la secuencia de eventos de un actor cuando utiliza un sistema.

En sí es una forma particular de usar un sistema para ilustrar e implicar los requisitos. Los casos de uso que se consideren los más importantes y los que más influyen al resto, se describen a un nivel más detallado: en el formato expandido.

**Tabla IV.5.** Caso de uso 1. Operaciones de control y diagnóstico remoto

<b>CASO DE USO 1:</b>	
<b><i>Operaciones de control y diagnóstico remoto</i></b>	
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Aceptar un control y diagnóstico remoto mediante mensajes de texto SMS desde un teléfono móvil.
<b>Tipo:</b>	Primario esencial

<b>CURSO TÍPICO DE EVENTOS:</b>	
<b><i>Acciones del Actor</i></b>	<b><i>Respuesta del Sistema</i></b>
<b>a)</b> El usuario solicita comunicación con el sistema.	<b>b)</b> Habilita comunicación
<b>c)</b> Envía comando de control	<b>d)</b> Valida sintaxis
	<b>e)</b> Ejecuta comando
	<b>f)</b> Entrega notificación de servicio.

**Tabla IV.6** Caso de uso 2. Notificación de Fallos.

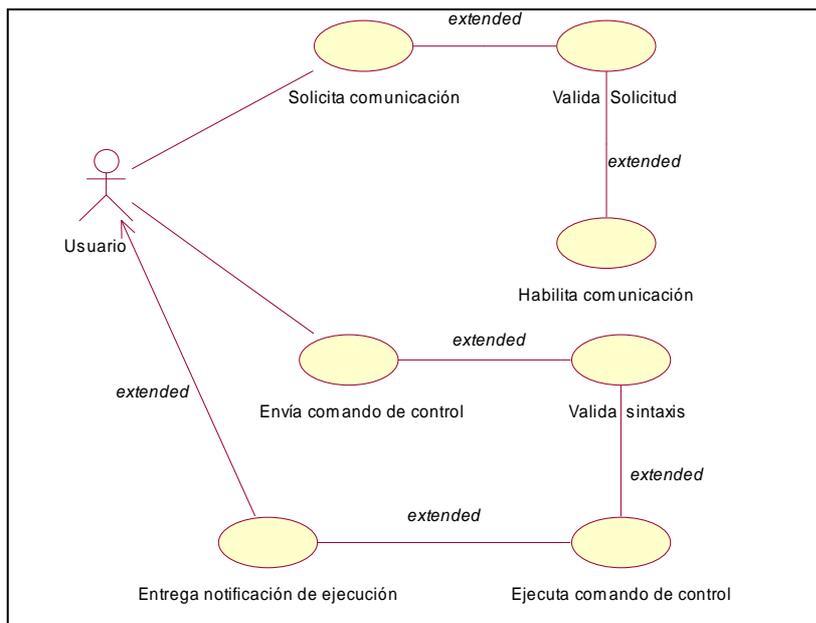
<b>CASO DE USO 2</b>	
<i>Notificación de fallos</i>	
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Entregar noticias sobre posibles fallos o anomalías en el funcionamiento del equipo mecánico a dispositivos móviles
<b>Tipo:</b>	Primario esencial

**CURSO TIPICO DE EVENTOS:**

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
	<b>a)</b> Envía notificación de fallos
<b>b)</b> Envía comando de control	<b>c)</b> Valida sintaxis de comando
	<b>d)</b> Ejecuta comando
	<b>e)</b> Entrega notificación de servicio.

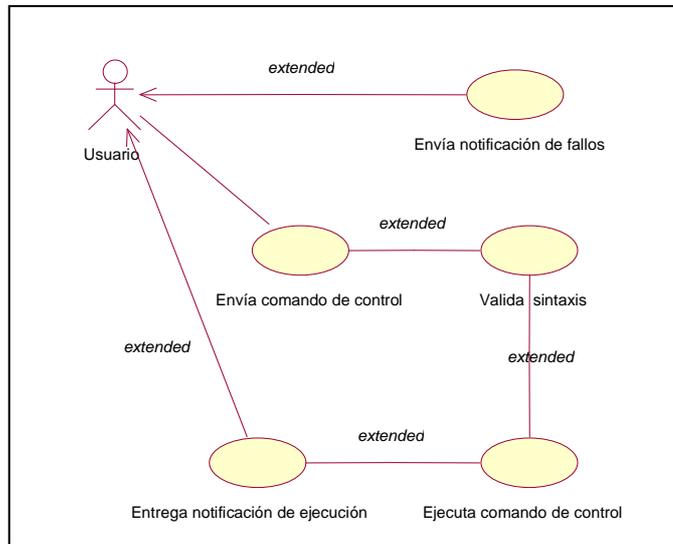
**4.2.2. Definición y refinamiento de los diagramas de caso de uso.**

Caso de Uso 1. Operaciones de control y diagnosis remoto.



**Figura IV.2.** Caso de Uso 1.

## Caso de uso 2. Notificación de Fallos.



**Figura IV.3.** Caso de Uso 2.

### 4.2.3. Modelo Conceptual

Un paso esencial de un análisis es descomponer el problema en conceptos u objetos individuales.

Un modelo conceptual es una representación de conceptos en un dominio del problema. La designación del modelo conceptual ofrece la ventaja de subrayar fuertemente una concentración en los conceptos del dominio, no en las entidades del software. Puede mostrarnos conceptos, atributos relaciones, razón por la cual en nuestro proyecto de investigación no existe un modelo conceptual.

### 4.2.4. Glosario de Términos

El glosario de términos definido a continuación contiene todos los términos que requieren una mayor explicación y son empleados durante el desarrollo del proyecto.

**Tabla IV.7.** Glosario de Términos

---

**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

---

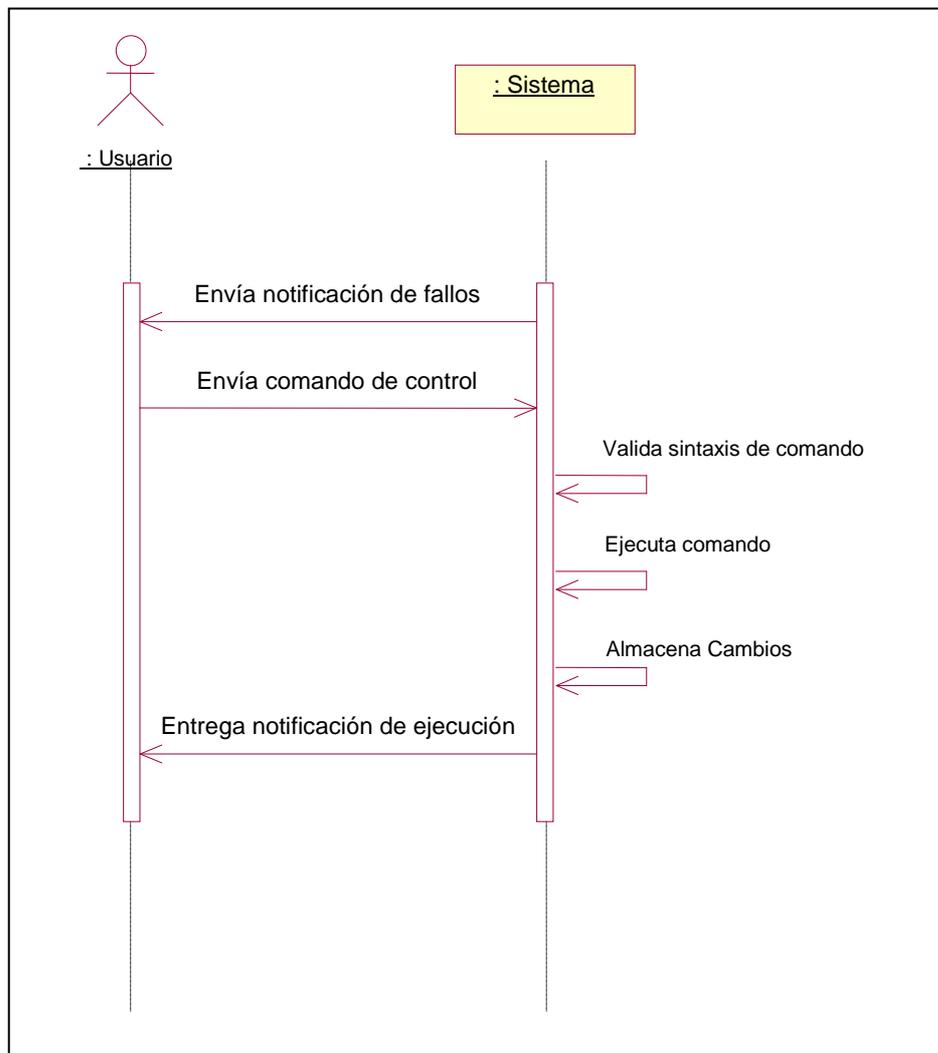
<b>Término</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Usuario	Actor	Es la persona que accede y manipula el sistema.
Operaciones de control y diagnóstico remoto	Caso de Uso	Una vez establecida comunicación con el sistema, el usuario puede efectuar un control de forma remota mediante el envío de comandos AT insertados en mensajes de texto SMS.
Notificación de Fallos.	Caso de Uso	Al existir fallos en el funcionamiento del equipo mecatrónico, el sistema envía al usuario un mensaje de notificación para que éste pueda corregir el problema remotamente.

---

#### **4.2.5. Representación de diagramas de secuencia.**

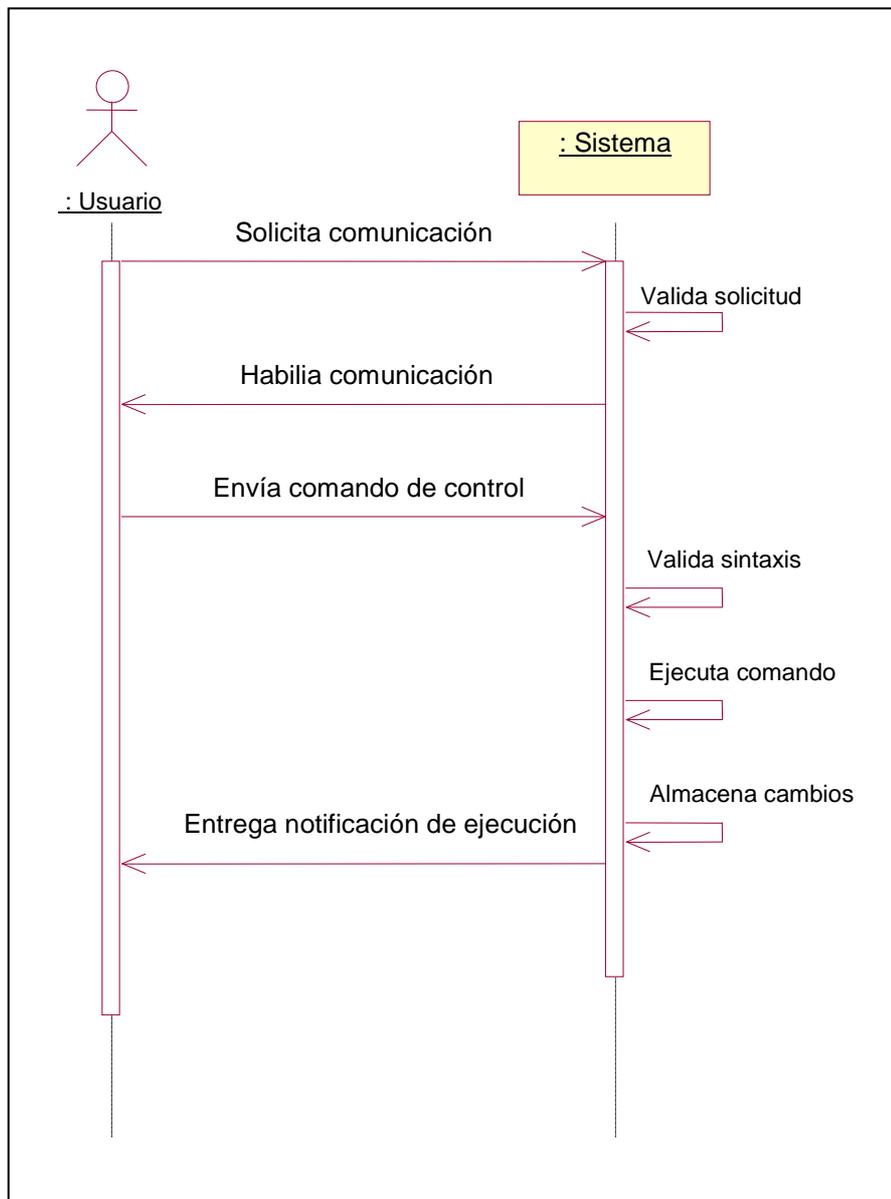
Los diagramas de secuencia describen el curso particular que siguen los eventos de los casos de uso del sistema, donde los actores interactúan directamente con el sistema, y los eventos generados a causa de ello.

## Operaciones de control y diagnóstico remoto.



**Figura IV.4.** Diagrama de Secuencia 1.

## Notificación de Fallos.



**Figura IV.5.** Diagrama de Secuencia 2.

#### 4.2.6. Definición de contratos de operación.

Los contratos de operación describen el propósito y lo que se espera de los procedimientos a ejecutarse en el sistema, enfatizando en lo que va a realizar en cada operación sin detallar como se lo hará, para ello se presenta cada contrato con en forma de pre y post condición, entorno a los cambios de estado. Los contratos de operación ayudan a describir cambios en todos los estados por los que pasa el sistema cuando un agente externo invoca una operación.

**Tabla IV.8.** Contrato de Operación N° 1. Operaciones de control y diagnóstico remoto.

---

<b>CONTRATO DE OPERACIÓN N° 1.</b>	
<b>Nombre</b>	Operaciones de control y diagnóstico remoto.
<b>Responsabilidades</b>	Permitir al usuario efectuar un control y diagnóstico remoto mediante el uso de mensajes de texto SMS.
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	Si el usuario no esta previamente registrado en el sistema, la comunicación no se habilitará.
<b>Notas</b>	
<b>Pre condiciones</b>	El usuario debe enviar comandos de control mediante mensajes de texto SMS.
<b>Post condiciones</b>	El sistema debe ejecutar el comando recibido por el usuario.

---

**Tabla IV.9.** Contrato de Operación N° 2. Notificación de fallos.

---

**CONTRATO DE OPERACIÓN N° 2.**

<b>Nombre</b>	<b>Notificación de Fallos.</b>
<b>Responsabilidades</b>	Notificar al usuario fallas existentes en el funcionamiento del equipo mecatrónico a controlar, para que se tomen las medidas correspondientes.
<b>Referencias cruzadas</b>	Ninguna
<b>Excepciones</b>	Ninguna
<b>Notas</b>	Si el teléfono móvil esta apagado o fuera de servicio el mensaje será recibido cuando esté en línea.
<b>Pre condiciones</b>	Al existir anomalías en el funcionamiento del equipo mecatrónico, el sistema enviará al usuario mensajes de alerta.
<b>Post condiciones</b>	El usuario debe efectuar un control remoto mediante SMS y el sistema debe ejecutar el comando recibido por el usuario.

---

#### 4.2.7. Diagrama de estados

Un diagrama de estado describe visualmente los estados y eventos más interesantes de un objeto, así como su comportamiento ante un evento, representan los estados por los que pasa un caso de uso o una clase, debido a la presencia de eventos que provocan un cambio de estado.

Operaciones de control y diagnóstico remoto.

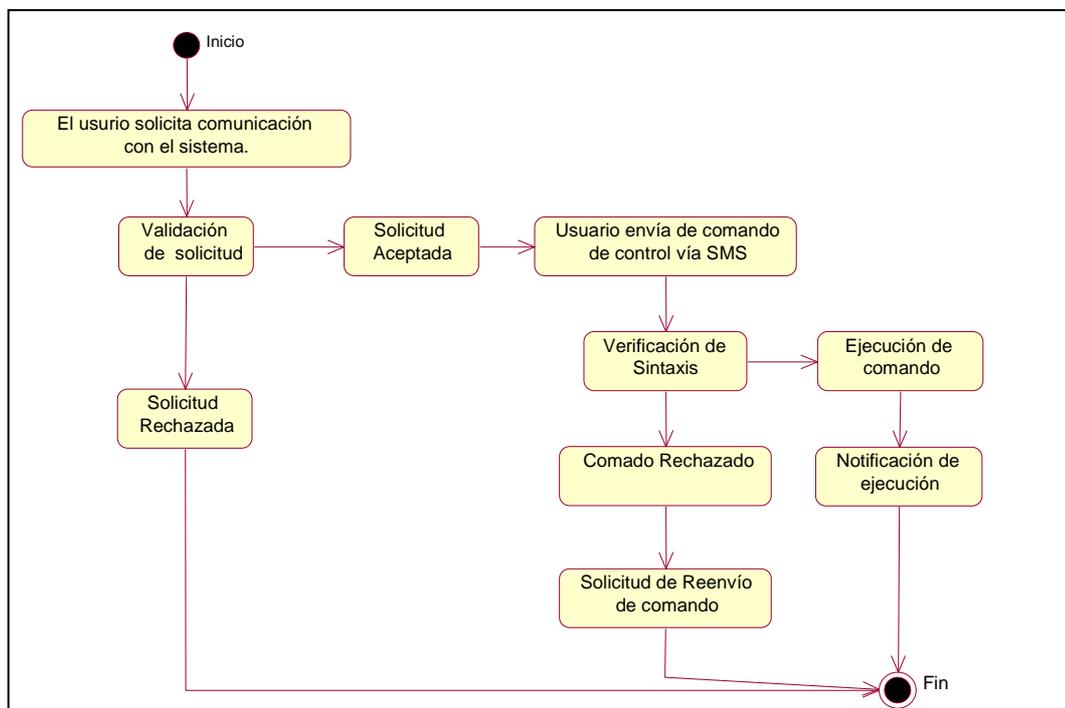
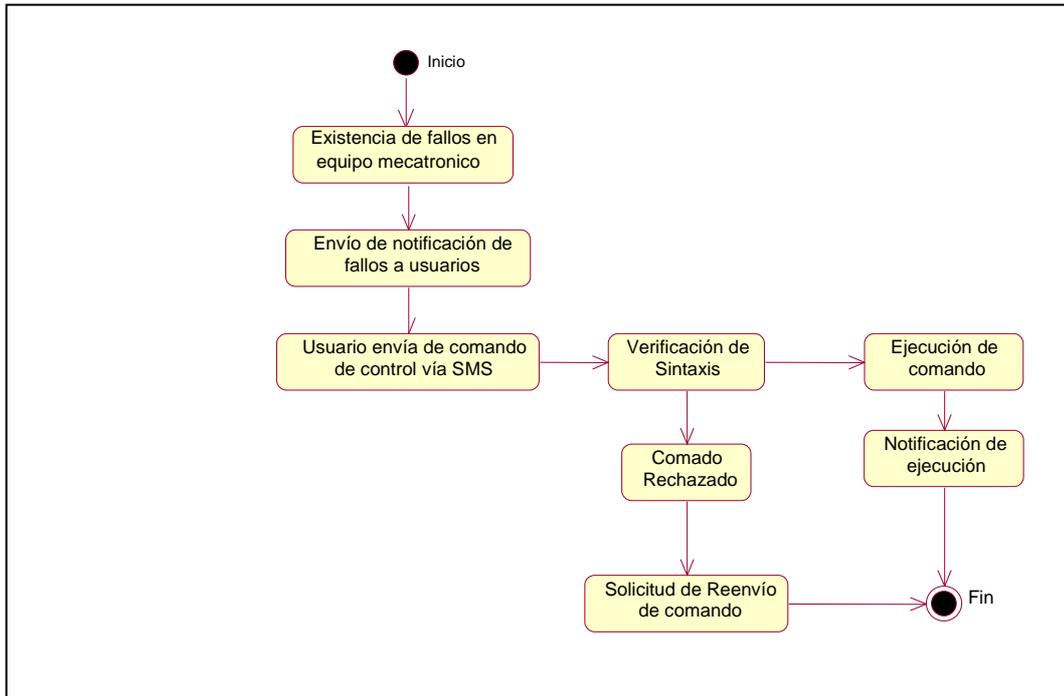


Figura IV.6. Diagrama de Estados 1.

## Notificación de Fallos.



**Figura IV.7.** Diagrama de Estados 2.

### 4.2.8. Diagrama de calles

Un diagrama de calles coordina todas las actividades que se realizan dentro del sistema, en este diagrama se representa al actor conjuntamente con las operaciones identificadas en los casos de uso, ayudando en el mejoramiento del sistema

## Operaciones de control y diagnóstico remoto.

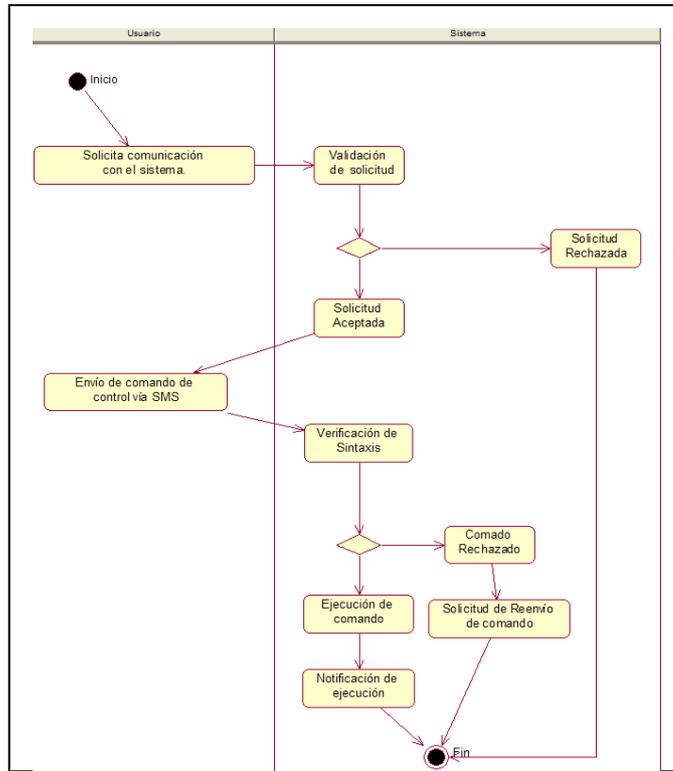


Figura IV.8. Diagrama de Calles 1.

## Notificación de Fallos.

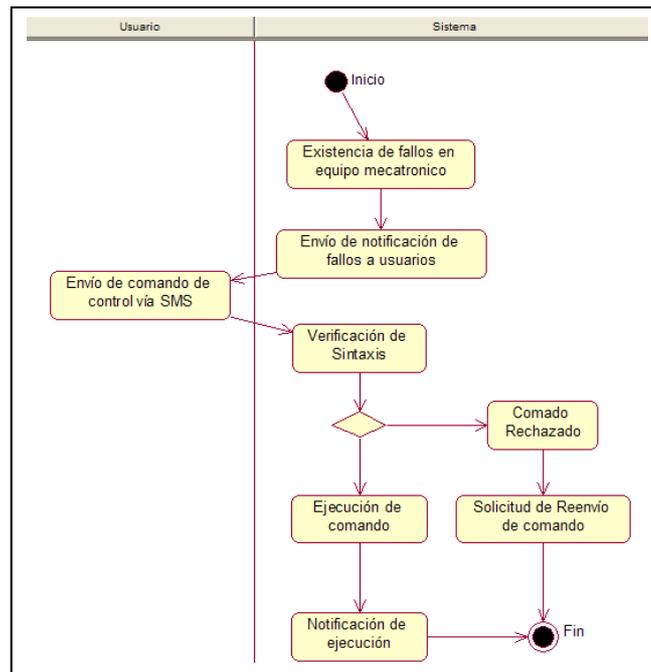


Figura IV.9. Diagrama de Calles 2.

### 4.3. Diseño Orientado A Objetos

#### 4.3.1. Definición de casos de uso reales.

Los casos de uso reales describen el diseño real del caso de uso, según la tecnología concreta de entrada y salida y su implementación.

**Tabla IV.10.** Caso de uso real 1. Operaciones de control y diagnosis remoto

<b>CASO DE USO 1:</b>	
<b><i>Operaciones de control y diagnosis remoto</i></b>	
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Aceptar un control y diagnosis remota mediante mensajes de texto SMS desde un teléfono móvil.
<b>Tipo:</b>	Primario real

<b>CURSO TIPICO DE EVENTOS:</b>	
<b><i>Acciones del Actor</i></b>	<b><i>Respuesta del Sistema</i></b>
<b>a)</b> El usuario inicia la interacción mediante códigos AT insertados en un mensaje de texto SMS, en el que solicita comunicación con el sistema, para efectuar un control o diagnosis remoto.	<b>b)</b> Si el número telefónico del usuario está registrado en el sistema la comunicación se habilita enviando un mensaje ACK al usuario.
<b>c)</b> Envía comando de control AT mediante SMS.	<b>d)</b> Valida sintaxis del comando AT.
	<b>e)</b> Si el comando AT es correcto, el sistema ejecuta el comando AT, caso contrario solicita mediante SMS reenvío de comando.

	f) Envía al usuario vía SMS una notificación de la ejecución del control efectuado.
--	---

**Tabla IV.11.** Caso de uso real 2. Notificación de Fallos.

<b>CASO DE USO 2</b>	
<i>Notificación de fallos</i>	
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Entregar noticias sobre posibles fallos o anomalías en el funcionamiento del equipo mecatrónico a dispositivos móviles
<b>Tipo:</b>	Primario real

**CURSO TIPICO DE EVENTOS:**

<i>Acciones del Actor</i>	<i>Respuesta del Sistema</i>
	a) La interacción inicia al provocarse un fallo en el comportamiento del equipo mecatrónico.
	b) El sistema envía un mensaje de texto SMS de notificación del fallo existente.
c) Envía comando de control AT mediante SMS.	d) Valida sintaxis de comando AT recibido
	e) Si el comando AT es correcto, el sistema ejecuta el comando AT, caso contrario solicita mediante SMS reenvío de comando.
	f) Envía al usuario vía SMS una notificación de la ejecución del control efectuado, y estado actual del equipo.

### 4.3.2. Representación de de casos de uso reales.

#### Caso de uso real 1. Operaciones de control y diagnóstico remoto

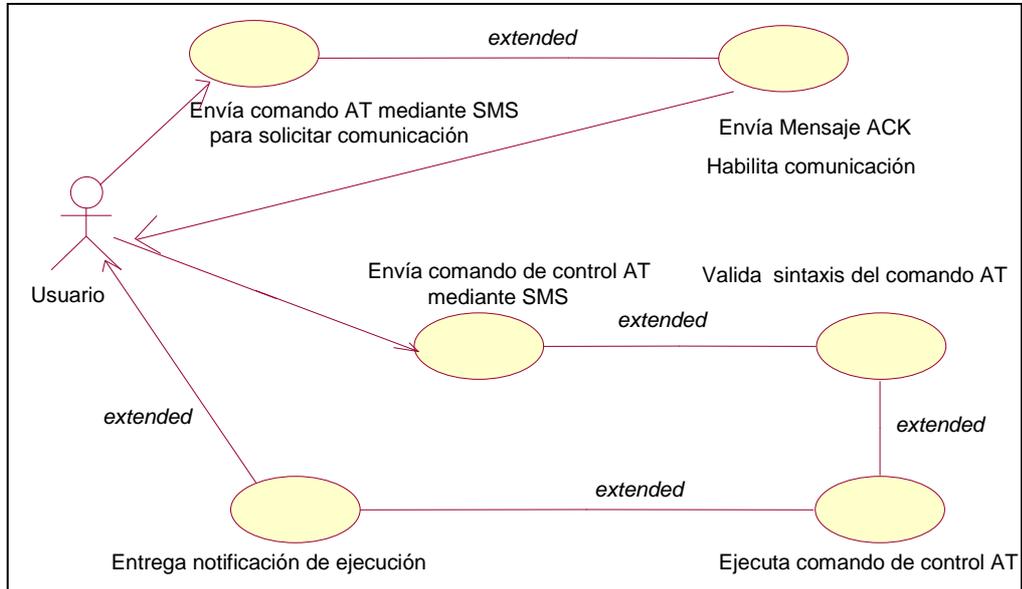


Figura IV.10. Caso de uso real 1.

#### Caso de uso real 2. Notificación de Fallos.

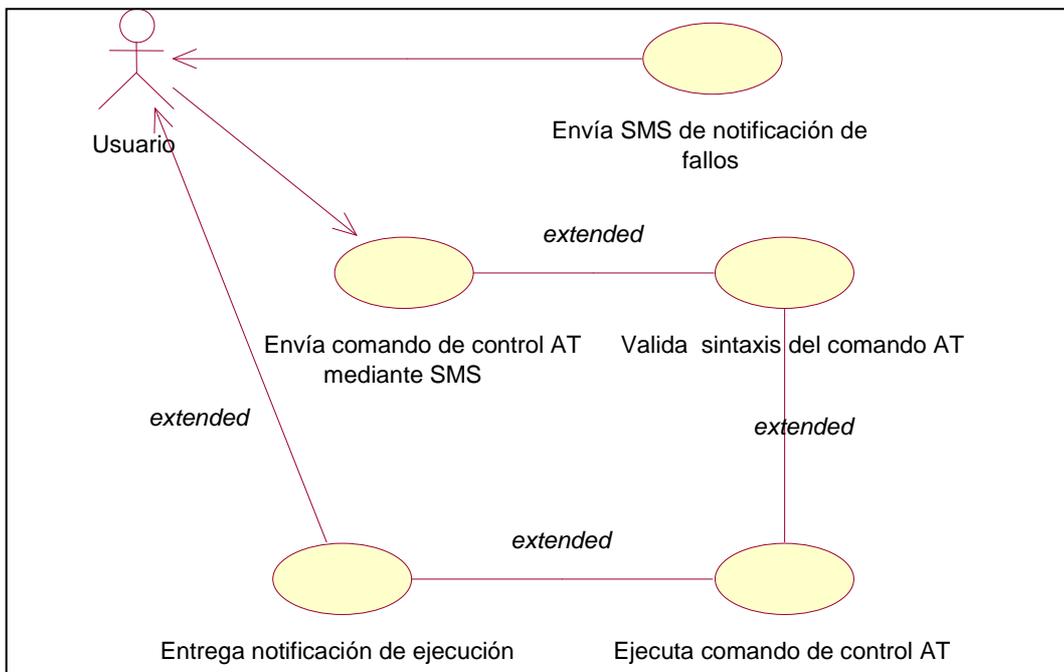


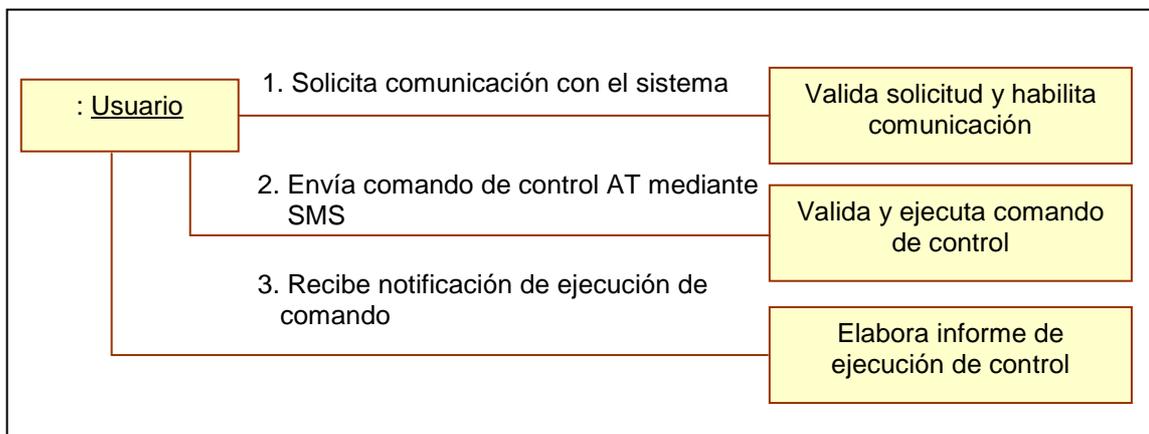
Figura IV.11. Caso de uso real 2.

### 4.3.3. Definición de diagramas de interacción.

#### **Diagramas de Colaboración**

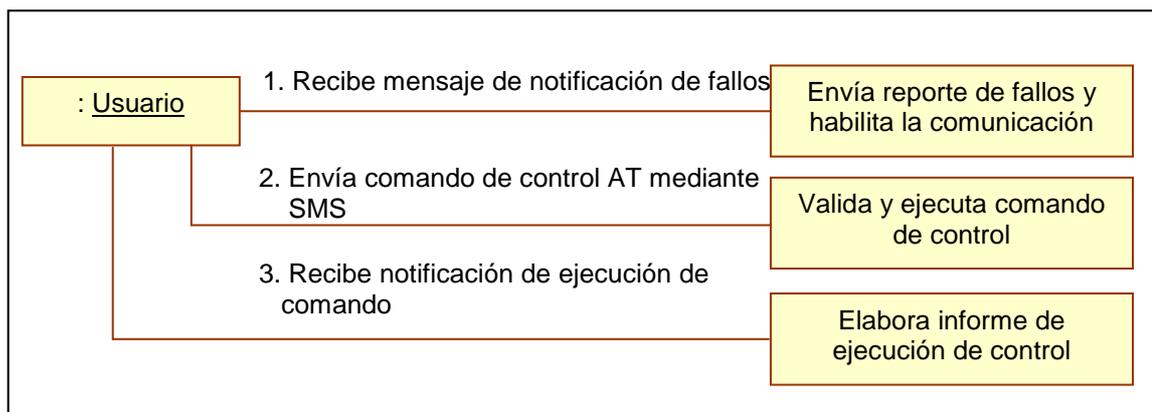
La creación de los diagramas de colaboración desempeña un lugar significativo en el desarrollo del diseño del proyecto por su expresividad y economía espacial, lo que permite tomar decisiones claves sobre el funcionamiento del futuro sistema.

Diagrama de colaboración: Control y diagnóstico remoto



**Figura IV.12.** Diagrama de Colaboración 1.

Diagrama de colaboración: Notificación de fallos.

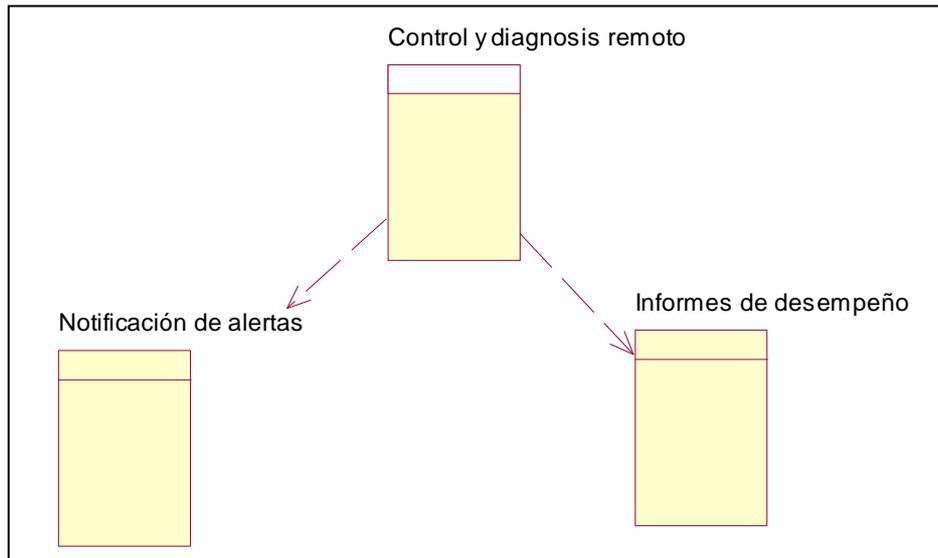


**Figura IV.13.** Diagrama de Colaboración 2.

#### 4.3.4. Especificación de la Arquitectura del Sistema

##### **Diagrama de Componentes:**

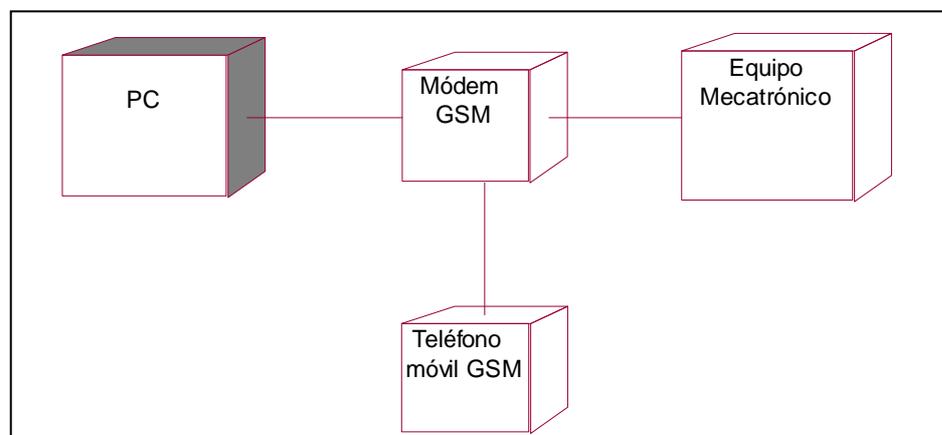
Este diagrama permite visualizar los principales componentes que tendrá la aplicación



**Figura IV.14.** Diagrama de componentes

##### **Diagrama de Despliegue:**

En esta etapa se determina la estructura que ha tomado la aplicación mediante niveles de representación e implementación



**Figura IV.15.** Diagrama de Despliegue

#### **4.4. Fase de implementación:**

Una vez modelado el sistema, se procede a la construcción e implementación del mismo. Esta fase se centra en crear una aplicación que permita el control y diagnóstico remoto de un equipo mecatrónico a través de una red GSM, valiéndose en comandos AT. Y empleando la herramienta de programación Twido Suite V2.1.

Se iniciará detallando los recursos usados en la aplicación que manipula el módulo y comunicación GSM, para posteriormente especificar la aplicación controla la estación mecatrónica.

##### **4.4.1. Recursos utilizados en la comunicación GSM**

En el programa que habilita la comunicación GSM, se emplearon los siguientes recursos lógicos:

**Tabla IV.12.** Recursos usados en la comunicación GSM

<b>RECURSOS USADOS EN LA COMUNICACIÓN GSM</b>		
<b>Memorias</b>	<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
%M0, %M3, %M4, %M10 %MW0 a %MW129 %KW1 a %KW13, %KW 30 a %KW 42, %KW 60 a %KW 68, %KW 80 a %KW 81	%I0.0 a %I0.3	%Q0.7

#### 4.4.2.Descripción de las tablas de emisión y recepción

Para el desarrollo de la aplicación se utilizaron dos tablas lógicas. Las Tablas IV.13 a IV.15 corresponden a la primera tabla, denominada Tabla de Emisión; mientras que la Tabla IV.16 corresponde a la segunda tabla lógica denominada Tabla de Recepción.

**Tabla IV.13.** Inicialización del módem GSM.

<b>INICIALIZACIÓN DEL MÓDEM GSM</b>						
<b>Configuración del módem</b>	<b>Memorias usadas</b>	<b>HEX</b>	<b>ASCII</b>	<b>Bytes de emisión</b>	<b>Total de letras</b>	<b>Valor registrado en %KW</b>
Cód + longitud	%MW0	0118/04			1	%KW0
Reservado	%MW1	0000			2	%KW1
Emisión del mensaje	%MW2		at	2	3	%KW2
	%MW3		+c	4	4	%KW3
	%MW4		nm	6	5	%KW4
	%MW5		i=	8	6	%KW5
	%MW6		0,	10	7	%KW6
	%MW7		2,	12	8	%KW7
	%MW8		0,	14	9	%KW8
	%MW9		0	16	10	%KW9
	%MW10		;+	18	11	%KW10
	%MW11		cs	20	12	%KW11
	%MW12		as	22	13	%KW12
	%MW13	0D0A		24(18h)	14	%KW13
Recepción del mensaje	%MW14	0D0A		2	15	
	%MW15		OK	4	16	

El código 0118/04 especifica el tipo de mensaje y su longitud en formato hexadecimal, los dígitos 01 significan que el mensaje de tipo emisión / recepción, el tamaño del mensaje es de 24 bytes o 18 en hexadecimal, y que se recibirán 4 bytes. El comando AT+CNMI=0,2,0,0 registrado en las memorias %MW2 a %MW9 pone al módem en modo transparente, es decir hace que los mensajes no se guarden en la tarjeta SIM, si no que sean recibidos directamente en el puerto serial. El código +CSAS guarda este parámetro.

**Tabla IV.14.** Configuración del módem para envío de mensaje.

<b>CONFIGURACIÓN DEL MÓDEM PARA ENVÍO DE MENSAJE</b>						
<b>Configuración del módem</b>	<b>Memorias usadas</b>	<b>HEX</b>	<b>ASCII</b>	<b>Bytes de emisión</b>	<b>Total de letras</b>	<b>Valor registrado en %KW</b>
Cód + longitud	%MW30	0116/04			1	
Reservado	%MW31	0000			2	
Emisión del mensaje	%MW32		at	2	3	%KW32
	%MW33		+c	4	4	%KW33
	%MW34		mg	6	5	%KW34
	%MW35		s=	8	6	%KW35
	%MW36		+5	10	7	%KW36
	%MW37		93	12	8	%KW37
	%MW38		87	14	9	%KW38
	%MW39		83	16	10	%KW39
	%MW40		02	18	11	%KW40
	%MW41		95	20	12	%KW41
	%MW42	0D0A		22(16h)	13	%KW42
Recepción del mensaje	%MW43	0D0A		2	14	
	%MW44	3E20	>	4	15	

El código 0116/04 especifica que el mensaje es de tipo emisión / recepción (01) el tamaño del mensaje enviado será de 22 bytes (18), y se recibirán 4 bytes.

El comando AT+CMGS=+593... permite marcar el numero telefonico del destinatario, en este caso 087830295 el mismo que está registrado en las memorias %MW36 a %MW41. El módem responde con el comando ">".

**Tabla IV.15.** Emisión del mensaje.

<b>EMISIÓN DE MENSAJE</b>						
<b>Configuración del módem</b>	<b>Memorias usadas</b>	<b>HEX</b>	<b>ASCII</b>	<b>Bytes de emisión</b>	<b>Total de letras</b>	<b>Valor registrado en %KW</b>
Cód + longitud	%MW60	000E			1	
Reservado	%MW61	0000			2	
Emisión del mensaje	%MW62		FI	2	3	%KW62
	%MW63		N	4	4	%KW63
	%MW64		PR	6	5	%KW64
	%MW65		OC	8	6	%KW65
	%MW66		ES	10	7	%KW66
	%MW67		O	12	8	%KW67
	%MW68		1A0D	14(Eh)	9	%KW68

El código 000E especifica que el mensaje es solo de tipo emisión (00) y su tamaño es de 14 bytes (E).

Después de marcar el número telefónico y recibir del módem respuesta (>), la segunda tabla permite enviar un mensaje predefinido en las memorias %KW62

a %KW68 en este ejemplo "FIN PROCESO", el mismo que puede variar de acuerdo a las necesidades.

Cuando el mensaje es enviado el MODEM responde en la tabla de recepción el comando +CMGS:N, donde N es el número de mensaje enviado

**Tabla IV.16.** Recepción de mensajes.

<b>RECEPCION DE MENSAJES</b>						
<b>Configuración del módem</b>	<b>Memorias usadas</b>	<b>HEX</b>	<b>ASCII</b>	<b>Bytes de emisión</b>	<b>Total de letras</b>	<b>Valor registrado en %KW</b>
Cód + longitud	%MW80	0200			1	%KW80
Reservado	%MW81	0000			2	%KW81
Recepción del mensaje	%MW82	0D0A		2	3	Número telefónico del emisor
	%MW83		+c	4	4	
	%MW84		mt	6	5	
	%MW85		:	8	6	
	%MW86		"+	10	7	
	%MW87		59	12	8	
	%MW88		38	14	9	
	%MW89		78	16	10	
	%MW90		30	18	11	
	%MW91		29	20	12	
	%MW92		5"	22	13	
	%MW93		„	24	14	Fecha y hora de recepción
	%MW94		"0	26	15	
	%MW95		9/	28	16	
	%MW96		06	30	17	
	%MW97		/2	32	18	
%MW98		7,	34	19		

%MW99		15	36	20	
%MW100		:5	38	21	
%MW101		3:	40	22	
%MW102		27	42	23	
%MW103		+0	44	24	
%MW104		8"	46	25	
%MW105	0D0A		48	26	
%MW106		M	50	27	Mensaje Recibido
%MW107		E	52	28	
%MW108		N	54	29	
%MW109		S	56	30	
%MW110		A	58	31	
%MW111		J	60	32	
%MW112		E	62	33	
%MW113			64	34	
%MW114		R	66	35	
%MW115		E	68	36	
%MW116		C	70	37	
%MW117		I	72	38	
%MW118		B	74	39	
%MW119		I	76	40	
%MW120		D	78	41	
%MW121		O	80	42	
%MW122			82	43	

---

El código 0200 especifica que el mensaje es de tipo .

Al recibir un mensaje se registra en la tabla de recepción, la información contenida en el mensaje de texto, así como el número telefónico del emisor y la fecha y hora de recepción.

Se ha elegido para el envío de mensajes las Palabras PRENDER y APAGAR, para iniciar y finalizar la comunicación GSM. Mientras que el módem responderá FIN PROCESO cuando el monitoreo culmine exitosamente.

#### 4.4.3. Programa Ladder de comunicación GSM.

El programa empieza Inicializando valores de comunicación de las tablas de emisión y recepción con los valores almacenados en las Memorias Constantes Word %KW, si se desea efectuar un comienzo manual se debe pulsar %I0.0.

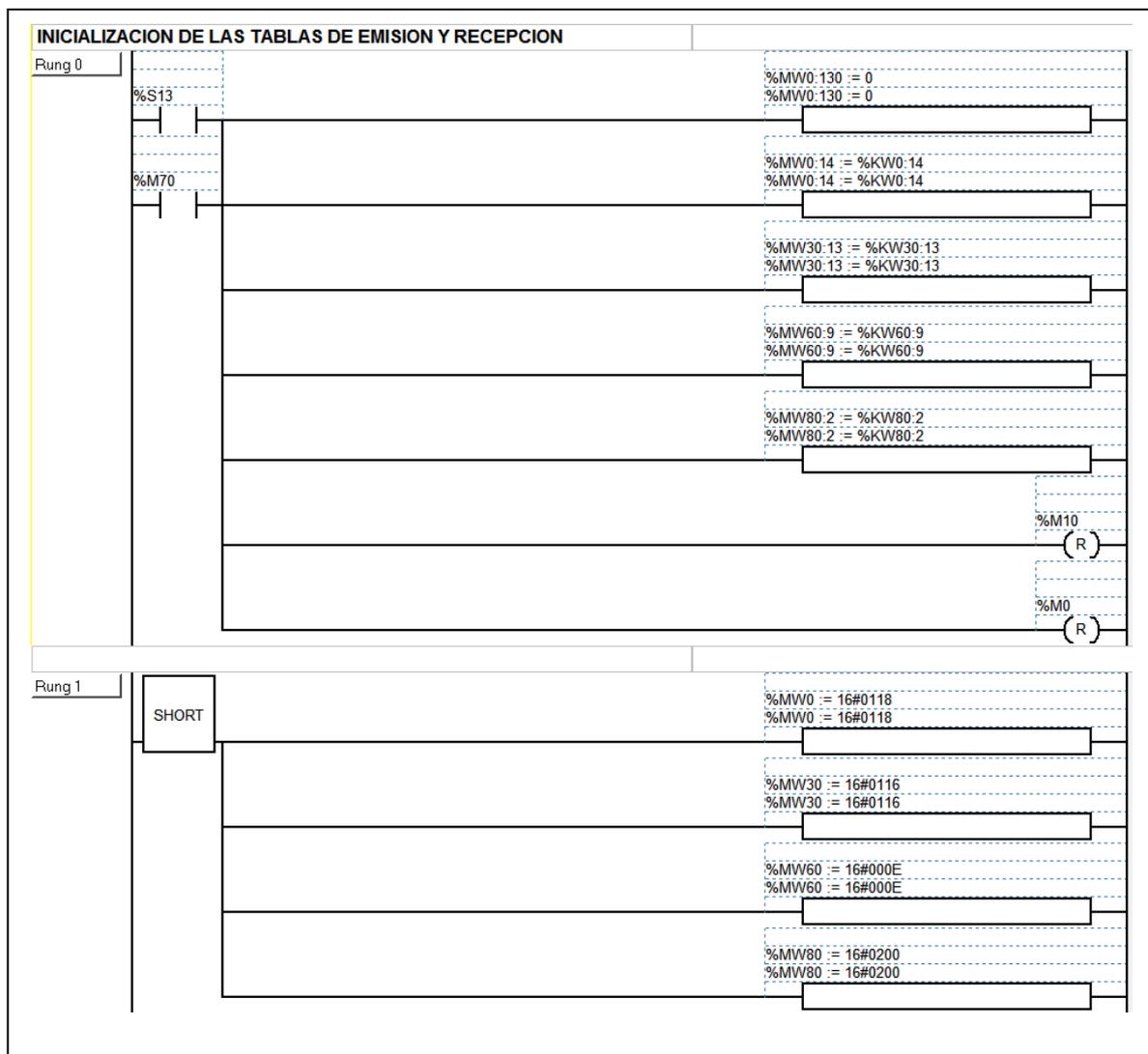
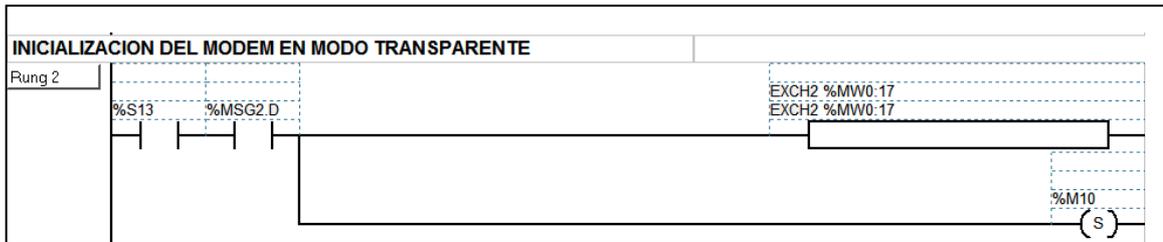


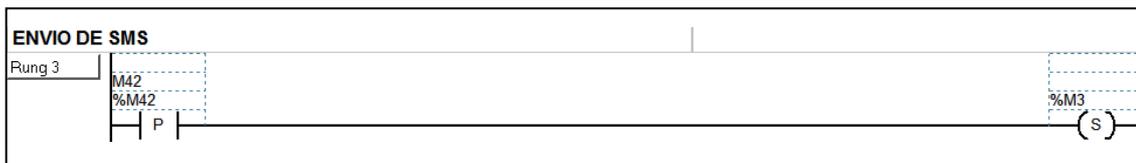
Figura IV.16. Inicialización de comunicación del módem

Las siguientes operaciones dan inicio de escritura del módem, de modo transparente es decir para una recepción directa en el puerto serial, para ello se utiliza la instrucción EXCH que permite enviar mensajes usando la información almacenadas en las tablas de memoria.

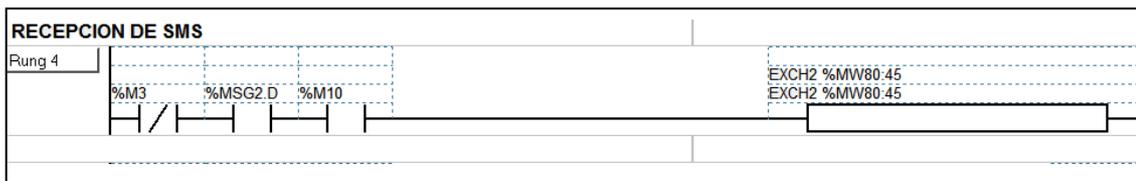


**Figura IV.17.** Inicio de Escritura del módem

Para el envío de mensajes se tiene que al pulsar %I0.1; también se puede utilizar una memoria.

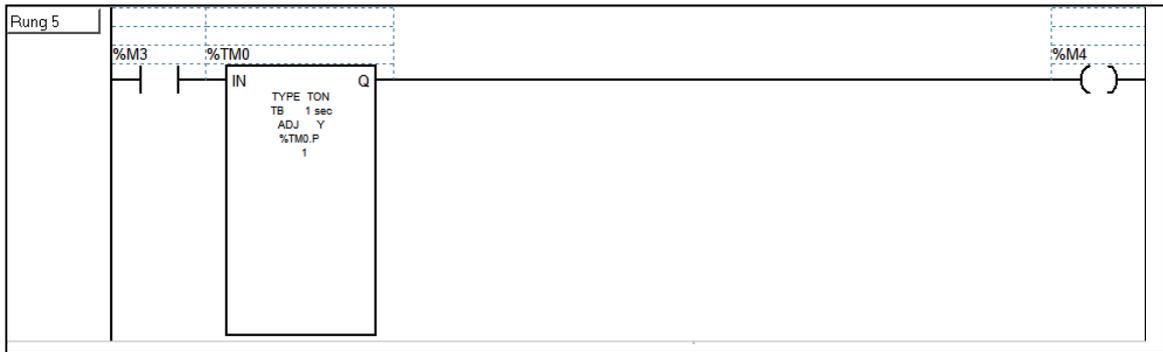


**Figura IV.18.** Envío de Mensajes.



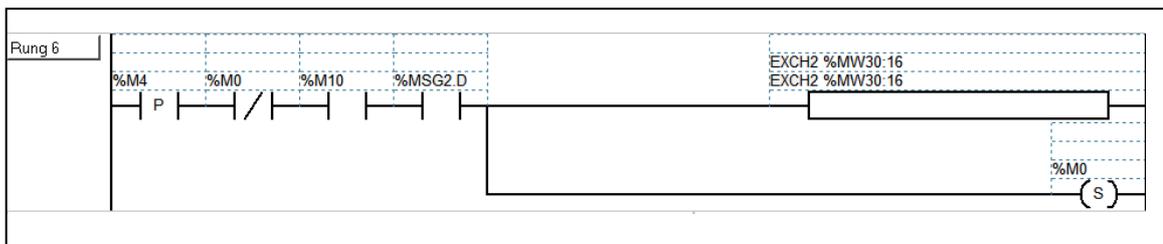
**Figura IV.19.** Recepción de Mensajes.

Genera un intervalo de tiempo para escaneo.



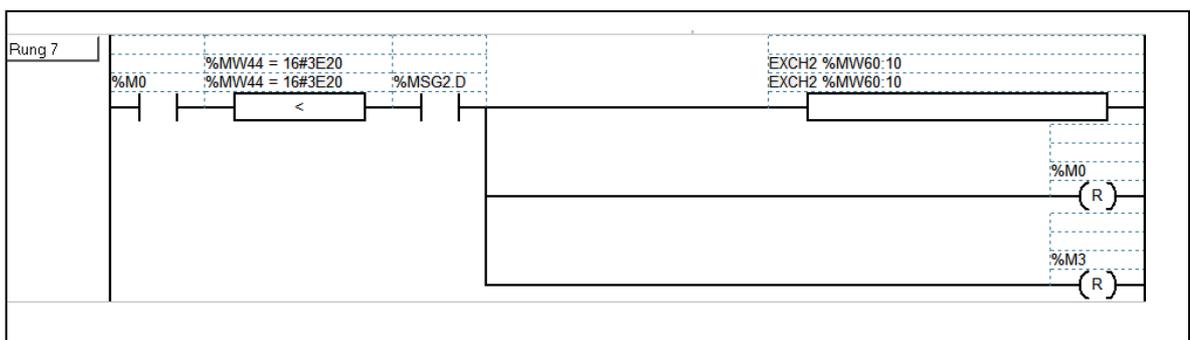
**Figura IV.20.** Tiempo de escaneo de dispositivos

Se registra en el bloque EXCH el numero de destinatario que a quien se va a enviar el mensaje, que esta almacenado en las tablas de memoria



**Figura IV.21.** Inicio de Escritura del módem

Actualiza los mensajes rápidamente al pulsar %I0.2, %Q0.7 indica que el procedimiento de %I0.2 es correcto.



**Figura IV.22.** Actualización de mensajes

Borra los mensajes al pulsar %I0.3

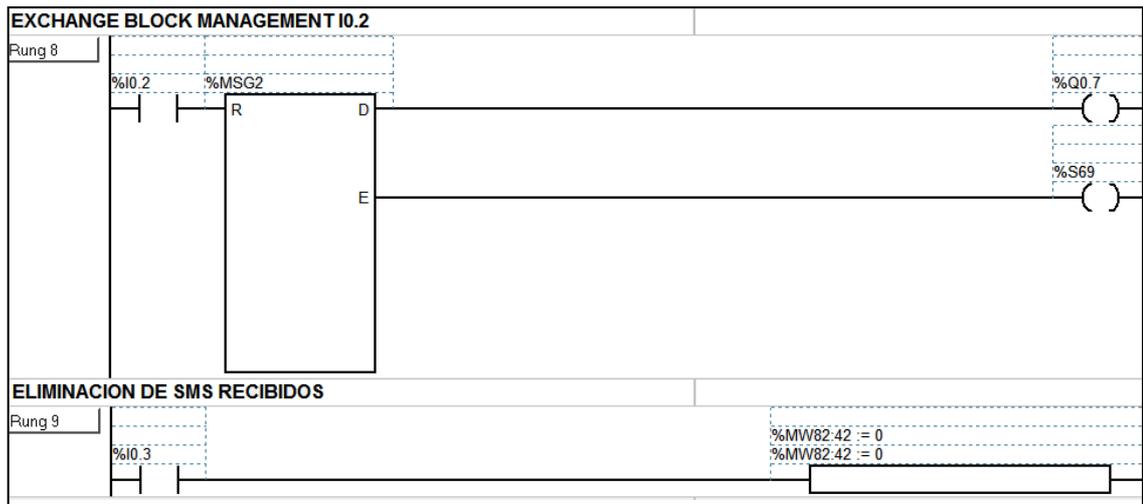


Figura IV.23. Eliminación de mensajes

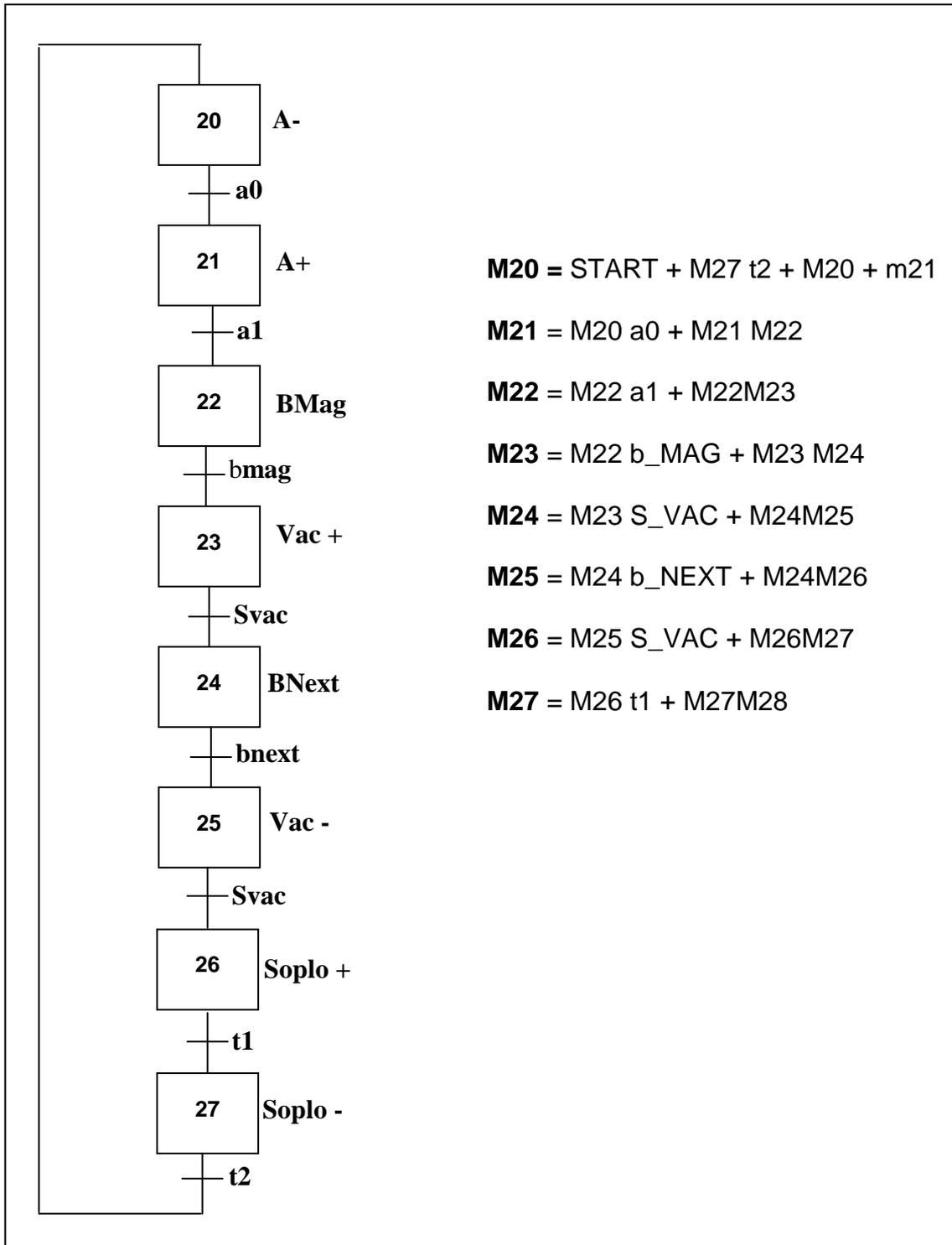
#### 4.4.4. Programa Ladder de control de la Estación de Distribución

##### Recursos utilizados

Para el desarrollo de este programa se emplearon los siguientes recursos lógicos:

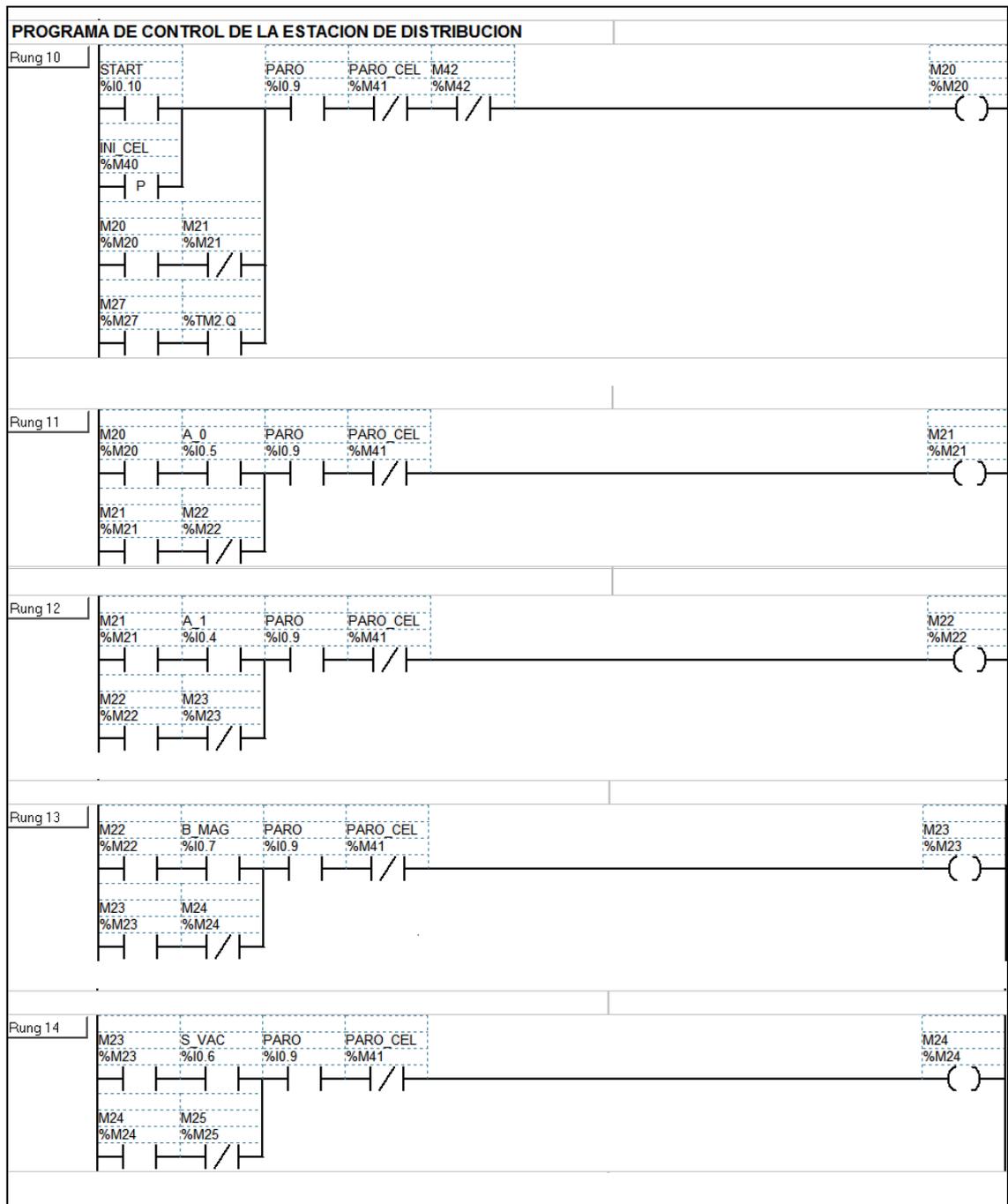
Tabla IV.17. Recursos usados para el control de la estación de distribución

<b>RECURSOS USADOS EN LA COMUNICACIÓN GSM</b>		
<b>Memorias</b>	<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
%M20 a %M30	%I0.4 = a_1	%Q0.0 = A_MENOS
%M40= INI_CEL	%I0.5 = a_0	%Q0.1 = VACIO
%M41=PARO_CEL	%I0.6 = S_VAC	%Q0.2 = SOPLO
	%I0.7 = b_MAG	%Q0.3 = B_MAS
	%I0.8 = b_NEXT	%Q0.4 = B_MENOS
	%I0.9 = PARO	
	%I0.10 = START	

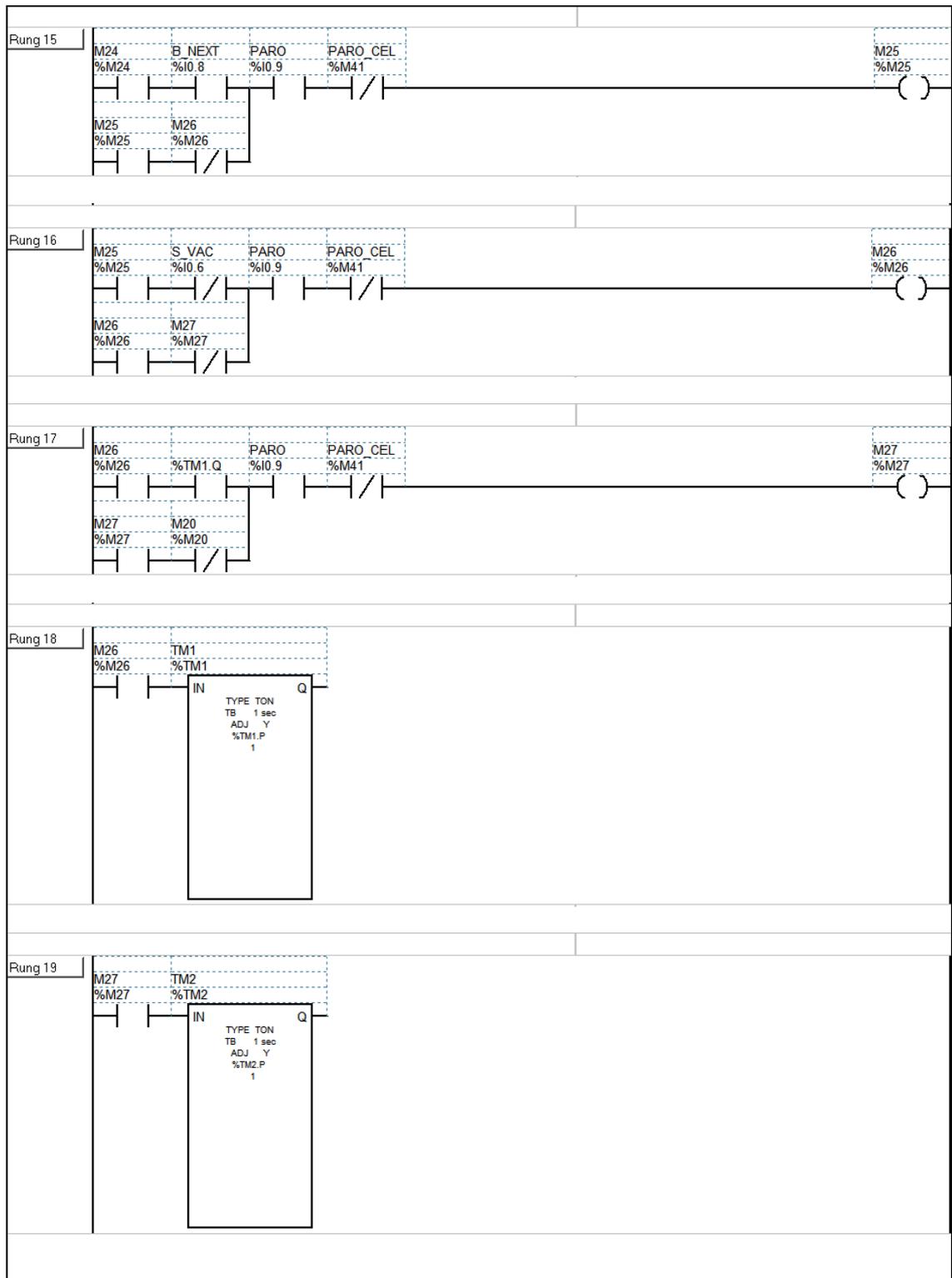


**Figura IV.24.** Esquema Grafcet del manejo de la Estación de Distribución

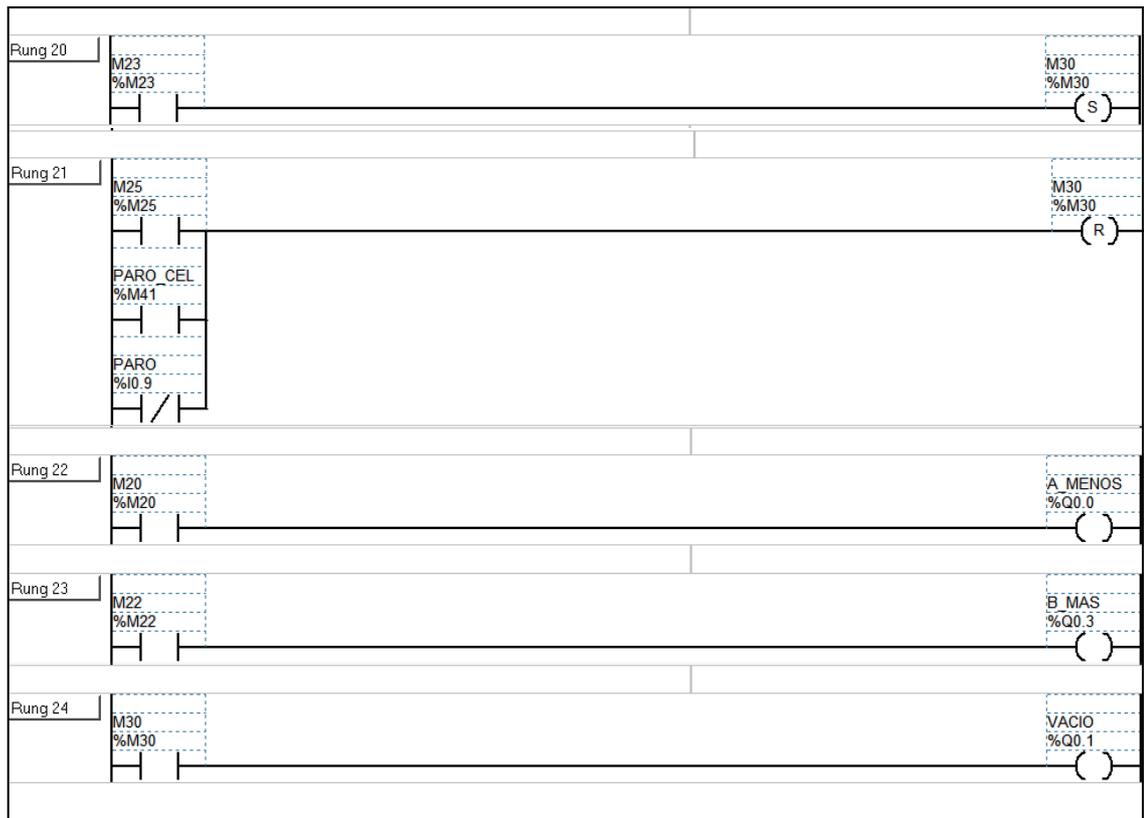
Una vez efectuado el diseño del programa para el control de la estación de Distribución se procede a su implementación, a continuación del programa que habilita la comunicación GSM con terminales móviles; tal como se puede visualizar en el esquema siguiente



**Figura IV.24.** Diagrama Ladder del programa de control de la Estación de Distribución



**Figura IV.24.** Diagrama Ladder del programa de control de la Estación de Distribución (Continuación)



**Figura IV.24.** Diagrama Ladder del programa de control de la Estación de Distribución (Continuación)

## CONCLUSIONES

- ✓ El estudio realizado en el proyecto de tesis me ayudó a ampliar mis conocimientos en lo referente a la Automatización y Supervisión Industrial, así como de la Tecnología GSM y en base a ello elegir de forma adecuada los equipos y herramientas idóneos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación.
- ✓ El análisis de los protocolos, herramientas y métodos de comunicación de una Red Industrial permitió decidir implantar un mantenimiento y diagnóstico remoto de un equipo mecatrónico, usando como base la Tecnología GSM.
- ✓ Con el uso de la herramienta Twido Soft se pudo implementar un software de control que habilita de una manera práctica, sencilla, y eficaz el telecontrol del equipo mecatrónico.
- ✓ La implantación del proyecto de investigación en CECATTEC, contribuirá a que esta Institución cuente con instrumentos acordes al avance tecnológico actual lo que fomentará el mejoramiento académico.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda efectuar un estudio previo en cuanto a la disponibilidad y costo de los equipos necesarios para el desarrollo del proyecto de tesis pues esto podría reportar inconvenientes al momento de efectuar la parte práctica del objeto de investigación.
- ✓ Se aconseja a los estudiantes de la Facultad, que apoyen su investigación en proyectos similares pues esa información puede sentar la base para el desarrollo de su trabajo.
- ✓ Se insta a los estudiantes y maestros utilizar este proyecto como base para futuros trabajos y proyectos de investigación debido a la potencialidad que ofrece esta rama educativa.

## RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue desarrollar una aplicación que permita realizar mantenimiento y diagnóstico remoto de los equipos mecánicos existentes en el laboratorio del Centro de Capacitación y Transferencia Tecnológica (CECATTEC) de la ciudad de Ambato.

Se aplicó método científico general, utilizándose como hardware la Estación de Distribución del Sistema de Mecatrónica y Automatización de la Producción MPS ® de Festo, que permite separar, almacenar y aportar piezas semielaboradas al proceso de producción. Se eligió PLC Twido 20DTK para el control de la estación y el módem SR2MOD03 de Schneider Electric que habilita la comunicación GSM. Basados en la tecnología GSM, comandos AT y códigos ASCII, se diseñó un programa usando herramienta Twido Soft que permite a un teléfono móvil, efectuar operaciones de control y diagnóstico remoto en los procesos de ensamblado y transporte de piezas de la Estación de Distribución mediante mensajes de texto y recibir notificaciones de fallos en el proceso de producción.

Al efectuar este telemantenimiento se mejora la interacción con el sistema de producción, se tiene acceso a los equipos desde cualquier lugar y momento, con una eficiencia del 89% con relación al monitoreo manual, lográndose detectar anomalías de forma más eficaz y segura.

Se recomienda seleccionar una operadora de telefonía móvil que ofrezca una mejor cobertura a fin de evitar posibles inconsistencias o notificaciones de fallos tardíamente.

## SUMMARY

The objective of this thesis was to develop an application that allows remote diagnosis and maintenance of existing mechatronic equipment in the laboratory of the Center for Training and Technology Transfer (CECATTEC) from the city of Ambato.

General scientific method was applied using as hardware distribution station Mechatronics and Automation System Production Festo MPS ®, which allows separate, semi-parts store and provide the production process. Twido PLC 20DTK was chosen for the control of the station and the modem Schneider Electric SR2MOD03 of communication that enables GSM. Based on GSM technology, AT commands and ASCII codes, we designed a program using Twido Soft tool that allows a mobile phone, making checking and remote diagnosis in assembly processes and transport of parts distribution station through messages text and receive notifications of failures in the production process.

In making this remote maintenance is improved interaction with the production system, you have access to computers from anywhere, anytime, with an efficiency of 89% compared to manual monitoring, managing to detect anomalies more efficiently and securely.

We recommend selecting a mobile operator that offers better coverage in order to avoid possible inconsistencies or bug reports late.

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

- COM** Norma para la interacción de componentes, ofrece la ventaja de guardar de forma transparente todas las llamadas a un objeto, independientemente de si estas llamadas se dirigen dentro de la misma aplicación, o se dirigen a otra aplicación e incluso a otro ordenador. Cuando se trata con llamadas entre diversos ordenadores, se habla de DCOM (COM distribuido)
- EPROM** Chip de memoria de sólo lectura que puede ser programado y reprogramado con un dispositivo electrónico especial.
- Fieldbus** Red de instrumentos de campo, todos perfectamente interconectados e intercambiando información, compartiendo datos, realizando control, etc. Como una red de computadoras dedicadas al proceso, donde su intercambio con el mundo "analógico" o del proceso se realiza a través de sensores, sensores que se conectan a la red de forma digital directa, haciendo uso de un solo paso de conversión.
- ISA** Asociación internacional de fabricantes de dispositivos de instrumentación de proceso.
- ISDN** Servicio integrado de red digital, es un estándar internacional para la red de telecomunicaciones digitales.
- MODBUS** Protocolo de comunicación industrial. Este protocolo permite tanto el intercambio de datos entre el PLC y la estación de supervisión,

como la programación y cambio de parámetros del PLC.

- PLC** Son dispositivos electrónicos creados específicamente para el control de procesos secuenciales, con el fin de lograr que una máquina o cualquier otro dispositivo funcionen de forma automática. Puesto que están pensados para aplicaciones de control industrial, su diseño les confiere una especial robustez.
- RTU** Es una unidad terminal remota que se opera por cable o radio desde cualquier sistema SCADA. Permite medir vibraciones mecánicas, temperaturas, y otras variables, leer estados de contactos y conmutar relays.
- SCADA** Es aquél que permite ver en una pantalla el esquema de una instalación controlada por autómatas y sobre ésta se reflejan los valores clave y se pueden variar las consignas.

# **BIBLIOGRAFÍA**

## **BIBLIOGRAFÍA GENERAL**

ALCIATORE, DAVID y HINSTAND MICHAEL B. Introducción a la Mecatrónica y a los Sistemas de Medición. 3a ed. California: Mcgraw-Hill, 2008.

CASTRO GIL, ALONSO y DÍAZ, FERNANDO. Comunicaciones Industriales: sistemas distribuidos y aplicaciones. Madrid: Paraninfo, 2007.

PIEDRAFITA MORENO, RAMÓN. Ingeniería de la Automatización Industrial. 2a. Edición. México D.F.: Ra-ma, 2004.

PRESSMAN, ROGER S. Ingeniería del Software. 6a. ed. Barcelona: Mcgraw-Hill, 2005.

## **BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET**

### ***EQUIPOS MACATRÓNICOS Y TECNOLOGÍA GSM***

[http://www.festo-didactic.com/int-es/product-search/?search=GSM.](http://www.festo-didactic.com/int-es/product-search/?search=GSM)  
200805

<http://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/mps-200/mps-203-it-mantenimiento-y-diagnosis-remotos-con-paquete-de-visualizacion-y-mechatronics-assistant.htm>  
200805.

[http://www.wago.com/wagoweb/documentation/app\\_note/a1119.pdf.](http://www.wago.com/wagoweb/documentation/app_note/a1119.pdf)  
200805

[http://www.automation.siemens.com/tia/index\\_00.htm](http://www.automation.siemens.com/tia/index_00.htm)  
200805.

[http://www.automation.siemens.com/download/internet/cache/3/1378398/pub/es/k\\_schrift\\_es-0406.pdf](http://www.automation.siemens.com/download/internet/cache/3/1378398/pub/es/k_schrift_es-0406.pdf)  
200805

### ***REDES INDUSTRIALES***

<http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet>  
200806

<http://tec.upc.es/ie/practi/Sistemas.pdf>  
200807

<http://www.profibus.com/metanavigation/weiche/pb/pb.html>  
200807

<http://en.wikipedia.org/wiki/Profibus>  
200808

# **ANEXOS**

**Anexo1.** Recursos Hardware del laboratorio de mecatronica de CECATTEC

<b>Recursos Hardware del Laboratorio de Mecatronica de CECCATEC</b>			
<b>Nº. Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Marca</b>
PC1	Computador Intel Pentium IV Procesador 3.2; GB RAM 1 GB 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 17` Samsung Teclado y Mouse Genius	Lab- Mec CEC PC 01	<b>Genérico</b>
PC2	Computador Intel Pentium IV Procesador 3.2; GB RAM 1 GB 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 17` Samsung Teclado y Mouse Genius	Lab- Mec CEC PC 02	<b>Genérico</b>
PC3	Computador Intel Pentium IV Procesador 3.2; GB RAM 1 GB 120 Gb de Disco Duro Samsung Monitor digital LG 17` Samsung Teclado y Mouse Genius	Lab- Mec CEC PC 03	<b>Genérico</b>

---

**Anexo1.** Recursos Hardware del laboratorio de mecatronica de CECATTEC (Continuación) **Recursos****Hardware del Laboratorio de Mecatronica de CECCATEC**

<b>Nº. Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Marca</b>
PC	Computador Intel Pentium IV Procesador 3.2; GB RAM 1 GB 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 17` Samsung Teclado y Mouse Genius	Lab- Mec CEC PC 04	<b>Genérico</b>
PC5	Computador Intel Pentium IV Procesador 3.2; GB RAM 1 GB 120 Gb de Disco Duro Monitor digital LG 17` Samsung Teclado y Mouse Genius	Lab- Mec CEC PC 05	<b>Genérico</b>
EM 01	Estación de Distribución MPS® Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar) Alimentación de tensión 24 V DC 7 entradas digitales 5 salidas digitales	Lab- Mec CEC ED 01	Festo

---

**Anexo1.** Recursos Hardware del laboratorio de mecatronica de CECATTEC (Continuación)

**Recursos Hardware del Laboratorio de Mecatronica de CECCATEC**

<b>Nº. Equipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>	<b>Marca</b>
EM 02	Estación de Verificación MPS® Presión de funcionamiento 600 kPa (6 bar) Alimentación de tensión 24 V DC 8 entradas digitales 5 salidas digitales	Lab- Mec CEC EV 01	Festo
EM 03	Estación de Procesamiento Alimentación de tensión 24 V DC 8 entradas digitales 8 salidas digitales	Lab- Mec CEC EP 01	Festo
PLC 01	PLC Twido Compact Alimentación de tensión 24 VDC Conectividad con Modbus, CANopen, Ethernet Entradas y salidas 10, 16	Lab- Mec CEC PLC 01	Telemecanique