

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA PRENSA  
HIDRÁULICA PARA ENSAMBLE DE EJES HOMOCINÉTICOS EN  
DANA TRANSEJES COLOMBIA

EDGAR MAURICIO JAIMES MORENO  
JESÚS ALONSO ALVAREZ GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
Escuela de Ciencias Naturales e Ingeniería  
Facultad de Ingeniería Mecatrónica  
Bucaramanga  
2005

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA PRENSA  
HIDRÁULICA PARA ENSAMBLE DE EJES HOMOCINÉTICOS EN  
DANA TRANSEJES COLOMBIA

EDGAR MAURICIO JAIMES MORENO  
JESÚS ALONSO ALVAREZ GUTIÉRREZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL  
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

Director del proyecto:  
M.s.C. OMAR LENGERKE PÉREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA  
Facultad de Ciencia Naturales e Ingeniería  
Facultad de Ingeniería Mecatrónica  
Bucaramanga  
2005

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Bucaramanga 27 de mayo del 2005**

## DEDICATORIA

Este libro esta dedicado de una manera única y especial a mi madre HELENA MORENO GÓMEZ, quien con su amor desinteresado siempre ha estado a mi lado para guiarme y brindarme lo mejor del mundo, y a toda mi familia quienes con esfuerzo, perseverancia y deseo de superación personal, me han apoyado a través de estos años, brindándome todo lo necesario para alcanzar esta meta. Y a su vez a DIOS por brindarme salud, bienestar y fuerza para continuar día a día alcanzando con todas las metas trazadas no solo en lo profesional si no a nivel personal.

Mauricio Jaimes Moreno



## DEDICATORIA

Dedico este libro a mis padres ISABEL y JESÚS, ya que con su apoyo y comprensión he logrado salir adelante en las dificultades del camino. A mis hermanas LUISA Y MARTA, en quienes he encontrado una palabra de aliento en el momento justo. A mi tía Carmen, quien ha estado conmigo desde mi niñez y me ha ayudado a crecer. A Dios quien nunca me ha abandonado.

Finalmente a mis amigos que me han acompañado durante mí caminar, quienes sin ningún interés me han apoyado durante tantos años, con los cuales he crecido como persona, aceptándome como un miembro de sus familias.

Siempre estarán en mi corazón.

Jesús Alvarez Gutiérrez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos en primera instancia a DANA TRANSEJES COLOMBIA, quienes de manera muy especial nos abrieron sus puertas para permitirnos realizar este proyecto y a su vez realizar nuestra práctica; donde aprendimos a valorar nuestro trabajo y el esfuerzo de estos años.

Agradecemos al Ing. Carlos Iván Patiño González, por todo su apoyo a través de la realización de nuestro proyecto de grado, quien estuvo siempre brindándonos y aportándonos todo su conocimiento y su amistad de manera desinteresada.

Agradecemos a la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA quienes nos brindaron una formación integral, ayudándonos a crecer no solo como futuros ingenieros, sino como miembros destacados ética y moralmente de nuestra sociedad.

## CONTENIDO

CONTENIDO.....	7
TABLA DE FIGURAS.....	11
TABLA DE ANEXOS.....	12
OBJETIVOS.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	15
1.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	15
1.2 CULTURA ORGANIZACIONAL.....	16
1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	17
1.3.1 Descripción general de las áreas funcionales.....	17
1.3.1.1 Área Comercial y Ventas de Reposición.....	17
1.3.1.2 Mejoramiento Continuo.....	17
1.3.1.3 Financiera.....	17
1.3.1.4 Materiales.....	18
1.3.1.5 Recursos Humanos.....	18
1.3.1.6 Fábrica.....	18
2. JUSTIFICACIÓN.....	19
2.1 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF).....	19
2.1.1 ¿Qué es AMEF?.....	19
2.1.2 Reseña Histórica.....	19
2.1.3 Objetivos del AMEF.....	20
2.1.4 Requerimientos para hacer un AMEF.....	20
2.1.6 Ejemplo formato general del AMEF.....	22
2.2 DISEÑO MECATRÓNICO.....	22
2.3 GENERALIDADES DE LAS PRENSAS HIDRÁULICAS.....	23
2.3.1 Ventajas de una Prensa Hidráulica.....	23
2.3.1.1 Fuerza Total Constante.....	23
2.3.1.2 Menor Costo de Mantenimiento.....	23
2.3.1.3 Seguridad de Sobrecarga.....	24
2.3.2 Limitaciones de la Prensa Hidráulica.....	24
2.3.2.1 Velocidad.....	24
2.3.2.2 Alimentación Externa del Sistema (Hidráulico).....	24
2.4 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PRENSA.....	24



2.4.1 Sistema Hidráulico.....	24
2.4.2 Prueba de Tracción (Desensamble de Eje).....	26
2.4.3 Posición de Inicio de Trabajo .....	26
2.4.4 Dispositivos de Anclaje.....	26
2.4.5 Sistema de Control.....	27
2.5 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS Y NECESIDADES DEL PROYECTO .....	27
2.5.1 Recurso Humano.....	27
2.5.2 Recurso Económico .....	27
2.6 ALCANCES DE LA SOLUCIÓN .....	27
2.6.1 Sistema Scada .....	28
2.6.2 Autómata .....	28
3. INGENIERÍA DEL DISEÑO MECATRÓNICO .....	29
3.1 GUÍA PARA EL ESTUDIO DE LOS MODOS DE MARCHA Y PARADA (GEMMA).....	30
3.2 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA SECUENCIAL DE LA PRENSA UTILIZANDO EL MÉTODO GRAFCET .....	31
3.3 MODELAMIENTO Y CÁLCULOS MATEMÁTICOS DEL SENSOR INDUCTIVO .....	33
3.4 CÁLCULO DE COMPONENTES DE POTENCIA HIDRÁULICA .....	35
3.4.1 Cálculos.....	35
4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S) .....	38
4.1 FAMILIA DE PLC's .....	41
4.1.1 Familia Logo de Siemens .....	43
4.1.1.1 Ventajas del Logo.....	43
4.1.1.2 Características del Logo.....	44
4.1.1.3 Direccionamiento de Entradas Y Salidas .....	46
4.1.1.4 Lógica de Programación (Logo Siemens).....	47
4.2 CONTROL SECUENCIAL.....	48
5. SENSORES .....	51
5.1 CLASIFICACIÓN .....	51
5.1.1 Tipo de Señal de Entrada.....	51
5.1.1.1 Mecánica.....	51
5.1.1.2 Térmica.....	51
5.1.1.3 Magnética.....	51
5.1.1.4 Radiación.....	51
5.1.1.5 Química .....	51
5.1.1.6 Eléctrica.....	51
5.1.2 Señal Entregada.....	51
5.1.2.1 Digitales.....	52
5.1.2.2 Analógicos.....	52
5.1.3 Naturaleza de la Señal Eléctrica Generada.....	52
5.1.3.1 Sensores Pasivos.....	52

5.1.3.2 Sensores Activos o Generadores de Señal.....	52
5.2 TIPOS DE SENSORES.....	52
5.2.1 Sensores Inductivos.....	52
5.2.2 Sensores Capacitivos.....	53
5.2.3 Sensores Fotoeléctricos.....	54
5.2.3.1 Sensores de Barrera.....	55
5.2.3.2 Sensores Reflex.....	55
5.2.3.3 Sensores Auto Reflex.....	55
5.2.3.4 Sensores de Foco Fijo.....	55
5.2.3.5 Sensores de Detección Difusa.....	55
5.2.3.6 Sensores de Fibra Óptica.....	55
5.3.3 Sensores Ultrasónicos.....	55
6. HIDRÁULICA.....	57
6.1 INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA.....	57
6.2 DEFINICIÓN.....	57
6.3 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS LÍQUIDOS.....	57
6.3.1 Viscosidad.....	58
6.4 ACTUADORES HIDRÁULICOS.....	59
6.4.1 Cilindros.....	59
6.4.1.1 Cilindro Tipo Buzo.....	59
6.4.1.2 Cilindro Tipo Telescópico.....	59
6.4.1.3 Cilindro Estándar de Doble Efecto.....	60
6.4.1.4 Cilindros de Doble Vástago.....	60
6.5 VÁLVULAS HIDRÁULICAS.....	60
6.5.1 Válvulas Solenoides Hidráulicas.....	60
6.5.2 Válvulas Hidráulicas de Cuatro Vías, Operadas Eléctricamente.....	61
6.5.3 Válvulas de Cuatro Vías, Operadas por Piloto Hidráulico.....	62
7. GENERALIDADES DE LOS EJES HOMOCINETICOS.....	63
7.1. DEFINICION DEL EJE HOMOCINETICO.....	63
7.2. COMPONENTES DEL EJE HOMOCINETICO.....	64
7.2.1 Junta Fija.....	64
7.2.1.1 Descripción del Proceso de Ensamble.....	65
7.2.2 Intereje.....	65
7.2.3 Tulipa o Junta Móvil.....	65
7.2.3.1 Prueba del Ensamble.....	66
7.3 VENTAJAS DEL EJE HOMOCINETICO.....	66
7.4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	67
7.4.1 Proceso de Mecanizado de Interejes.....	67
7.4.2 Proceso de Mecanizado de Juntas Fijas.....	68
7.4.3 Proceso de Mecanizado de Tulipas.....	69
7.5 PROCESO DE ENSAMBLE DE EJE HOMOCINETICO.....	70

8. PROCESO DE AUTOMATIZACION Y ADECUACION DE LA PRENSA	
BARMAG.....	71
8.1 PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO .....	71
8.1.1 Sistema Hidráulico.....	71
8.1.1.1 Primera Solución .....	72
8.1.1.2 Segunda Solución .....	72
8.1.2 Prueba de Tracción (desensamble de eje).....	73
8.1.3 Posición de inicio de trabajo.....	73
8.1.4 Dispositivos de Anclaje.....	74
8.1.5 Sistema de Control.....	75
8.2 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y PUESTA PUNTO DE LA PRENSA	
BARMAG .....	76
CONCLUSIONES.....	77
BIBLIOGRAFIA .....	78
ANEXOS .....	80



## TABLA DE FIGURAS

Figura 1 .....	22
Figura 2 .....	25
Figura 3 .....	26
Figura 4 .....	30
Figura 5 .....	31
Figura 6 .....	32
Figura 7 .....	33
Figura 8 .....	40
Figura 9 .....	42
Figura 10 .....	46
Figura 11 .....	47
Figura 12 .....	47
Figura 13 .....	48
Figura 14 .....	49
Figura 15 .....	53
Figura 16 .....	54
Figura 17 .....	54
Figura 18 .....	56
Figura 19 .....	59
Figura 20 .....	59
Figura 21 .....	60
Figura 22 .....	60
Figura 23 .....	61
Figura 24 .....	62
Figura 25 .....	63
Figura 26 .....	64
Figura 27 .....	64
Figura 28 .....	65
Figura 29 .....	66
Figura 30 .....	67
Figura 31 .....	68
Figura 32 .....	69
Figura 33 .....	70
Figura 34 .....	71
Figura 35 .....	72
Figura 36 .....	73
Figura 37 .....	74
Figura 38 .....	74
Figura 39 .....	75
Figura 40 .....	75

## TABLA DE ANEXOS

Anexo A Cronograma.....	80
Anexo B Ladder.....	82
Anexo C Plano Eléctrico y de Control .....	87
Anexo D Manual de Funcionamiento Prensa Barmag.....	89
Anexo E Manual Ensamble de Esferas.....	93
Anexo F Manual Prueba Tripodes.....	100
Anexo G Datasheet Sensor 4mm.....	111
Anexo H Datasheet Sensor 2mm.....	115
Anexo I Datasheet Logo 230RCL.....	119
Anexo J Formato General del AMEF.....	123
Anexo K Fórmulas Teoría Hidráulica.....	127



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- ▶ Diseñar e implementar un sistema de control automático en la Prensa Barmag para realizar la prueba de Compresión y Tracción, para la producción general de ejes homocinéticos.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Implementar un sistema automático de control para el ensamble de la pieza y la prueba de tracción de la prensa.
- ▶ Implementar una herramienta al nuevo sistema de control automático para la detección del desensamble, o error en el ensamble del eje homocinético.
- ▶ Adaptar un sistema de anclaje para asegurar que la pieza se mantenga en su posición durante el tiempo en que se realiza la prueba.
- ▶ Configurar el sistema de control de la prensa con el fin de adaptarla a una posición de inicio de trabajo estándar.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, muchas empresas están llevando sus procesos de producción a un nivel más tecnológico acercándose cada vez más a la Integración Total de la Automatización Industrial, lo que representa un gran reto para todos sus miembros. Este proceso ha creado la necesidad de contar con personal capacitado para afrontar esta tarea, dentro de las cuales se desarrolla el campo de acción del Ingeniero Mecatrónico, ya sea cambiando los procesos con nuevas tecnologías, o mejorándolos con una integración entre su tecnología actual y nuevos sistemas de control.

La automatización industrial se enfoca en organizar, dirigir, ejecutar y controlar tareas productivas en el sector industrial de acuerdo a especificaciones tecnológicas y volúmenes de producción. Todo esto plantea preguntas como ¿está la industria colombiana realmente preparada para este cambio?, ¿cómo se está dando paso a la nueva tecnología?, entre otras.

DANA Transejes Colombia ha aceptado este reto abriendo campo de acción para la investigación y desarrollo de nuevos proyectos encaminados a la modernización de sus plantas, mejoramiento de procesos y producción; dejando las puertas abiertas a la nueva generación de profesionales capaces de asumir la responsabilidad de generar este cambio.

Cumpliendo con este objetivo, este proyecto está dirigido al mejoramiento del proceso de ensamble de ejes homocinéticos para Chevrolet Corsa, que se realiza en la Prensa Barmag la cual se encuentra en la línea de Ejes Homocinéticos, implementando un sistema automático de control para el ensamble de la pieza y la prueba de tracción que realiza la prensa, versatilizando el proceso, convirtiéndose en una herramienta de alto desempeño, beneficiando a la empresa y a su vez a los empleados de planta que utilizan esta prensa.

# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

## 1.1 RESEÑA HISTÓRICA

DANA Transejes Colombia, fue fundada en Abril 28 de 1972, localizada en la Zona Industrial de Girón - Bucaramanga, cuenta además con operaciones en la ciudad de Bogotá, atendiendo de igual forma los mercados de equipo original (ensambladoras), reposición y exportaciones, con la participación de la casa matriz DANA CORPORATION como su principal accionista quien suministra la tecnología de ejes diferenciales y ejes cardánicos; garantiza, a través de su asociación con GKN, el soporte tecnológico para la fabricación de ejes homocinéticos. A continuación se reseñan algunos sucesos relevantes para el desarrollo de la organización:

*1974: Se iniciaron operaciones de ensamblado de ejes diferenciales.*

*1975-1978: Se inició el proceso de mecanizado con el montaje de las líneas de tubos y semiejes.*

*1979-1981: Se iniciaron operaciones de las líneas de yugos de acople.*

*1981: Instalación de líneas de ejes cardánicos.*

*1983-1984: Se inició la venta de ejes homocinéticos Mazda.*

*1986: Puesta en marcha de la línea de mecanizado de juntas fijas.*

*1988: se realizaron cambios en el sistema de producción en línea dedicada al nuevo concepto de producción en celdas.*

*1989: Se realizó el lanzamiento del " Plan excelencia".*

*1990: Se compro la planta Medellín – pistones.*

*1992: Se adquieren líneas de mecanizado denominado GI para la producción de junta móvil de ejes homocinéticos.*



*1994: Se cerró la planta de Medellín.*

*1995: Transejes se asocia con la multinacional GKN líder en el mercado de ejes homocinéticos.*

*1997: Se cerró la planta de Ibagué y se inicia el proceso de certificación QS -9000.*

*1998: Transejes recibe la certificación QS-9000 y traslada la manufactura de cascos, yugos, tubos y semiejes a Danaven, Venezuela.*

*2000: Transejes cuenta desde entonces con un gran socio, GKN de Inglaterra que suministra "Know How" para la manufactura y ensamble de los ejes homocinéticos, generando 154 empleos directos aproximadamente.<sup>1</sup>*

## **1.2 CULTURA ORGANIZACIONAL**

1.2.1 Visión. DANA TRANSEJES es una organización de clase mundial, líder en su género en el Grupo Andino y confiable para otros mercados, desarrollando negocios competitivos y rentables de una manera profesional y ética.

1.2.2 Misión. DANA TRANSEJES es una organización privada dedicada a fabricar y comercializar productos y servicios de alta tecnología, para atender los sectores automotriz e industrial. Busca el liderazgo en sus respectivos campos de acción en un marco de mejoramiento continuo, innovación y orientación al mercado, asegurando:

A sus accionistas: el continuo incremento es en valor de inversiones.

A sus clientes: contribución a su desarrollo, competitividad y satisfacción con nuestros productos.

A su gente: un clima laboral de mutuo respeto y desarrollo integral.

A la comunidad: el cumplimiento de nuestras obligaciones y un mayor bienestar social.

A sus proveedores: una relación de largo plazo y mutuo desarrollo.

<sup>1</sup> TOMADO DE LA PAGINA <URL: [http://www.transejes.com/corp\\_historia.php](http://www.transejes.com/corp_historia.php)>

## 1.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

### 1.3.1 Descripción general de las áreas funcionales.

**1.3.1.1 Área Comercial y Ventas de Reposición.** Encargada de planear, coordinar y controlar las estrategias, realizar gestiones de mercadeo y promoción para los segmentos de equipo original nacional e internacional, de acuerdo a las estrategias comerciales establecidas por la organización y las expectativas del mercado para garantizar el cumplimiento de los objetivos de ventas en cuanto a volumen y rentabilidad. Además se encarga de coordinar y controlar las compras de material productivo nacional e internacional, utilizado en la fabricación de los productos que comercializa TRANSEJES / THC.

A su vez encargada de planear, coordinar y controlar la gestión de ventas para el mercado de reposición de las líneas de tren motriz (diferencial, cardan y homocinético) de acuerdo con las políticas de la organización para lograr el posicionamiento de los distintos productos garantizando el cumplimiento de los objetivos de ventas en cuanto a rentabilidad, distribución y penetración. Encargada de responder por los presupuestos de inventaros y gastos del área de tren motriz-aftermarket

**1.3.1.2 Mejoramiento Continuo.** Encargada de desplegar, planear y coordinar los procesos de liderazgo, capacitación y motivación que lleven a la organización Transejes y sus filiales al mantenimiento de una cultura de Mejoramiento Continuo y Calidad Total buscando la supervivencia en los mercados Nacional e Internacional en el mediano y largo plazo. Además tiene bajo su responsabilidad la implementación y mantenimiento del sistema de calidad bajo el estándar internacional QS-9000, reportar del desempeño del mismo a la máxima autoridad como un soporte al mejoramiento del sistema de calidad.

**1.3.1.3 Financiera.** Encargada de administrar los recursos financieros de la organización, planear y controlar el manejo de fondos y evaluar fuentes de financiamiento, optimizar los recursos informáticos, coordinar y dirigir la contabilidad, el presupuesto anual, evaluaciones económicas, cartera corporativa con un adecuado nivel de gestión, análisis y reporte financiero interno y externo entro de un marco de estrategias y políticas, con el propósito de tomar decisiones en el momento oportuno para contribuir a la mejor utilización de los recursos y a la maximización de las utilidades.



**1.3.1.4 Materiales.** Encargada de controlar, coordinar y aprobar la entrega, tránsito y distribución para todas las empresas del grupo, de los materiales productivos y no productivos, locales y de importación de acuerdo a los programas de ventas, políticas de inventarios, presupuestos de divisas y tendencias del mercado, para asegurar el suministro adecuado y oportuno de dichos materiales en las líneas de producción y en las áreas respectivas de toda la empresa a la vez que su oportuna entrega al cliente final a través de la negociación y coordinación de los medios de transporte requeridos. Igualmente tiene la responsabilidad de programar y coordinar la secuencia de producción de los materiales a fabricar, los cuales deben ser entregados en los tiempos establecidos y acordados con el cliente, basándose en la secuencia de producción de los clientes.

**1.3.1.5 Recursos Humanos.** Encargada de programar, coordinar y controlar la administración del recurso humano de la empresa y el logro de la eficiencia administrativa de la organización de acuerdo a la ley y a las políticas establecidas, además del adecuado estado de las instalaciones y los servicios requeridos para su funcionamiento.

**1.3.1.6 Fábrica.** Encargada de definir, controlar y dirigir los procesos de planeación estratégica y presupuestal de la operación de fábrica THC a corto, mediano y largo plazo. Además se encarga de producir el proceso integrado (factibilidad, diseño, producto y proceso, pruebas de ingeniería, preproducción, producción y soporte técnico) del desarrollo y fabricación de productos llevando a cabo la función esencial de la fabricación de productos y soportando técnicamente la función de comercialización a través del Know-How del producto y del proceso.

Además tiene la responsabilidad de planear, coordinar, controlar, desarrollar y mejorar el proceso íntegro de fabricación de los productos nuevos y corrientes de THC, para garantizar a sus accionistas el continuo incremento del valor de su inversión.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se originó debido a las múltiples fallas humanas que se venían presentando en la empresa DANA Transejes Colombia, en la producción de ensamble de ejes homocinéticos para vehículo Chevrolet Corsa en la Prensa Barmag; situada en la línea de producción de Ejes Homocinéticos, ya que este proceso se realizaba en la prensa de forma SIN CONTROL, dando al operario y a su propio criterio la entera responsabilidad de aprobar o rechazar un eje; esto unido a la creciente demanda de auto-partes en el mercado nacional y sudamericano, y al aumento de las exigencias de calidad en los nuevos mercados en los que se intenta incursionar.

Todo lo anterior, creó la necesidad de abrir un camino a la modernización y repotenciación de equipos que ya se encontraban en funcionamiento en la empresa DANA Transejes Colombia, desarrollando sistemas automáticos de control, sin omitir los estándares de calidad de producción, y mejorando el proceso de diferentes formas como son; reducción en el tiempo de ensamble, aumento de la precisión de las fuerzas ejercidas por la prensa sobre el eje homocinético durante el ensamble y la prueba de tracción; a su vez previniendo tanto accidentes como fallas humanas durante todo el proceso.

### 2.1 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

**2.1.1 ¿Qué es AMEF?** Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o minimizar el riesgo asociado a las mismas.

**2.1.2 Reseña Histórica.** La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de los estados unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.



En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, este fue desarrollado por Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

### 2.1.3 Objetivos del AMEF.

- ▶ Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- ▶ Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- ▶ Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- ▶ Analizar la confiabilidad del sistema.
- ▶ Documentar el proceso.

### 2.1.4 Requerimientos para hacer un AMEF.

- ▶ Un equipo de personas con el compromiso de mejorar el proceso y la calidad de los productos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente.
- ▶ Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
- ▶ Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.



- ▶ Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
- ▶ Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- ▶ Formas de AMEF (en papel o electrónicas).

#### 2.1.5 Beneficios del AMEF.

A corto plazo:

- ▶ Representa ahorros de los costos de retrabajos.
- ▶ Disminución del tiempo de paro.
- ▶ Disminución de retrabajos y pérdida de material.

A largo plazo:

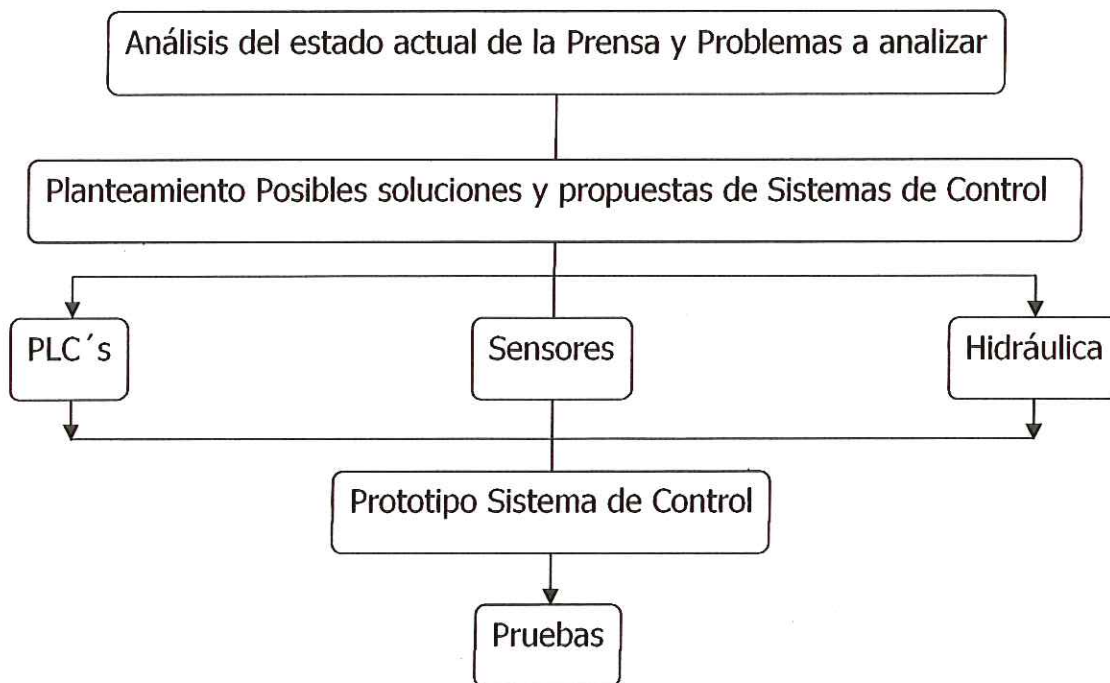
- ▶ Detecta fallas en donde son necesarias características de autocorrección o de leve protección de ellas.
- ▶ Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podían pasar desapercibidos.
- ▶ Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.
- ▶ Desarrolla una lista de fallas potenciales clasificadas conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- ▶ Proporciona un formato documentado abierto.
- ▶ Proporciona un punto de vista fresco en la comprensión de las funciones de un sistema.
- ▶ Controla fallas antes de que estas ocurran.
- ▶ Satisfacción del cliente con los productos y servicios y con su percepción de la calidad, esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

## 2.1.6 Ejemplo formato general del AMEF. Anexo J.

## 2.2 DISEÑO MECATRÓNICO

El diseño Mecatrónico planteado se baso en el método AMEF, comentado en el ítem anterior, donde se analiza problemas, causas, procesos de detección y medidas propuestas para dar un adecuado desarrollo a este proyecto (ver figura 1),

Figura 1. Diseño Mecatrónico.



El desarrollo del diseño Mecatrónico se mostrará a través de todo el libro. El *análisis del estado actual de la prensa y problemas a analizar* comprende el ítem 2.2 de este capítulo hasta el ítem 2.3 del mismo.

El *planteamiento de posibles soluciones y propuestas Sistemas de Control* comprende el ítem 2.5 de este capítulo

La investigación acerca del PLC's, sensores e hidráulica se realizó en los capítulos 4, 5, 6 respectivamente.

El *prototipo del sistema de control* se realizó en el capítulo 8

## **2.3 GENERALIDADES DE LAS PRENSAS HIDRÁULICAS**

La prensa es una herramienta que tiene como finalidad lograr la deformación permanente o incluso cortar o ensamblar un determinado material, mediante la aplicación de una carga.

Una de las causas que han hecho posible la producción y popularidad de muchos objetos de uso diario y de lujo que actualmente consideramos como de utilización normal en nuestra vida, es la aplicación creciente de las prensas a la producción en masa. Uno de los ejemplos más notables que podemos poner en este sentido es el desarrollo de la industria de fabricación de automóviles. Para la producción en masa, las prensas son empleadas cada día en mayor número, sustituyendo a otras máquinas.

Las prensas hidráulicas son producidas en varios tipos y tamaños. Debido a que pueden proveerse de casi ilimitada capacidad, la mayoría de las prensas más grandes son de este tipo. El uso de varios cilindros hidráulicos permite la aplicación de fuerzas en varios puntos.

### **2.3.1 Ventajas de una Prensa Hidráulica.**

**2.3.1.1 Fuerza Total Constante.** Puede mantener la fuerza total a lo largo de la carrera, y no solamente al final como en las prensas mecánicas. La ventaja de esta es quitar la necesidad de hacer cálculos de la presión del tonelaje al principio de la carrera, así es que no se requiere la compra de una prensa de 200 toneladas para alcanzar a la presión de solamente 100 toneladas.

**2.3.1.2 Menor Costo de Mantenimiento.** Las prensas hidráulicas son sencillas en su diseño, con pocas partes en movimiento y están siempre lubricadas con un fluido de aceite bajo presión. En las pocas ocasiones de avería casi siempre son



defectos menores, sea el empaque, la bobina solenoide y a veces una válvula, que son fáciles a refaccionar.

2.3.1.3 Seguridad de Sobrecarga. Una prensa calibrada con una fuerza de 100 toneladas, se mantendrá con esta fuerza, ya que al tener el máximo de fuerza permitida, se abre una válvula de seguridad.

## 2.3.2 Limitaciones de la Prensa Hidráulica.

2.3.2.1 Velocidad. Las prensas hidráulicas no son tan rápidas como las mecánicas.

2.3.2.2 Alimentación Externa del Sistema (Hidráulico). Las prensas hidráulicas requieren otra fuerza externa para alimentar la materia prima.

## 2.4 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PRENSA

La Prensa Barmag es un dispositivo perteneciente a la línea de producción de Ejes Homocinéticos. Por su importancia, debido al proceso que se realiza en ella, se le hicieron adaptaciones, cambiando el sistema de control original el cual era electro-mecánico hasta el nuevo sistema automático de control implementado en este proyecto.

A su vez durante los primeros días programados (Anexo A) se analizaron los problemas que presentaba, con lo cual se hizo el estudio adecuado para su corrección e implementación del nuevo sistema de control.

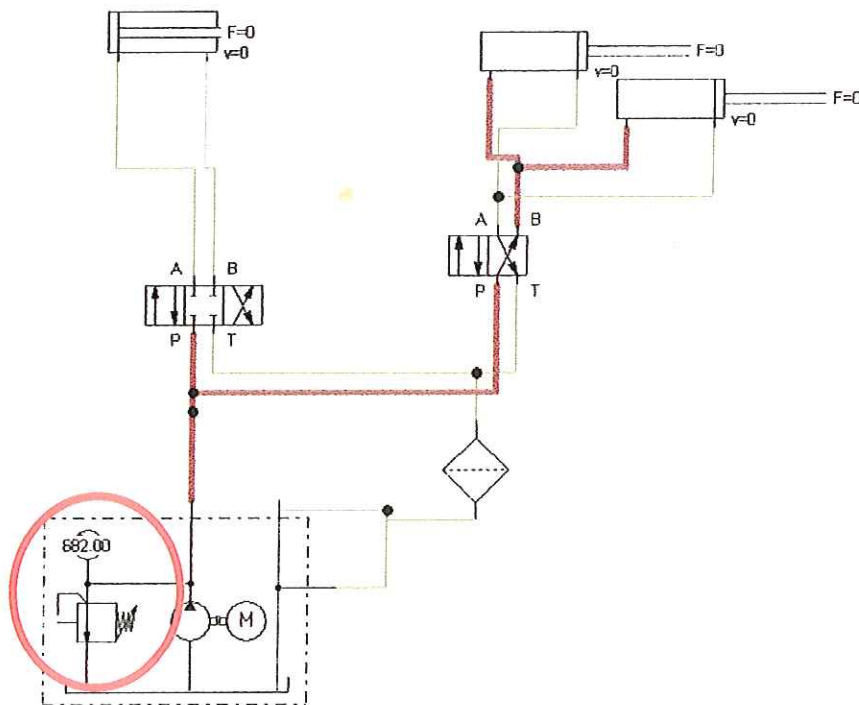
2.4.1 Sistema Hidráulico. El análisis de este comenzó arrancando el sistema a las 8 de la mañana hasta que se detectara una caída en la presión de Prueba de Compresión y Tracción. Se notó que la lectura en la presión empezaba a variar críticamente a las cinco horas de haber puesto en funcionamiento la Prensa.

Figura 2. Medidas Tomadas

HORA	PRESIONES (Kgf.)		HORA	PRESIONES (Kgf.)	
	COMPRESIÓN	TRACCIÓN		COMPRESIÓN	TRACCIÓN
8:00	940	1240	10:30	<b>920</b>	1250
8:10	940	1240	10:40	<b>920</b>	1240
8:20	940	1240	10:50	<b>920</b>	1230
8:30	940	1250	11:00	<b>910</b>	1240
8:40	940	1240	11:10	<b>910</b>	1240
8:50	940	1250	11:20	<b>910</b>	1250
9:00	940	1250	11:30	<b>910</b>	1240
9:10	940	1240	11:40	<b>900</b>	1240
9:20	<b>930</b>	1240	11:50	<b>900</b>	1260
9:30	<b>930</b>	1240	12:00	<b>910</b>	1240
9:40	<b>930</b>	1240	12:10	<b>910</b>	1240
9:50	<b>930</b>	1240	12:20	<b>900</b>	1240
10:00	<b>930</b>	1260	12:30	<b>890</b>	1250
10:10	940	1240	12:40	<b>890</b>	1250
10:20	<b>930</b>	1240	12:50	<b>880</b>	1240

Analizando este fenómeno, se encontró que el problema en el sistema hidráulico era un sobrecalentamiento en el fluido hidráulico (aceite Rando 68), lo que hacía que este perdiera su viscosidad permitiendo fugas a través de los sellos de los pistones y las válvulas, que se traducía en una pérdida de presión considerable, para la Prueba de Compresión realizada sobre el eje homocinético. Esto se presentaba debido a que la válvula para control de tracción y compresión era de centro cerrado forzando al sistema a liberar la presión por la válvula de alivio (ver figura 3), manteniéndola constantemente abierta, lo cual producía fricción constante entre el fluido y la válvula, ocasionando sobrecalentamiento.

Figura 3. Sistema Hidráulico anterior al proyecto



*Simulación realizada por los autores*

2.4.2 Prueba de Tracción (Desensamble de Eje). Se notó la ausencia de un sistema que detectará el momento en que la tulipa se desensamblaba del intereje, teniendo en cuenta que en algunos casos no era fácil notar que el anillo de retención se desajustaba del intereje, dejando la responsabilidad al operario de decidir sobre la calidad de la pieza ensamblada.

2.4.3 Posición de Inicio de Trabajo. Mediante el análisis obtenido durante los días de prueba, se notó la ausencia de una posición inicial de trabajo, lo que permitía que cada eje se probara desde posiciones diferentes, cambiando los parámetros de medición.

2.4.4 Dispositivos de Anclaje. En la prensa en el momento de la prueba sobre el eje homocinético, se evidenció una falta de control sobre el dispositivo de anclaje. Lo que permitía que se realizara la prueba sin asegurar la pieza representando un peligro para el operario.



2.4.5 Sistema de Control. Se revisó el antiguo sistema de control donde se encontraron muchas falencias para controlar adecuadamente este proceso, entre las cuales se encontraba que no realizaba ciclo de manera automática, permitiendo que el operario trabajara la prensa en una posición denominada SIN CONTROL.

## **2.5 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS Y NECESIDADES DEL PROYECTO**

2.5.1 Recurso Humano. Enfocándonos en las necesidades y problemática presentada a través del planteamiento del proyecto, podemos decir basándonos en nuestros conocimientos adquiridos a lo largo de nuestros estudios universitarios y las capacidades de resolver problemas con las mejores y más rápidas soluciones como lo implicó este proyecto debido a la manera como se desarrolló, es decir, trabajar sobre la necesidad de una solución inmediata para evitar un paro en la producción y evitar un posible cuello de botella, podemos decir, que se contó con el mejor recurso humano disponible, gracias a nuestras habilidades desarrolladas con la experiencia adquirida en DANA Transejes Colombia para haber realizado el proyecto de una manera eficiente y satisfactoria.

2.5.2 Recurso Económico. Para la realización del proyecto se creó un presupuesto basado en un estudio encaminado a resolver todos los problemas mencionados en la Prensa Barmag de una manera económica, de rápida implementación y resultados aceptables a corto y largo plazo. Cuando se presentó el presupuesto para la valoración y aprobación, se contó con todo el apoyo económico por la necesidad de utilizar esta Prensa en la producción de los Ejes Homocinéticos, ya que todo se estaba trabajando en el estado SIN CONTROL de la Prensa.

## **2.6 ALCANCES DE LA SOLUCIÓN**

Para analizar las propuestas disponibles del mercado, se tuvieron en cuenta factores de producción muy importantes para la empresa como lo es que el trabajo debería ser realizado en caliente, es decir, el tiempo de trabajo para la implementación de la solución no debería exceder el límite de tiempo que se disponía para este trabajo, el cual fue de dos semanas con la Prensa totalmente detenida, y en cortos lapsos de tiempo durante el resto del cronograma establecido; teniendo en cuenta que después de la primera semana ya se

deberían ver resultados, permitiendo que la prensa fuese utilizada por la Línea de Homocinéticos en la producción de ejes de Chevrolet Corsa sin mayores inconvenientes, permitiendo que el desempeño de la Prensa fuese analizado para detectar posibles problemas a futuro en sus sistemas.

Se plantearon dos soluciones básicas para alcanzar los objetivos planteados:

2.6.1 Sistema Scada. La implementación de un sistema Scada que permitiera al operario un control total de las funciones de la Prensa desde una terminal de computadora, donde se indicara de manera gráfica características como la presión en cada punto del proceso directamente en la pantalla sin necesidad de dispositivos externos de visualización, haciendo posible el almacenamiento de datos para archivo.

A pesar de ser un sistema muy flexible, no fue implementado, ya que el tiempo necesario para este proyecto se vería drásticamente aumentado, debido a múltiples factores como la necesidad de redireccionar o cambiar totalmente el cableado interno del panel de control, entre otros; interfiriendo con los procesos de producción de la Línea de Homocinéticos. Pese a no haber sido implementada, se dejó planteada la caracterización general de esta propuesta, la cual podría ser retomada más adelante para nuevas modificaciones y aplicaciones que pueda realizar el dispositivo.

2.6.2 Autómata. La definición de autómata y los distintos tipos y familias se mostrarán en el Capítulo 4. Esta solución se planteó y fue aprobada, debido a que estos dispositivos representan una alternativa rápida, flexible, económica y eficiente. Teniendo en cuenta que el control necesario para este sistema se manejaría con dispositivos que enviaran una señal on/off, esta solución nos dará unos resultados aceptables que serán analizados en el Capítulo 8.



### 3. INGENIERÍA DEL DISEÑO MECATRÓNICO

La automatización de maquinas y procesos industriales deben contemplar todos los posibles estados en que se puede encontrar una maquina o proceso. No solamente se debe contemplar en el programa el simple funcionamiento normal, sino las situaciones de fallo, de parada de emergencia, los procesos de rearme y puesta en marcha de la maquina, el control manual.

Todo programa de autómeta debe contemplar estos casos, sobre el objetivo de reducir al mínimo los tiempos de paradas de las maquinas y hacer simple el proceso de rearranque y los cambios de modo de funcionamiento, por ejemplo paso de control manual a control automático.

La guía GEMMA, Guía para el estudio de los modos de Marchas y de Paradas, es una representación organizada de todos los modos o estado en que se puede encontrar el proceso de producción automatizado.

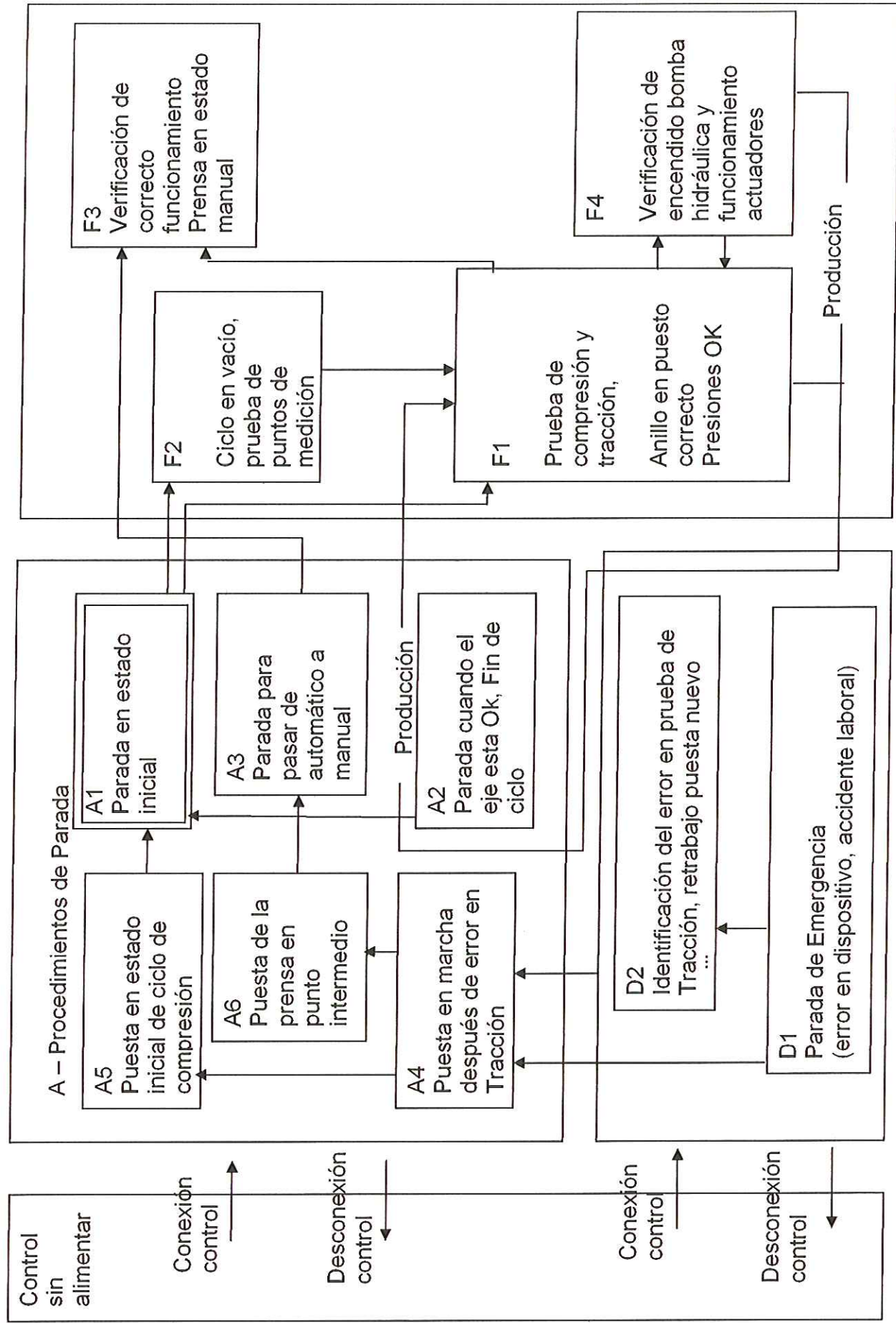
GEMMA también representa el estado en que la parte de mando se encuentra fuera de servicio. Es decir el autómeta está sin alimentación o en Stop.

La Guía GEMMA desarrollada para la aplicación de este proyecto se muestra en la figura 4, detallando todas las posibles paradas que pueden ocurrir durante un turno de trabajo, así como el proceso normal de funcionamiento de la prensa.

La mayoría de estados de la Guía GEMMA que se programaron se implementaron como etapas o macroetapas del Grafcet, así mismo los saltos entre estados se implementaron mediante transiciones entre las etapas o macroetapas.

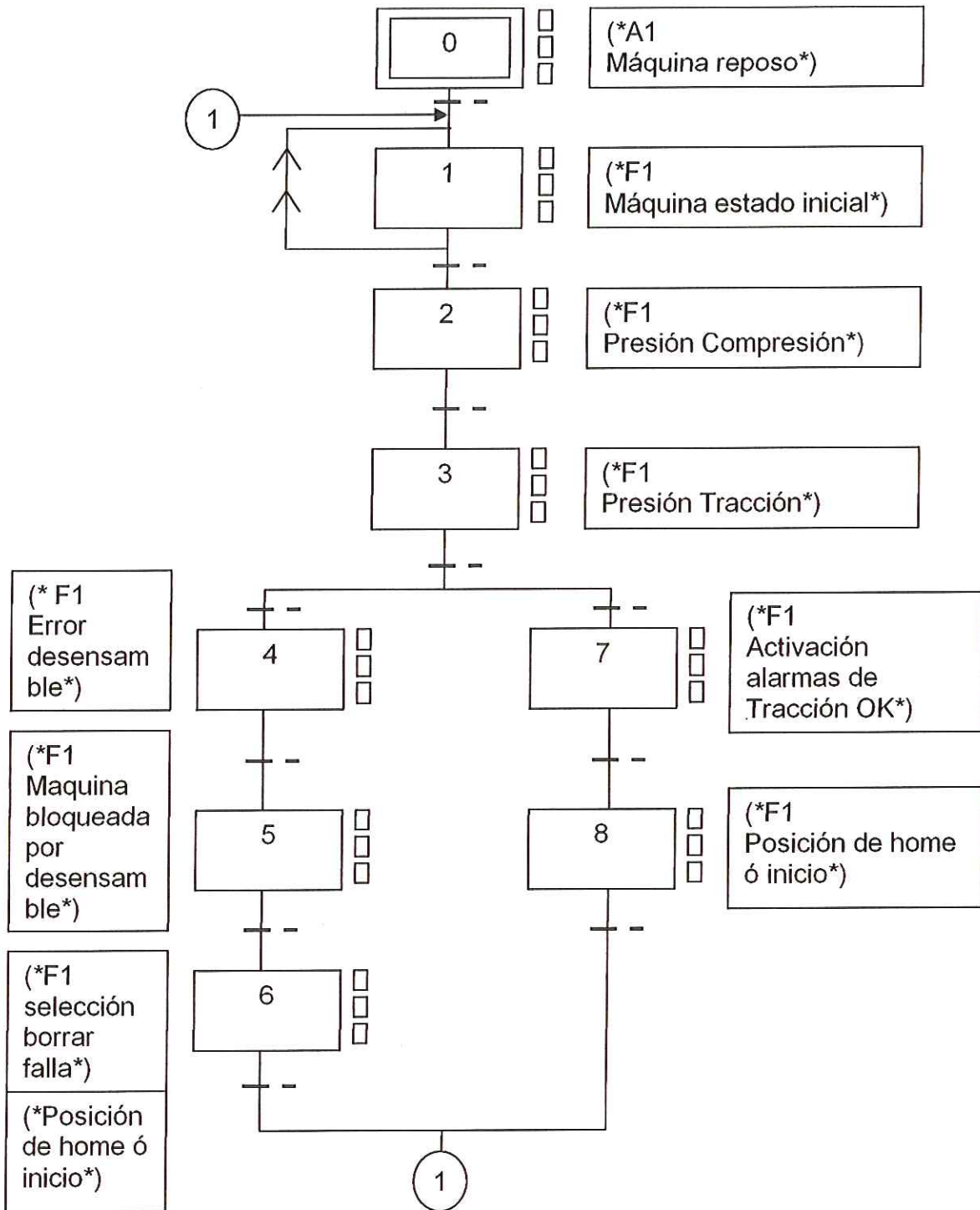
El Grafcet, Gráfico de mando etapa-transición es un método de representación de sistemas secuenciales y concurrentes, utilizado en la programación de Autómetas, el objetivo es describir de forma gráfica automatismos secuenciales y concurrentes.

### 3.1 GUÍA PARA EL ESTUDIO DE LOS MODOS DE MARCHA Y PARADA (GEMMA)



### 3.2 REPRESENTACIÓN DEL SISTEMA SECUENCIAL DE LA PRENSA UTILIZANDO EL MÉTODO GRAFCET

Figura 5.





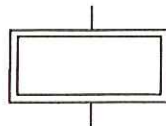
Con base en la investigación realizada sobre el método GRAFCET y apoyados en el AMEF, se realizó el diseño del diagrama de flujo para el control secuencial que se le aplicó a la prensa, donde se muestran los estados y acciones que realiza para un correcto funcionamiento durante el ciclo de trabajo o de operación realizada sobre cada eje homocinético.

Con este diseño se pretende describir el conjunto de sucesos condicionales y secuenciales. Al llevarlo a la práctica respetaron las reglas de evolución ya que, en caso contrario, el funcionamiento del automatismo o del conjunto de sucesos no sería el que cabría esperar a la vista del GRAFCET representado.

### 3.2.1 Reglas de Evolución

- ▶ **Inicialización:** En la inicialización del sistema se han de activar todas las etapas iniciales y sólo las iniciales, representadas por medio de un cuadro doble. Ejemplo.

Figura 6.



El control comienza por comprobar si esta se encuentra en la situación inicial adecuada para el funcionamiento. Si no es así se deberá llevar la prensa a la situación inicial adecuada antes de pasar al funcionamiento deseado del automatismo.

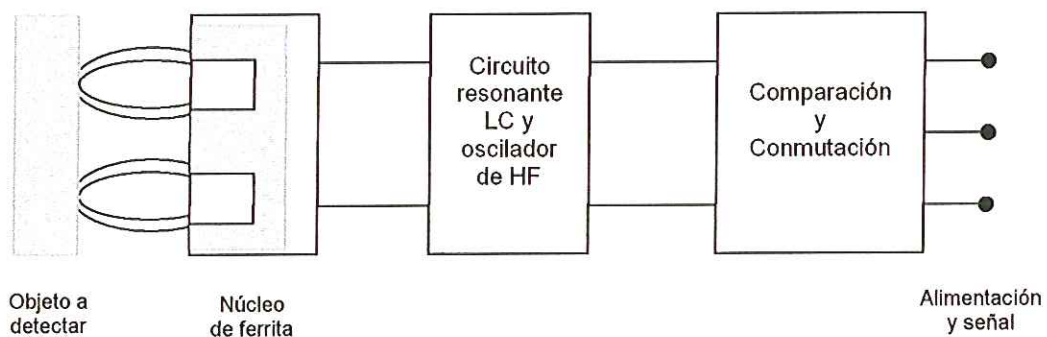
- ▶ **Evolución de las Transiciones:** Una transición está validada cuando todas las etapas inmediatamente anteriores a ella están activas.
- ▶ **Evolución de las Etapas Activas:** Al atravesar una transición se deben activar todas las etapas inmediatamente posteriores y desactivar simultáneamente todas las inmediatamente anteriores.
- ▶ **Simultaneidad al traspasar las Transiciones:** es la activación de dos o más etapas en paralelo, donde si una de las etapas no se activa simultáneamente con respecto a las otras, esta transición no se realiza.

- **Prioridad de la Activación:** Al evolucionar un GRAFCET, una etapa ha de ser activada y desactivada al mismo tiempo, deberá permanecer activa. Esta regla que deja de cumplirse con más facilidad ya que cuando se implanta el GRAFCET sobre un sistema automatizado (relés, neumática, autómatas programables, etc.) es corriente utilizar elementos de memoria para almacenar la información de actividad de las etapas. Estos elementos de tipo memoria, pensando en la seguridad, tienen habitualmente la desactivación como entrada prioritaria.

### 3.3 MODELAMIENTO Y CÁLCULOS MATEMÁTICOS DEL SENSOR INDUCTIVO

El principio de funcionamiento consiste en la posibilidad de influenciar desde el exterior un oscilador HF completado con un circuito resonante LC. Un núcleo de ferrita con una bobina oscilante genera por encima de la cara sensible un campo magnético variable. Al introducirse una pieza metálica en el campo magnético se producen corrientes de Foucault que influyen en el oscilador y provocan una debilitación del circuito oscilante. Como consecuencia se produce una disminución de la amplitud de las oscilaciones. Un circuito detecta esta variación de amplitud y determina una conmutación de la señal dada por el sensor.

Figura 7. Esquema de funcionamiento de un detector de proximidad inductivo.



Teniendo en cuenta esto, los análisis y cálculos aplicados para la configuración de un sensor inductivo, pueden ser tomados a partir del modelamiento matemático de un circuito resonante LC.

La inductancia aproximada de una bobina de una sola capa bobinada al aire puede ser calculada con la fórmula simplificada:

$$L = \frac{((d)^2 * (n)^2)}{(18 * (d) + 40 * (l)) * 0.394}$$

Donde:

*L = inductancia en microhenrios*  
*d = diámetro de la bobina en pulgadas*  
*l = longitud de la bobina en pulgadas*  
*n = número de espiras*

Aplicando esta fórmula se puede calcular la inductancia teórica de nuestros sensores.

$$L = \frac{((1.2)^2 * (50)^2)}{(18 * (1.2) + 40 * (5.6)) * 0.394}$$

$$L = 32.37 \text{ microH}$$

El espesor del material donde se inducen las corrientes debe ser suficientemente grande comparado con la profundidad de penetración de estas. Esto se representa mediante la fórmula:

$$\delta = (\pi f \mu \sigma)^{-\frac{1}{2}}$$

Donde:

$\sigma$  = conductividad del material

$\mu$  = permeabilidad

$f$  = frecuencia

Aplicando esta fórmula

$$\delta = (\pi * 25\text{Hz} * 800 * 9.96 * 10^6)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\delta = 1.26^{-6} \text{ m}$$



Estos resultados dan una aproximación teórica sobre la cual se pueden llegar a escoger un sensor adecuado, los datos pueden variar debido a que los valores tomados son representados en condiciones ideales de trabajo, sin tener en cuenta la temperatura de trabajo, la humedad, entre otros factores externos que pueden llegar a influir un cambio en la medición real.

### 3.4 CÁLCULO DE COMPONENTES DE POTENCIA HIDRÁULICA

Para el diseño de un circuito es indispensable el conocimiento exacto de las necesidades y trabajos a realizar por los elementos accionadores (velocidades, fuerzas, tiempos, etc.)

Este proyecto exigió una reingeniería del sistema hidráulico del cual se disponía, ya que es de vital importancia para las adecuaciones planteadas en el correcto funcionamiento y realización de los objetivos analizados de la prensa.

El componente del circuito Hidráulico empleado en el cálculo de potencia es:

- Cilindro Hidráulico de 500 mm de carrera, de acuerdo a este componente se tienen en cuenta los tiempos de proceso (compresión y tracción) y las presiones necesarias para las pruebas.

Movimiento	Tiempo (s)	Fuerza (Kgf)	Carrera (mm)	Presiones (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Caudal (l/min)
Compresión	10	1000	250		
Reposo	0.5				
Tracción	20	1350	500		
Reposo	0.5				
Total	41				

#### 3.4.1 Cálculos:

- Presiones

$$P_c = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}} = \frac{1000}{\pi * (R^2 - r^2)} = 13.99 \text{ Kgf / cm}^2$$

$$P_t = \frac{1350}{\pi * 5^2} = 17.19 \text{ Kgf / cm}^2$$

La bomba deberá ser capaz de inferir un esfuerzo de 17,19 Kgf / cm<sup>2</sup> (más perdidas), por lo que se debe utilizar una bomba de 20 kgf / cm<sup>2</sup>

► Caudales:

El área anular del cilindro es de  $\pi (R^2-r^2) = 71.47 \text{ cm}^2$ , cada centímetro para compresión requerirá 71.47 cm<sup>3</sup> de fluido. Así para desplazarse 250 mm, se necesitarán 71.47 cm<sup>2</sup> por 25 cm = 1.79 litros.

Este desplazamiento se realiza en 10 segundos, lo que indica que la bomba deberá suministrar un caudal mínimo de 2 litros en 10 segundos, o doce litros por minuto.

Para recorrer 500 mm en 20 segundos: el área del cilindro es  $\pi * R^2 = 78.54 \text{ cm}^2$ ; el volumen necesario para realizar este recorrido será de 78.54 cm<sup>2</sup> x 50 cm = 3.93 Litros, como este volumen se necesita en 20 segundos, en un minuto la bomba deberá suministrar 11.79 litros/min  $\approx$  12 lit/min.

Como se puede ver, el caudal necesario en la bomba para la presión y la tracción es el mismo, por lo cual no es necesario poner limitadores de caudal en ninguna de las fases.

La bomba utilizada es accionada por un motor eléctrico de 1300 rpm, por lo que la cilindrada de la bomba será:

$$\frac{\text{caudalmáximo}}{\text{velocidad}} = \frac{12}{1300} = 0.0923 \text{ Lit / rev} = \frac{9.23 \text{ cm}}{\text{rev}}$$

Esta sería la cilindrada teórica sin embargo las bombas tienen un rendimiento volumétrico y se puede estimar en 90 %, por lo que la cilindrada necesaria para suministrar el caudal requerido será:

$$\frac{9.23}{0.9} = 10.26 \text{ cm / rev}$$



- Motor Eléctrico: La potencia del motor eléctrico necesaria para el accionamiento de la bomba se calcula según la fórmula

$$Pot = \frac{Q * \Delta P}{\eta_t}$$

$$Pot_c = 12 * 14 / 0.88$$

$$= 312.03 \text{ Watts} = 0.42 \text{ Hp}$$

$$Pot_t = \frac{12 * 18}{0.88} = 401.18 \text{ W} = 0.54 \text{ Hp}$$

Actualizando la tabla de datos con los parámetros obtenidos durante los cálculos se tiene:

Movimiento	Tiempo (s)	Fuerza (Kgf)	Carrera (mm)	Presiones (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Caudal (l/min)
Compresión	10	1000	250	14	12
Reposo	0.5	1000	0	14	0
Tracción	20	1350	500	18	12
Reposo	0.5	1350	0	18	0
Total	41			18	12

#### 4. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S)

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo de control de estado sólido que se puede programar y reprogramar para controlar automáticamente un proceso industrial o maquinarias.

Existen variados tamaños de PLC; para pequeñas aplicaciones, pueden ser del tamaño de una mano como el módulo Logo de Siemens, pero los hay del tamaño de una CPU de computador, o más grandes, teniendo en cuenta que a esta escala son modulares, es decir que se les pueden agregar tantos módulos como sea necesario de acuerdo a las necesidades. Estos módulos pueden ser de entrada, de salida, o unidades de proceso.

Los PLC son muy utilizados para "controlar aquellas máquinas que deben seguir procesos de control secuenciales a nivel industrial, tales como empaque de productos, control de motores, monitoreo de sensores, monitoreo o control de armado de partes, etc." <sup>2</sup>. Su elección depende del tipo de proceso a automatizar, así como de la cantidad de entradas y salidas necesarias para atender todos los sensores y actuadores del sistema.

Los controladores programables fueron introducidos como un dispositivo de control electrónico-eléctrico para el control automático de sistemas en 1969. Los controladores programables fueron concebidos originalmente como un dispositivo para reemplazar los circuitos de control que utilizan relevadores, sin embargo, con el paso de los años los Controladores Programables han evolucionado hasta convertirse hoy día en una versátil herramienta de trabajo.

Este requerimiento en particular se presentó en la industria automotriz, en los EEUU. Por ese entonces, la empresa Bedford Associates propuso al mayor fabricante de automóviles de EEUU, algo llamado Modular Digital Controller (MODICON). Simultáneamente otras compañías hicieron propuestas parecidas, pero se considera al MODICON 084 como el primer PLC producido comercialmente en el mundo.

Estos primeros PLC's tenían el inconveniente de no poder usarse modularmente (comunicándose entre sí), como tampoco servían en caso de cambiar los requerimientos para los que fueron diseñados.

<sup>2</sup> TOMADO DE LA PAGINA <URL: [http://www.iespana.es/profesormolina\\_es/tecnologia/plc/plc.htm](http://www.iespana.es/profesormolina_es/tecnologia/plc/plc.htm)>



Hacia 1973 aparecen los primeros PLC's con posibilidad de comunicarse con otros dispositivos (Modbus, de Modicon). Fue entonces posible conectar varios PLC entre sí, permitiendo que cualquiera de ellos conociera el estado de operación de los demás. También comenzaron a permitir su reprogramación, con lo que se podían reutilizar en caso de producirse cambios en la cadena o proceso de producción.

En la década de los 80, con el surgimiento de las computadoras personales, fue posible la programación de los PLC de una manera más sencilla, gracias a la fácil comunicación e interfase más amigable entre usuario y máquinas.

Para la década de los 90, la estandarización de los protocolos de comunicación y de los lenguajes de programación, ha hecho que prácticamente cualquier PLC pueda integrarse a determinada red sin importar su fabricante. En la actualidad existe una Recomendación Internacional, la IEC 1131-3 (<http://www.plcopen.org/iecdocs.htm>), muy útil por cuanto normaliza no solo el aspecto del hardware sino también los lenguajes de programación de los PLC. Gracias a la IEC 1131-3 en la actualidad se ha logrado independizar del fabricante la utilización de los PLC's en la automatización industrial.

Los modernos controladores programables tienen características avanzadas que no se encontraban en los primeros, por ejemplo: los nuevos controladores programables tienen capacidad de recibir y almacenar Información, generar reportes, controlar servomotores, controlar procesos escalonados o de secuencia, ejecutar autodiagnósticos y comunicarse con otros controladores programables o con un computador principal.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada / salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1.5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos"<sup>3</sup>.

Por ser un dispositivo programable, el proceso que se desea automatizar debe ser estudiado para generar el programa con sus rutinas, que por medio de una serie de instrucciones, y basado en las señales de entrada, tomen la decisión sobre la acción que se debe ejecutar en los actuadores automáticos del proceso. Este programa se carga al PLC a través de algún tipo de software diseñado para tal fin,

<sup>3</sup> TOMADO DE LA PAGINA <URL: [http://www.geocities.com/mx/ingenieria\\_control/control.htm](http://www.geocities.com/mx/ingenieria_control/control.htm)>



ya sea por medio de una computadora convencional, o mediante una unidad programadora "manual", que son pequeñas computadoras diseñadas especialmente por los fabricantes de los PLC, para la programación de éstos. (Ver figura 8).

Figura 8. Unidad Programadora Manual



Tomado de la PAGINA <URL: [http://www.iespana.es/profesormolina\\_es/tecnologia/plc/plc.htm](http://www.iespana.es/profesormolina_es/tecnologia/plc/plc.htm)>

Cualquier proceso que involucre encendido o apagado de ciertas máquinas con una secuencia lógica, o bien la lectura de variables análogas o el control de determinados sistemas análogos, puede ser llevado a un PLC como una solución para que tal proceso se ejecute en forma automática.

Los PLC tienen entre sus componentes internos, esencialmente, los mismos constituyentes que los microcontroladores; lo que nos hace preguntarnos entonces porque se toma como un dispositivo diferente, y no como si fuese un microcontrolador. Las razones fundamentales que crean una gran diferencia con éstos, son las siguientes:

- ▶ Los PLC vienen diseñados para trabajar en ambientes industriales, con blindajes especiales, con el objeto de no dejarse afectar por las perturbaciones

eléctricas que ocurren constantemente debido a los transitorios generados por motores y en general todas las máquinas que forman parte de la red eléctrica y de control de una planta.

- ▶ El diseño de los PLC, como se vio anteriormente, está orientado fundamentalmente al reemplazo de relés o relevos, que es una pieza fundamental en el control de procesos industriales, y las operaciones estrechamente vinculadas a éstos, tales como el conteo de operaciones y el eventual retardo de tiempo para producir cada operación, entre otras.
- ▶ El primer punto se refiere en particular a los aspectos constructivos, o de hardware; el segundo plantea una diferencia fundamental en cuanto al análisis de su funcionamiento.

#### 4.1 FAMILIA DE PLC's

La familia de PLC's (firma registrada por el **Centro de Estudios de Automatización - CEA**) surge a solicitud de la dirección Nacional del Movimiento del Forum de Piezas de Repuesto en 1989 y obedecía a la necesidad de la creación de equipos modernos de automatización que resolvieran los problemas de piezas de repuesto para la automatización industrial de la zona oriental del país.

Se organiza un grupo de investigación con los profesionales de experiencia en aplicación de PLC's en el área, teniendo como centro la Universidad de Oriente. Se estudiaron las principales familias de PLC's (SIEMENS, TELEMECANIQUE, Festo, Texas Instruments, entre otras), buscando semejanzas, particularidades y deficiencias de cada una, de acuerdo a las experiencias de aplicación que se disponía. Con todo este aval y el conocimiento del diseño de circuitos y programación de microprocesadores se realizó el diseño del primer prototipo de AutoLoop™.

Este primer prototipo estuvo a prueba ocho meses en 1991, en una línea de fabricación de envases corrugados de la empresa del mismo nombre en Santiago de Cuba. El lenguaje de programación de este PLC incluía sólo las instrucciones para el accionamiento secuencial del sistema y corresponde con el ALS 2.0.



El diseño del segundo prototipo (SIMMA-XA) se continuó inmediatamente con financiamiento del Instituto Nacional de Investigaciones de la Agricultura Tropical (INIFAT) en Ciudad de La Habana, para el control de sus cámaras climáticas (fitotrones). Para esto se elaboró también la tercera versión del lenguaje (ALS 3.0) con mayores potencialidades.

Paralelamente se iniciaron las investigaciones para la utilización de algoritmos de regulación (además del PID) dentro del lenguaje del PLC (algoritmo borroso y neuronal). También se desarrolló una versión docente del lenguaje ALS 3.0 con un el simulador del PLC para facilitar la enseñanza de estas materias y a la vez dar a conocer los nuevos productos del Centro dentro del estudiantado.

Con la posibilidad de pasar a la fase de proyecto ejecutivo se creó una tercera versión del PLC, la SIMMA-XB, soportado sobre un microprocesador de la familia MCS-51, lo que conllevó al rediseño de todo el hardware y software (de bajo nivel). Esta versión incluía el ALS 4.0 con nuevas mejoras incluyendo elementos de Programación Orientada a Objetos y bibliotecas de funciones. Debido a las situaciones reales del país el Centro dejó de trabajar en esta línea pero sin abandonar totalmente las ideas y por supuesto acumulando numerosas experiencias como parte del know-how desarrollado.<sup>4</sup>

Figura 9. marcas y tipos de PLC's

<u>Siemens</u>	<u>Crouse Hinds</u>	<u>Hubbell</u>	<u>Raco</u>
<u>Accusort</u>	<u>Cutler Hammer</u>	<u>Jan Fan</u>	<u>Rawelt</u>
<u>Acme</u>	<u>Chance</u>	<u>Jupiter</u>	<u>Reliance</u>
<u>Allen Bradley</u>	<u>Data Link</u>	<u>Killark</u>	<u>Rockwell</u>
			<u>Software</u>
<u>Appleton</u>	<u>Dodge</u>	<u>Ohio Brass</u>	<u>Sola Heavy</u>
			<u>Duty</u>
<u>Belden</u>	<u>Escort Memory</u>	<u>Olflex</u>	<u>Southwire</u>
<u>Brady</u>	<u>Ferraz Shawmut</u>	<u>Osram</u>	<u>Spectrum</u>
			<u>Controls</u>
<u>Burndy</u>	<u>Festo</u>	<u>Panduit</u>	<u>Thomas &amp;</u>
			<u>Betts</u>
<u>Bussman</u>	<u>Fluke</u>	<u>Pentair</u>	<u>Transtector</u>
<u>Cablofil</u>	<u>Hardy Instruments</u>	<u>Phillips</u>	<u>Wiremold</u>
<u>Conductores Mont.</u>	<u>Hoffman</u>	<u>Pirelli</u>	<u>3m</u>
<u>Contact</u>	<u>Honeywell</u>	<u>Prosoft</u>	<u>omron</u>

<sup>4</sup> TOMADO DE LA PAG. <URL: <http://www.uo.edu.cu/centros/CEA/historia.htm>>



## 4.1.1 Familia Logo de Siemens

4.1.1.1 Ventajas del Logo. Estas son tres de las características con las que Siemens Automation and Drives (A&D) ha equipado su nueva generación de módulos lógicos Logo!. Otras novedades destacables son el display de cuatro líneas retroiluminado –con 12 caracteres por línea bien legibles incluso en entorno difícil, diez en lugar de cinco ventanas de avisos diferentes y 24 marcas (antes sólo ocho). Las dos variantes Logo! Basic, con display, y Logo!Pure, sin display, resuelven aplicaciones mucho más complejas que hasta ahora y, gracias a su configuración modular, pueden adaptarse exactamente a la aplicación individual. Añadiendo módulos de ampliación es posible conectar hasta 24 entradas digitales, 16 salidas digitales y 8 entradas analógicas; vía módulos de comunicación, los buses AS-Interface e instabus EIB.

LOGO! es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort decisivamente mayor y menos gastos.

"Mediante LOGO! se solucionan cometidos en las técnicas de instalaciones en edificios y en la construcción de máquinas y aparatos (por ejemplo controles de puertas, ventilación, bombas de aguas, etc.)"<sup>5</sup>

La nueva capacidad de memoria, el doble que la anterior, permite combinar hasta 130 bloques; antes sólo 56. Nuevas funciones de combinación lógica hacen que los programas sean sensiblemente más pequeños y claros, conservando la misma funcionalidad. Así, por ejemplo las funciones básicas pueden ahora asignarse a cuatro en lugar de tres entradas. Además las entradas pueden ahora negarse a voluntad: de esta forma pueden prescindirse de los bloques lógicos "NOT" que había que utilizar frecuentemente hasta ahora. Ahora tampoco existen restricciones en cuanto al número de funciones aplicadas, por ejemplo temporizadores, contadores y programadores horarios.

El nuevo display, que tiene una calidad de lectura sensiblemente mejor que el anterior, ofrece ahora también mayor funcionalidad de visualización. Ahora es posible representar caracteres especiales como por ejemplo grados centígrados, al igual que valores actuales y parámetros mezclados en una línea. Con ayuda de las teclas de cursor es posible introducir directamente parámetros en el texto de aviso; mediante señal analógica es posible modificar dinámicamente valores de consigna prescritos, por ejemplo a través de potenciómetros.

<sup>5</sup> TOMADO DE LA PAG. <URL: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/logo/logo.htm>>

El software de programación para PC Logo!Soft Comfort que sirve para crear los programas para el módulo lógico ofrece en su nueva versión 4.0 más funciones y su manejo ha sido simplificado aún más. El usuario puede mover simplemente con el ratón los bloques; las funciones se interconectan sin necesidad de cambiar a la herramienta de interconexión. Para una mejor identificación hasta 64 bloques pueden ahora también recibir, además del número de identificación, comentarios textuales. Para procesar valores analógicos se han incorporado ahora tres nuevas funciones, al igual que la función "registro de desplazamiento". También se han ampliado las posibilidades de simulación. Por ejemplo es posible simular de forma online el módulo lógico conectado y para simular offline la hora, por ejemplo, de un programador horario semanal, ya no es necesario reajustar el reloj interno del PC. También se ha extendido la funcionalidad de documentación, que incluye todas las informaciones necesarias para un proyecto.

4.1.1.2 Características del Logo. Lo primero que llama la atención del LOGO! es su tamaño, cualquiera de sus modelos, largo o corto, permiten ser alojados en cualquier armario o caja con raíl DIN normalizado. Por lo tanto son ideales para solucionar pequeños problemas de automatismos en instalaciones domésticas donde un autómatas puede parecer un exceso.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, con las 6 teclas que están situadas en su frontal. La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc., se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica.

La intensidad permanente en los bornes de salida varía según el modelo, siendo en todos los casos inferior a 10 A, por lo tanto si el poder de corte que necesitamos es mayor, están disponibles unos contactores auxiliares, a 24 ó 230V, de hasta 25A, que puede ser alojado directamente en el raíl del cuadro de protección.

El modelo LOGO! 230 RLB dispone de una entrada para el bus ASI (Interface Actuator Sensor) y puede conectarse como esclavo junto a un autómatas de la serie S7-200.

Todos los modelos de LOGO! permiten ser conectados a un PC con un cable especial que distribuye la propia Siemens. Curiosamente este cable cuesta tanto como los Logo! más económicos.



La programación se realiza en un lenguaje gráfico de puertas lógicas. Apreciaran el parecido con el modo FUP de los autómatas S5.

Las funciones básicas (and, or, nand, nor, etc...) son idénticas en todos lo modelos. La funciones especiales, como relojes, temporizadores, etc, están limitadas en alguno de los modelos de gama baja, por lo tanto se hace imprescindible consultar las características para saber si el Logo! adquirido puede realizar lo que teníamos previsto.

Existen 3 modos de funcionamiento:

- ▶ Modo programación - Para elaborar el programa
- ▶ Modo RUN - Para poner en marcha el Logo!
- ▶ Modo parametrización - Para modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, computo, relojes, etc.

El modo parametrización resulta muy interesante ya que permite al usuario realizar los ajustes de la instalación sin modificar el programa.

El programador, en modo programación, decidirá cuales son los parámetros que el usuario pueda cambiar. Es decir que si desea que el tiempo de un temporizador no sea modificado, se puede configurar dicho bloque para que no esté disponible en la parametrización. El software de programación para PC es el LogoSoft permite la programación de forma gráfica sobre un determinado modelo de LOGO!.

Las principales ventajas que aporta este software con respecto a la programación directa en el aparato son:

- ▶ Permite imprimir y visualizar los esquemas programados.



- ▶ Permite la simulación, de forma gráfica, para comprobar el funcionamiento del circuito sin estar conectado al LOGO! Las entradas se pueden definir como pulsadores o interruptores.
- ▶ Los pequeños cartuchos de memoria EEPROM pueden ser programados directamente con el PC en conexión directa con el cable.
- ▶ Los programas se pueden almacenar en disco en formato de fichero.
- ▶ Las entradas y salidas tienen la posibilidad de etiquetarse con comentarios.
- ▶ La Ayuda es un estupendo manual de usuario en el que podemos aclarar cualquier duda de programación. Incluyendo las características técnicas de todos los modelos de LOGO! disponibles en la actualidad

Figura 10. Estructura Lógica de funcionamiento del PLC.

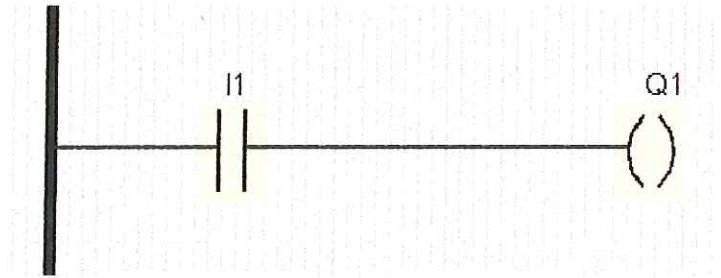


*Archivo de los Autores*

4.1.1.3 Direccionamiento de Entradas Y Salidas. Como existen gran cantidad de I/O y estas pueden estar alojadas en diferentes módulos, nace la necesidad de indicarle a la CPU, mediante nuestro programa, la referencia exacta de la entrada o salida con la que queremos interactuar. Al mecanismo de identificación de I/O en los PLC se le denomina direccionamiento de entradas y salidas.

El direccionamiento de I/O varía de marca en marca, inclusive de modelo en modelo en los PLC, pero generalmente, la mayoría de los fabricantes adopta una terminología que tiene relación con la ubicación física de la I/O.

Figura 11. Direccionamiento de Entradas y Salidas (Logo Siemens)

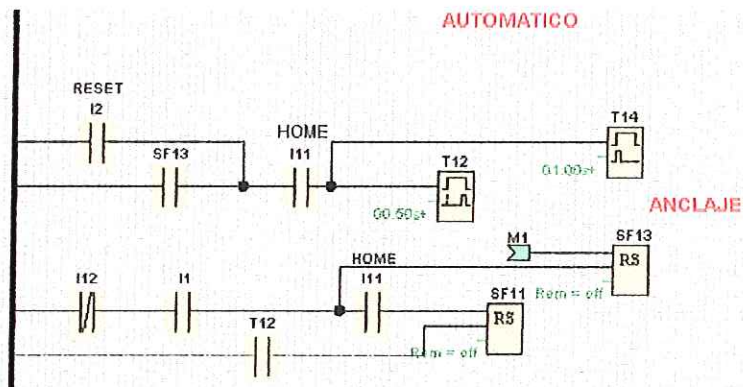


*Archivo de los Autores*

4.1.1.4 Lógica de Programación (Logo Siemens). Un esquema de escalera o de contactos está constituido por varias líneas horizontales que contienen símbolos gráficos de prueba ("Contactos") y de acción ("Bobinas"), que representan la secuencia lógica de operaciones que debe realizar el PLC.

La programación en escalera de alguna forma se ha ido normalizando y ya casi la mayoría de los fabricantes presentan y programan sus PLC en formatos muy parecidos.

Figura 12. Programación en escalera

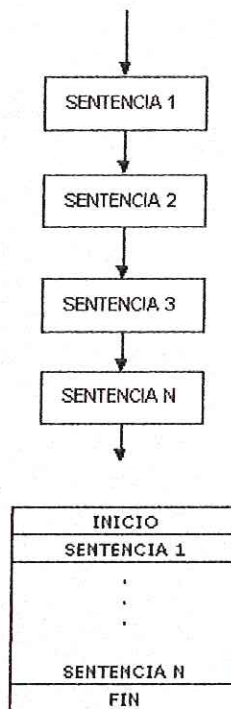


*Archivo de los Autores*

## 4.2 CONTROL SECUENCIAL

Denominado también control lógico o control binario. En los sistemas de control secuencial las entradas y las salidas son de tipo binario y determinan una serie de pasos para la operación de un proceso.

Figura 13. Diagrama Secuencial

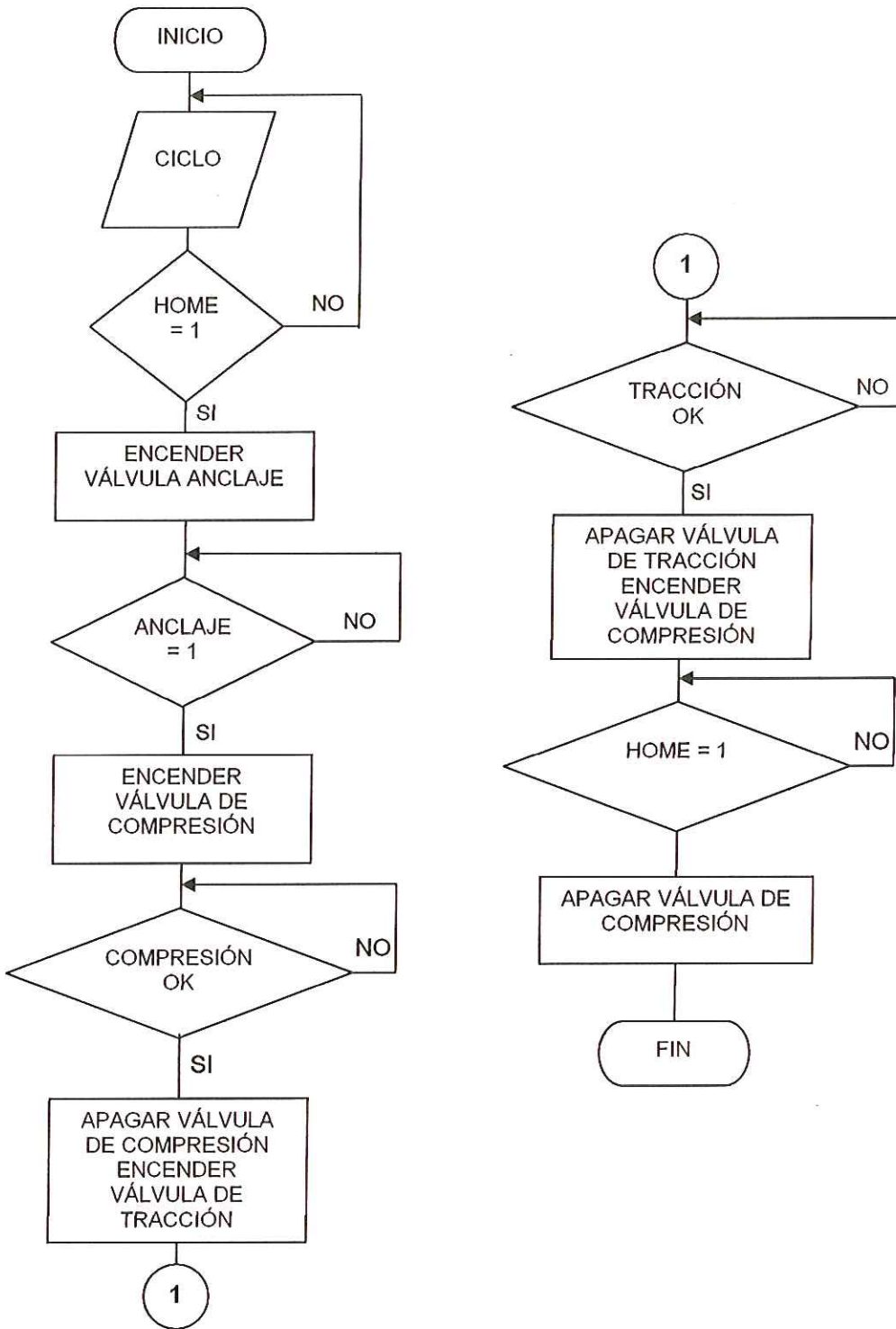


*Archivo de los Autores*

Las entradas por lo general son: pulsadores, interruptores, micro interruptores, fines de carrera o detectores de proximidad. Las salidas pueden ser: Válvulas solenoides, cilindros neumáticos, contactores para arranque y parada de motores, pilotos de señalización, alarmas, etc.



Figura 14. Diagrama de Flujo para Control Secuencial Prensa Barmag.



Archivo de los Autores

Cuando el sistema de control secuencial es pequeño se realiza con circuitos digitales combinatorios y secuenciales. Cuando es grande, como es el caso de estudio, se realiza con PLC's (Controladores Lógicos Programables), microcomputadores, microprocesadores especiales para control secuencial y por software en PC.

## 5. SENSORES

Los sensores son un componente crucial a cualquier automatizada. Los cuales entregan información sobre ésta y sus alrededores. El programa que recibe estos datos decide que hacer basándose en una serie de instrucciones que han sido predispuestas por el programador.

### 5.1 CLASIFICACIÓN

5.1.1 Tipo de Señal de Entrada. Los sensores pueden ser clasificados dependiendo del tipo de señal al cual responden.

5.1.1.1 Mecánica. Ejemplos: longitud, área, volumen, masa, flujo, fuerza, torque, presión, velocidad, aceleración, posición, acústica, longitud de onda, intensidad acústica.

5.1.1.2 Térmica. Ejemplos: temperatura, calor, entropía, flujo de calor.

5.1.1.3 Magnética. Ejemplos: intensidad de campo, densidad de flujo, momento magnético, permeabilidad.

5.1.1.4 Radiación. Ejemplos: intensidad, longitud de onda, polarización, fase, reflectancia, transmitancia, índice de refractancia.

5.1.1.5 Química. Ejemplos: composición, concentración, oxidación/potencial de reducción, porcentaje de reacción, PH.

5.1.1.6 Eléctrica. Ejemplos: voltaje, corriente, carga, resistencia, inductancia, capacitancia, constante dieléctrica, polarización, campo eléctrico, frecuencia, momento bipolar.

5.1.2 Señal Entregada. Los sensores pueden ser clasificados dependiendo del tipo de señal que entregan.



5.1.2.1 Digitales. Son aquellos que frente a un estímulo pueden cambiar de estado ya sea de cero a uno o de uno a cero (hablando en términos de lógica digital) en este caso no existen estados intermedios y los valores de tensión que se obtienen son únicamente dos, 5V y 0V (o valores muy próximos).

5.1.2.2 Analógicos. La gran mayoría de sensores entregan su señal de manera continua en el tiempo. Son ejemplo de ellos los sensores generadores de señal y los sensores de parámetros variables.

5.1.3 Naturaleza de la Señal Eléctrica Generada. Los sensores pueden ser clasificados dependiendo del tipo de señal que entregan.

5.1.3.1 Sensores Pasivos. Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (de resistencia variable, de capacidad variable, de inductancia variable).

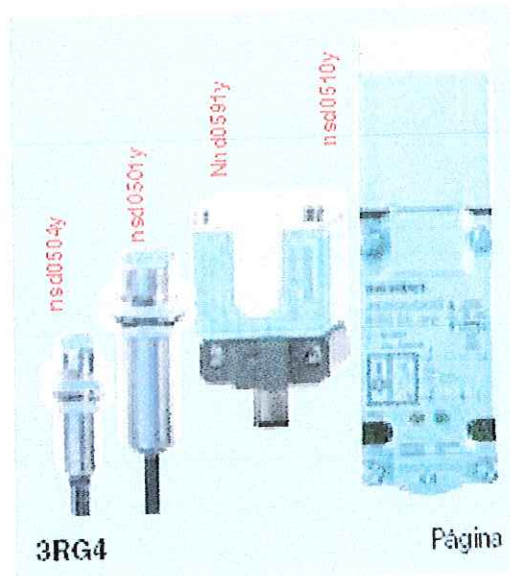
5.1.3.2 Sensores Activos o Generadores de Señal. Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuente alguna de alimentación. Ejemplo: sensores piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.

## 5.2 TIPOS DE SENSORES

5.2.1 Sensores Inductivos. Los sensores inductivos tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza sensora (bobina o electrodo), por ello a mayor diámetro, mayor distancia máxima; en relación a la distancia real de accionamiento  $S_n$  dependerá de la temperatura ambiente y de la tensión nominal y se sitúa dentro del +/- 10% de la distancia nominal  $S_n$ .

Los sensores inductivos poseen una zona activa próxima a la sección extrema del inductor, que está estandarizada por normas para distintos metales. Esta zona activa define la distancia máxima de captación o conmutación  $S_n$ . La distancia útil de trabajo suele tomarse como de un 90% de la de captación:  $S_u = 0.9 \times S_n$ .

Figura 15. Sensores Inductivos



Tomado de la PAGINA <URL: <http://www.siemens.com.ar>>

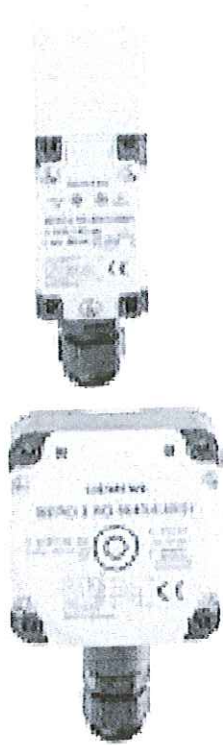
La técnica actual permite tener un alcance de hasta unos 100 mm en acero. El alcance real debe tomarse en cuenta, cuando se emplea el mismo sensor en otros materiales. Ejemplo: Para el Acero Inoxidable debe considerarse un 80% de factor de corrección, para el Aluminio un 30 % y para el cobre un 25%.

La distancia de operación también depende si el sensor es blindado o no. Los sensores blindados están contruidos con un anillo de protección alrededor del núcleo. Este tipo de sensor concentra el campo electromagnético en la parte delantera de la cara frontal del sensor. En los sensores inductivos no blindados no existe el anillo metálico alrededor, por lo tanto, el campo no está concentrado sobre la parte delantera del sensor, estas configuraciones permiten un 50% más de rango de sensado que en un sensor blindado del mismo tamaño.

5.2.2 Sensores Capacitivos. Los sensores capacitivos al igual que los inductivos tienen una distancia máxima de accionamiento, que depende en gran medida del área de la cabeza sensora (bobina o electrodo), por ello a mayor diámetro, mayor distancia máxima.

Poseen una zona activa próxima a la sección extrema similar a los inductivos, que define la distancia máxima de captación o conmutación  $S_m$ . La distancia útil de trabajo suele tomarse como de un 90% de la de captación.

Figura 16. Sensor Capacitivo



Tomado de la PAGINA <URL: <http://www.siemens.com.ar>>

5.2.3 Sensores Fotoeléctricos. En los sensores fotoeléctricos la distancia nominal de detección varía de acuerdo al sensor.

Figura 17. Sensor Fotoeléctrico



Tomado de la PAGINA <URL: <http://www.siemens.com.ar>>



5.2.3.1 Sensores de Barrera. Cuando existe un receptor y un emisor apuntados uno al otro. Tiene este método el más alto rango de detección (hasta unos 60 m).

5.2.3.2 Sensores Reflex. Cuando la luz es reflejada por un reflector especial cuya particularidad es que devuelve la luz en el mismo ángulo que la recibe (9 m de alcance).

5.2.3.3 Sensores Auto Reflex. Cuando el emisor tiene un lente que polariza la luz en un sentido y el receptor otro que la recibe mediante un lente con polarización a  $90^\circ$  del primero. Con esto, el control no responde a objetos muy brillantes que pueden reflejar la señal emitida (5m de alcance).

5.2.3.4 Sensores de Foco Fijo. Cuando la luz es reflejada difusamente por el objeto y es detectado por el hecho de que el transmisor y el receptor están estereoscópicamente acoplados, evitando con ello interferencia del fondo (3.5 m de alcance).

5.2.3.5 Sensores de Detección Difusa. Iguales a los anteriores pero los lentes son divergentes, y se usan para detectar objetos muy próximos (1.5 m de alcance).

5.2.3.6 Sensores de Fibra Óptica. En este tipo, el emisor y receptor están contruidos en una caja que puede estar a varios metros del objeto a sensor. Para la detección emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el pequeño volumen o espacio ocupado en el área de detección.

5.3.3 Sensores Ultrasónicos. Los sensores ultrasónicos tienen una zona ciega inherente ubicada en la cara de detección. El tamaño de la zona ciega depende de la frecuencia del transductor. Los objetos ubicados dentro de la zona ciega no se pueden detectar de manera confiable.

Figura 18. Sensor Ultrasónico



Tomado de la PÁGINA <URL: <http://www.siemens.com.ar>>

Se deben tener en cuenta ciertas características de los objetos cuando se usan sensores ultrasónicos. Estas incluyen la forma, el material, la temperatura, el tamaño y la posición del objeto, ya que de ellas dependen que éste devuelva el eco más fuerte posible.

La forma ideal del objeto es una superficie lisa y plana. También pueden detectarse objetos redondos o dispares pero se reducirán las distancias de detección y/o los voltajes de salida analógica. Los materiales suaves tales como telas o caucho esponjoso son difíciles de detectar por la tecnología ultrasónica difusa porque no refleja el sonido adecuadamente.

## **6. HIDRÁULICA**

### **6.1 INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA**

La hidráulica, es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. La hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas. Su fundamento es el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo.

### **6.2 DEFINICIÓN**

Un fluido es una sustancia que se deforma continuamente cuando se le aplica un esfuerzo tangencial por pequeño que sea. Fluidos son líquidos y gases. Los líquidos se diferencian de los gases por la fluidez y menor movilidad de sus partículas y porque ocupan un volumen determinado, separándose del aire mediante una superficie plana.

La Hidráulica es la parte de la Mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos con aplicación a los problemas de naturaleza práctica. Se estudian los líquidos como si fueran fluidos perfectos (homogéneos, no viscosos e incompresibles) y se les aplican las leyes de la Mecánica, corrigiendo las fórmulas con coeficientes determinados empíricamente para que se ajusten a la realidad.

Por lo tanto, la Hidráulica es una ciencia aplicada y semiempírica.

### **6.3 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS LÍQUIDOS**

Los líquidos son sistemas deformables constituidos por un número infinito de puntos materiales aislados, infinitesimales. Se trata de sistemas continuos donde



no existen “espacios vacíos” dentro de la masa. Desde el punto de vista de la Mecánica cabe destacar las siguientes propiedades fundamentales de los líquidos:

**Isotropía:** Se conocen como isótropos a las sustancias cuyas propiedades son idénticas en cualquier dirección.

**Movilidad:** Carencia de forma propia. Aptitud para adoptar cualquier forma, la del recipiente que los contiene.

**Viscosidad:** Propiedad por la que el líquido ofrece resistencia a los esfuerzos tangenciales que tienden a deformarlo.

**Compresibilidad:** Propiedad por la cual los líquidos disminuyen su volumen al estar sometidos a incrementos de presión positivos. En los líquidos esta disminución es muy pequeña, es decir, son poco compresibles.

Los líquidos que tienen las propiedades de isotropía, movilidad, incompresibilidad y no viscosos se llaman líquidos perfectos. Un líquido (fluido) perfecto no existe en la Naturaleza. En los líquidos existe, en la realidad, una atracción molecular, especie de cohesión, que es la viscosidad, y que expresa la resistencia del líquido a dejarse cortar o separar.

6.3.1 Viscosidad. Los fluidos no pueden considerarse siempre como perfectos debido a su viscosidad. Se considera la lámina de fluido compuesta por infinitas capas paralelas, y la experiencia muestra que los fluidos oponen resistencia a ser deformados, es decir, a que cada lámina deslice sobre sus inmediatas, ya que al moverse una porción de fluido respecto a otra se originan fuerzas tangenciales que en algunos casos no pueden despreciarse. Se dice entonces que el líquido es viscoso y el fenómeno se denomina viscosidad. La viscosidad expresa la resistencia del líquido a dejarse cortar o separar. Por ejemplo, un avión o un submarino se mueven con esfuerzo porque han de deformar, respectivamente, el aire o el agua que los envuelve. Se llama viscosidad dinámica o simplemente viscosidad ( $\mu$ ) de un fluido a la resistencia que éste opone a su deformación, o dicho de otro modo, a que las láminas de fluido deslicen entre sus inmediatas. Para una misma deformación, distintos fluidos oponen resistencias diferentes, es decir, la viscosidad es una propiedad de los mismos.

## 6.4 ACTUADORES HIDRÁULICOS

6.4.1 Cilindros. Los cilindros son actuadores lineales. Por lineal queremos decir que el trabajo de un cilindro se realiza en línea recta.

6.4.1.1 Cilindro Tipo Buzo. Quizás sea el actuador más sencillo de todos. Existe solo una cámara para el fluido y puede ejercer fuerza en una dirección. La mayoría de estos cilindros se monta verticalmente y el retorno se efectúa por acción de la gravedad. Son adecuados para aplicaciones que requieren carreras largas tales como elevadores y gatos para levantar automóviles.

Figura 19. Cilindro Tipo Buzo



Tomado de la PÁGINA <URL: [http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados\\_hidraulica/cilindro.htm#2](http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados_hidraulica/cilindro.htm#2)>

6.4.1.2 Cilindro Tipo Telescópico. Se utiliza un cilindro telescópico cuando su longitud comprimida tiene que ser menor que la que se obtiene con un cilindro estándar. Pueden utilizarse hasta cuatro o cinco camisas. La mayoría de estos cilindros son de simple efecto pero también los hay disponibles de doble efecto.

Figura 20. Cilindro Tipo Telescópico



Tomado de la PÁGINA <URL: [http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados\\_hidraulica/cilindro.htm#2](http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados_hidraulica/cilindro.htm#2)>

6.4.1.3 Cilindro Estándar de Doble Efecto. Se denomina así por que es accionado por el fluido hidráulico en ambos sentidos, lo que significa que puede ejercer fuerza en cualquiera de los dos sentidos del movimiento. Se clasifica también como cilindro diferencial por poseer áreas desiguales, sometidas a la presión, durante los movimientos de avance y retorno. Esta diferencia de áreas es debida al área del vástago. En estos cilindros el movimiento de avance es más lento que el de retorno, pero pueden ejercer una fuerza mayor.

Figura 21. Cilindro Estándar de Doble Efecto



Tomado de la PÁGINA <URL: [http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados\\_hidraulicos/cilindro.html#2](http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados_hidraulicos/cilindro.html#2) >

6.4.1.4 Cilindros de Doble Vástago. Se utilizan donde es ventajoso acoplar una carga a cada uno de los extremos del vástago aun cuando sea necesario que la velocidad en los dos sentidos de movimiento sea la misma. Son también cilindros de doble efecto pero no diferenciales.

Figura 22. Cilindros de Doble Vástago



Tomado de la PÁGINA <URL: [http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados\\_hidraulicos/cilindro.html#2](http://www.iaf.es/enciclopedia/mecanizados_hidraulicos/cilindro.html#2) >

## 6.5 VÁLVULAS HIDRÁULICAS

6.5.1 Válvulas Solenoides Hidráulicas. Las necesidades crecientes que se presentaran y que se siguen presentando en el campo de la automatización industrial en cuanto hace a la fabricación de maquinarias, dispositivos y diversos elementos accionados hidráulicamente, y la extrema de sencillez con que se pueden diseñar circuitos eléctricos que funcionan automáticamente comandados desde sencillos microcontactos fin de carreras, microcontactos temporizadores,



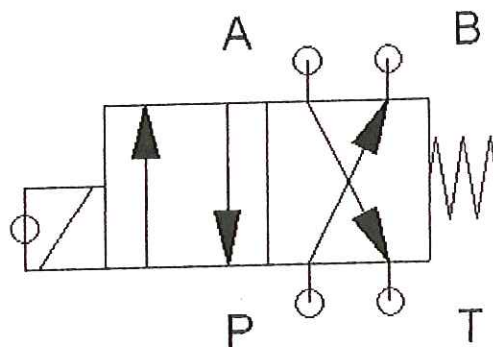
hasta los modernos programadores lógicos programables (PLC's) han hecho pensar a los Ingenieros Proyectistas hace algunas décadas atrás lo útil que resultaría comandar circuitos hidráulicos vía automatizaciones eléctricas.

Ello determinó en su momento la creación de la válvula de control direccional accionada por solenoides y/o electroimanes, y, actualmente, este tipo de válvulas es el elemento indispensable para comandar cualquier máquina hidráulica, automática a no, por medio de cualquier tipo de accionamiento eléctrico y/o electrónico.

Las válvulas que a continuación estudiaremos, son las más populares en el campo de válvula de control direccional de flujo hidráulico accionados eléctricamente.

6.5.2 Válvulas Hidráulicas de Cuatro Vías, Operadas Eléctricamente. En la Figura 23 vemos una válvula directamente accionada por solenoide, que es aquella en la cual el elemento motriz para accionar la corredera deslizante es únicamente un electroimán o un solenoide.

Figura 23. Válvulas Hidráulicas de Cuatro Vía



*Archivo de los Autores*

La acción de este, cuando se encuentra energizado, se traduce en un empuje o una tracción de la corredera. En la figura anterior tenemos una válvula de cuatro vías, dos posiciones, de retorno por la acción de un resorte antagonista, y accionada por el electroimán dibujado al costado izquierdo de la válvula. Cuando se energiza el solenoide la corredera es empujada por la acción de este hacia la derecha. La corriente eléctrica debe ser mantenida sobre el solenoide para que este a su vez mantenga a la corredera empujada totalmente hacia la izquierda. Cuando se corta la corriente nueva y el solenoide se desenergiza, el resorte empuja enérgicamente a su vez a la corredera hacia la derecha dejando la válvula en la condición de inicio.

6.5.3 Válvulas de Cuatro Vías, Operadas por Piloto Hidráulico. Cuando por las dimensiones presentes en grandes válvulas destinadas a manejar caudales de consideración, los esfuerzos físicos de un operador para accionar manualmente la válvula no son suficientes, entonces la corredera de la misma se acciona valiéndose de un agente intermedio que alivia el esfuerzo físico del operador.

Esto generalmente se logra con la misma presión del circuito, la cual, mediante dispositivos adecuados que posee la misma válvula, acciona pequeños pistoncitos, los cuales a su vez empujan la corredera en un sentido y hacia el extremo deseado de la válvula sin ningún esfuerzo físico por parte del operador.

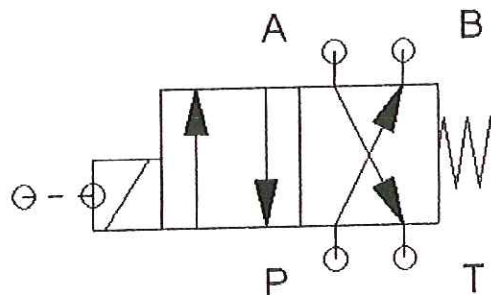
Se dice entonces que la válvula está accionada por piloto hidráulico.

Cuando el control direccional del piloto hidráulico se logra con el concurso de una pequeña válvula auxiliar accionada por solenoide, la cual sirve para manejar la válvula grande entonces ésta toma el nombre de: válvula accionada por piloto eléctricamente controlada.

Estas válvulas se construyen para medidas de tuberías desde 3/4" para adelante, o 3/4", 1", 1 1/2" (a veces 1 1/4"); 2", 2 1/2", 3" y 4". Indudablemente todas ellas son comandadas por una válvula "piloto", de simple o doble solenoide.

Las válvulas controladas por solenoide y operadas por piloto hidráulico, (ver Figura 24) tienen algunas importantes ventajas respecto de las válvulas directamente operadas por solenoide.

Figura 24. Válvulas de Cuatro Vías Operadas por Piloto Hidráulico



*Archivo de los Autores*

## 7. GENERALIDADES DE LOS EJES HOMOCINÉTICOS

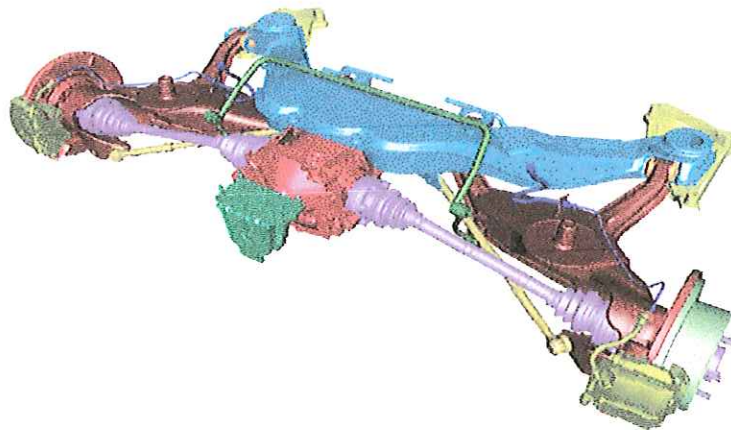
La línea de Ejes Homocinéticos, como su nombre lo indica, se encarga del ensamble de los diferentes ejes homocinéticos

### 7.1. DEFINICIÓN DEL EJE HOMOCINÉTICO

La palabra homocinético proviene del griego homo (igual) y cinético (movimiento), el cual une la caja de cambios con las ruedas delanteras del automóvil, transmitiendo la fuerza y el movimiento del motor, sin fluctuaciones bruscas de alteración de la caja de velocidades a las ruedas delanteras del automóvil.

En los automóviles con tracción delantera el eje diferencial y el cardan fueron sustituidos por ejes homocinéticos.

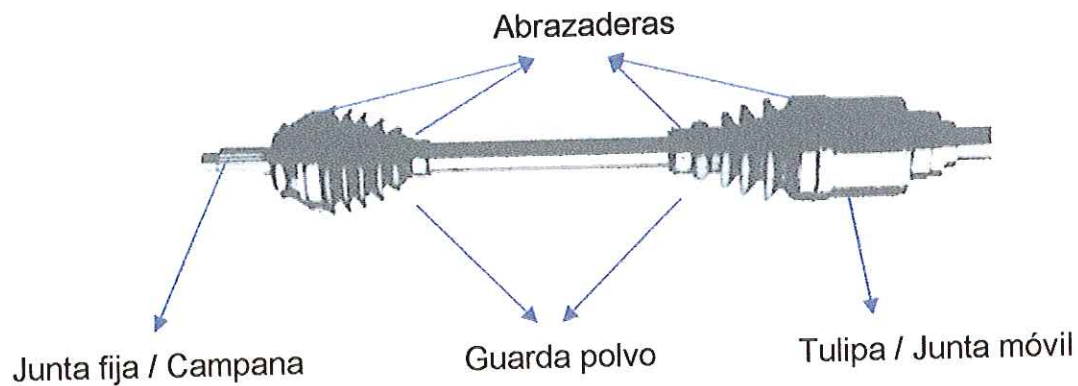
Figura 25. Ejes Homocinéticos en Suspensión Delantera





## 7.2. COMPONENTES DEL EJE HOMOCINÉTICO

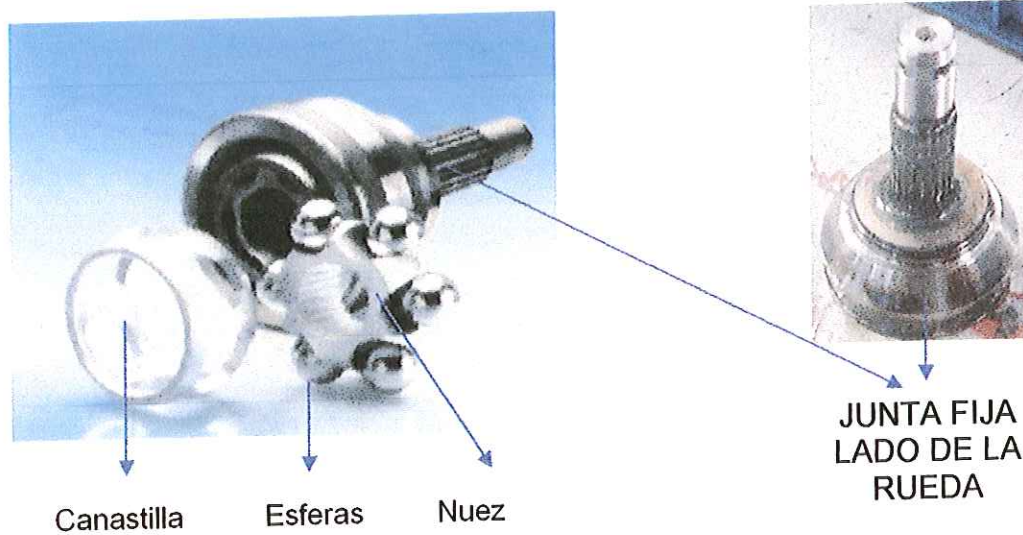
Figura 26. Eje homocinético



*Archivo Área Comercial Ventas y Reposición*

7.2.1 Junta Fija. Parte del eje homocinético que va conectada a la rueda, de gran eficiencia y angularidad. La facilidad y sencillez de su mantenimiento la hace flexible en aplicaciones automotrices.

Figura 27. Junta Fija y Componentes



*Archivo Área Comercial Ventas y Reposición*

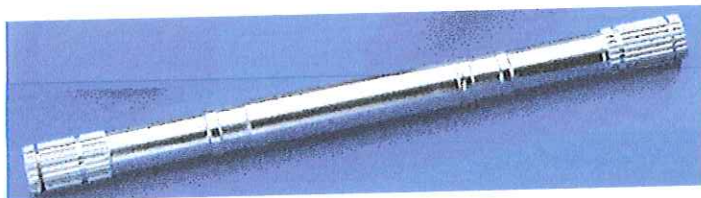
El ensamble de las esferas junto con la nuez y la canastilla se realiza por medio de un dispositivo Poka Yoke situado en la línea de Ejes Homocinéticos.

7.2.1.1 Descripción del Proceso de Ensamble. Ver anexo E

7.2.2 Intereje. Parte del eje homocinético que une la Junta Fija con la Tulipa. Es una barra de acero inoxidable que tiene a lo largo de su cuerpo diferentes diámetros y en sus extremos estrías y ranuras de acuerdo las especificaciones del plano que le permiten unirse a la Junta Fija y la Tulipa.

Esta barra es sometida a tratamientos térmicos que le brindan una dureza en la sección superficial con el fin de soportar esfuerzos residuales de compresión. La unión del Intereje con la Junta Fija se realiza por la nuez, y con la Tulipa se da por el trípode.

Figura 28. Intereje

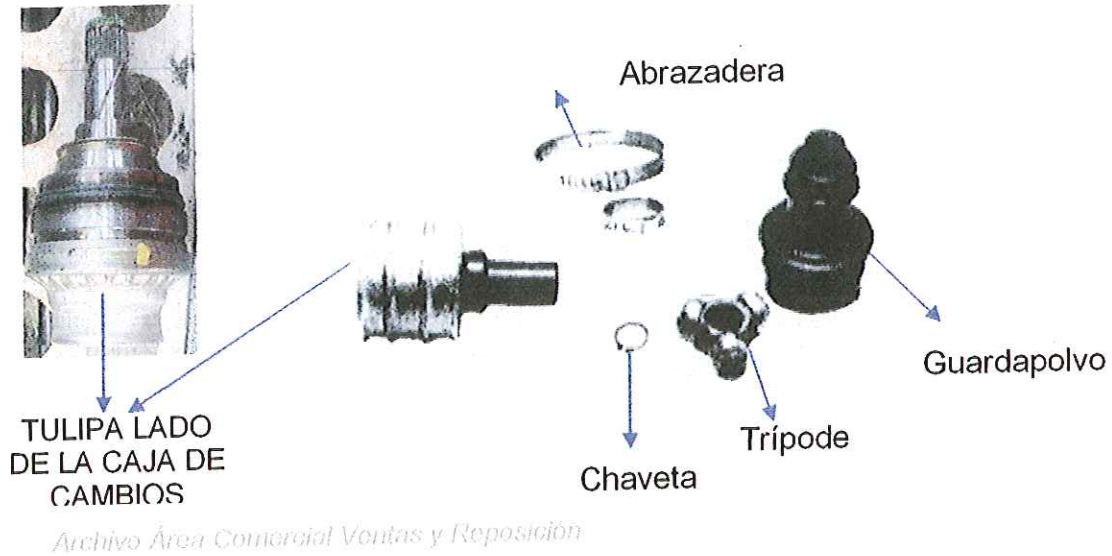


INTEREJE

*Archivo Área Comercial Ventas y Reposición*

7.2.3 Tulipa o Junta Móvil. Parte del eje homocinético que va conectada al motor. Este componente transmite la fuerza generada por la caja y la transforma en movimiento de rotación hacia el Intereje para que sea entregada a las ruedas delanteras del automóvil. Son diseñadas para compensar la variación de la longitud de los ejes donde son instaladas, estas Juntas permiten el desplazamiento axial cuando están trabajando anguladas (hasta 22°).

Figura 29. Tulipa y Componentes



La prueba del ensamble de los rodamientos al trípode se realiza por medio de un dispositivo Poka Yoke situado en la línea de Ejes Homocinéticos.

7.2.3.1 Prueba del Ensamble. Ver anexo F

### 7.3 VENTAJAS DEL EJE HOMOCINETICO

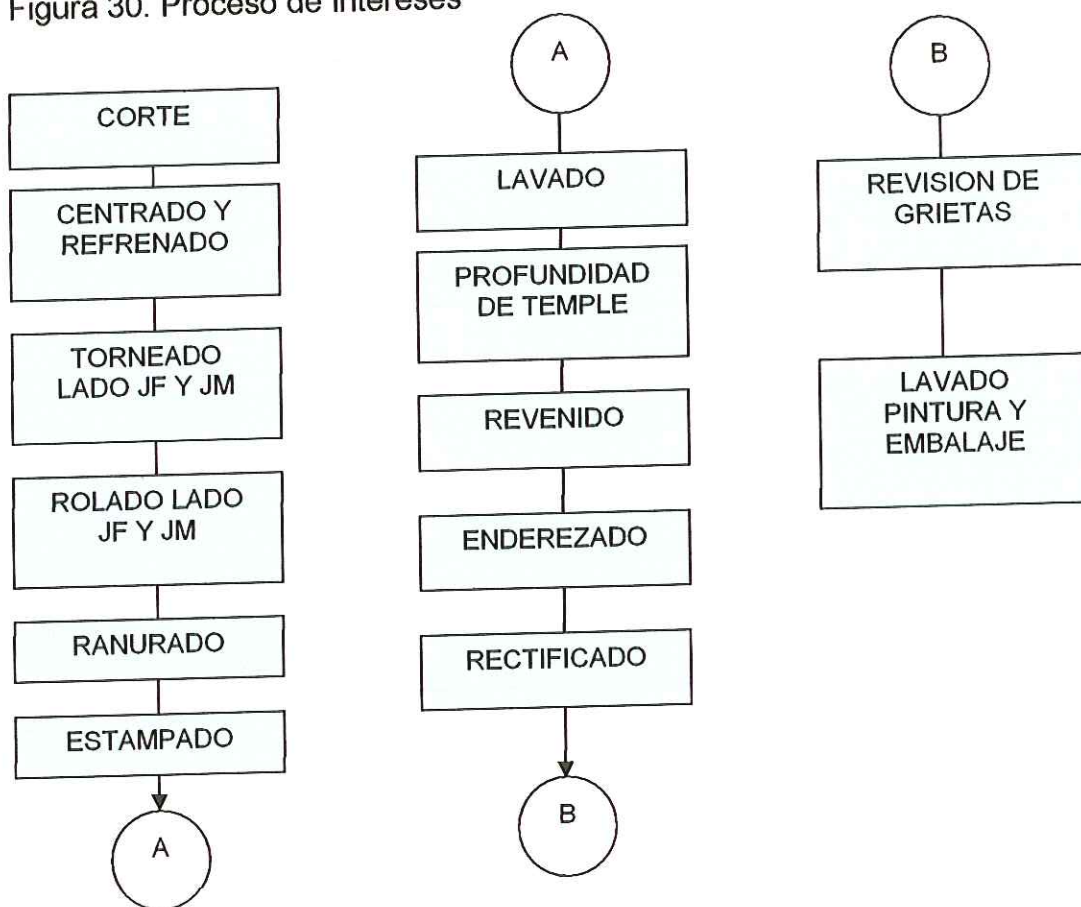
El diseño tradicional de junta universal o cruceta para transmitir fuerza y movimiento, presenta muchos problemas debido a las variaciones de velocidad angular entre los ejes de entrada y salida simultáneamente como aumenta el ángulo de trabajo entre ellos. Por el contrario, las juntas homocinéticas eliminan este problema debido a que permiten mayores ángulos de funcionamiento, así como los diferentes radios de giro en vehículos de tracción delantera. Por su estructura física pueden ser de menor tamaño que las juntas universales.



## 7.4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

7.4.1 Proceso de Mecanizado de Interejes. El intereje es mecanizado a partir de varillas de acero de diferentes diámetros y composiciones (AISI SAE 1045, 1050, 1552), cuyo principal proveedor es SIDELPA. En esta línea se mecanizan gran variedad de aplicaciones de interejes tanto derechos como izquierdos de acuerdo a los diferentes modelos y marcas de autos.

Figura 30. Proceso de Intereses



*Archivo Área Comercial Ventas y Reposición*

7.4.2 Proceso de Mecanizado de Juntas Fijas. Las piezas son mecanizadas a partir de piezas forjadas con materia prima, de acero SAE 1050, traídas en su mayoría de Brasil, Méjico, Estados Unidos, entre otros.

Figura 31. Proceso de Junta fija



Archivo Área Comercial Ventas y Reposición

7.4.3 Proceso de Mecanizado de Tulipas. Las tulipas son mecanizadas a partir de piezas forjadas de acero SAE 1045 traídas de Argentina y España. En esta línea se producen piezas de diferentes formas que están clasificadas genéricamente como macho y hembra, el macho es aquella que tiene vástago en la parte central y hembra aquella que tiene un orificio en la parte central.

Figura 32. Proceso de Tulipa



*Archivo Área Comercial Ventas y Reposición*

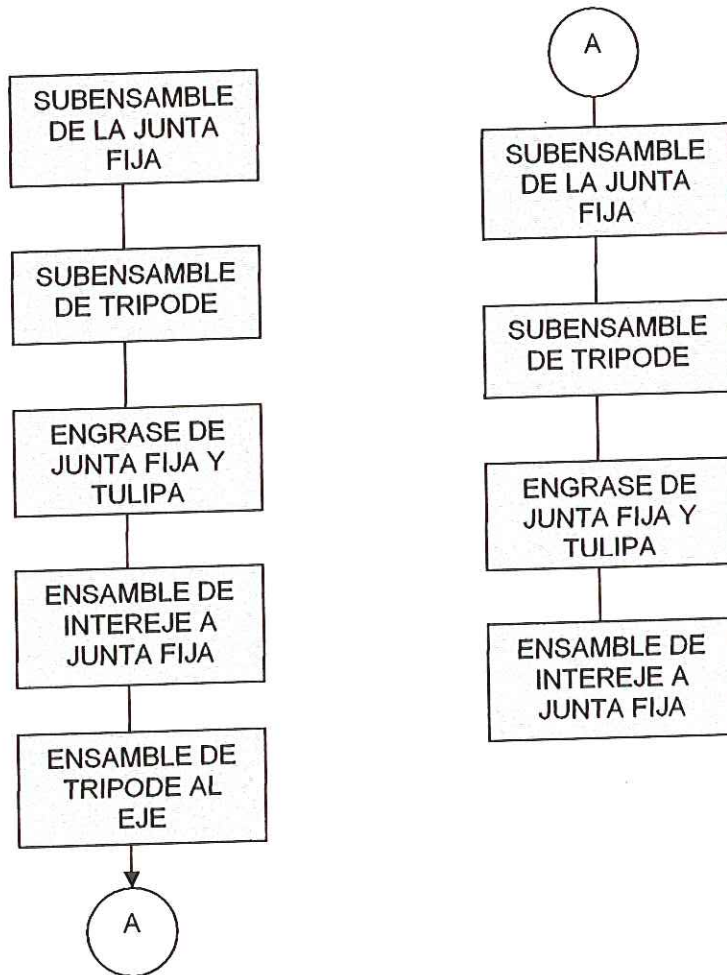


## 7.5 PROCESO DE ENSAMBLE DE EJE HOMOCINETICO

Los componentes nombrados anteriormente son mecanizados en diferentes líneas de proceso. En la línea de ejes Homocinéticos, se hacen los subensambles de las partes del eje, y el ensamble final del eje. La prensa Barmag es utilizada en el ensamble de Ejes Homocinéticos para Chevrolet Corsa y para Kits de reposición.

A continuación se mostrara en forma general el proceso de ensamble de los Ejes Homocinéticos.

Figura 33. Ensamble de Ejes Homocinéticos



## 8. PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN Y ADECUACIÓN DE LA PRENSA BARMAG

Figura 34. Prensa Barmag



*Foto original de los autores*

### 8.1 PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

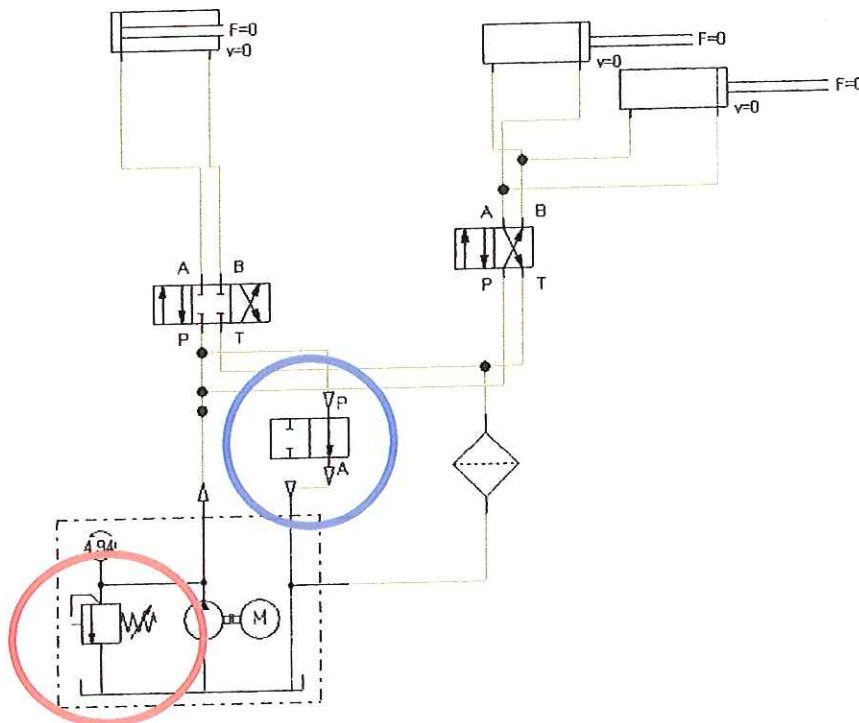
8.1.1 Sistema Hidráulico. Se plantearon dos alternativas para la solución del sobrecalentamiento.

8.1.1.1 Primera Solución. Cambio de la válvula para el control de la Tracción y Compresión, de centro cerrado a centro tandem, lo que permitiría que la válvula de alivio solo se activara durante el proceso, evitando así el sobrecalentamiento. Esta solución fue descartada debido a que la comunicación continua con tanque generada por la válvula evitaba que se acumulara la suficiente presión en el circuito hidráulico para activar los pistones de anclaje.

8.1.1.2 Segunda Solución. Crear un "by pass" utilizando una válvula 2/2 normalmente abierta, lo que permite una comunicación con tanque cuando la prensa no se encuentra realizando el ciclo de prueba, cerrándose durante el proceso de prueba (ver figura 35).

Esta fue la solución implantada, ya que evitaba el sobrecalentamiento y no presentaba la caída de presión en el circuito que se registraba con la solución uno.

Figura 35. Sistema hidráulico implementado en el proyecto.

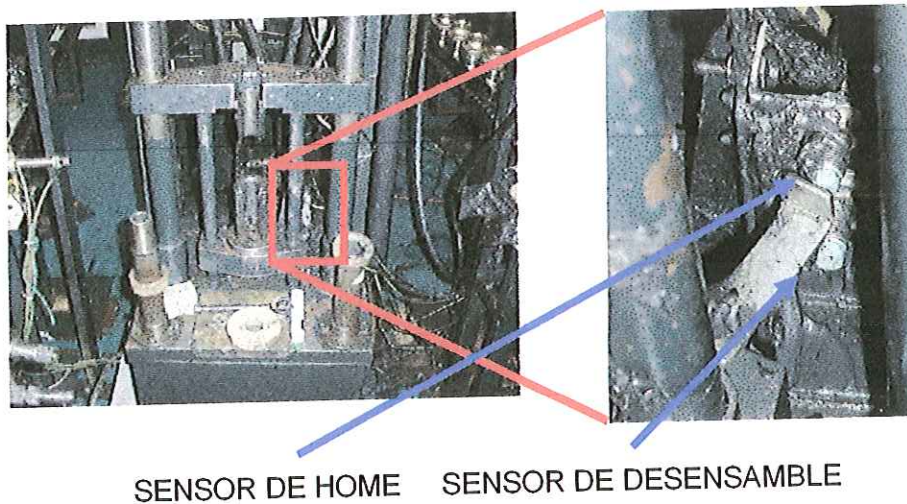


*Simulación realizada por los autores*



8.1.2 Prueba de Tracción (desensamblaje de eje). Se optó por la implementación de un sensor inductivo, situado en el bloque inferior de la Prensa (ver figura 36), y su vez programada para enviar señal a una ayuda visual instalada en el panel de control que indica al operario que el eje está mal ensamblado.

Figura 36. Sensores de Home y de Desensamblaje



*Foto original de los autores*

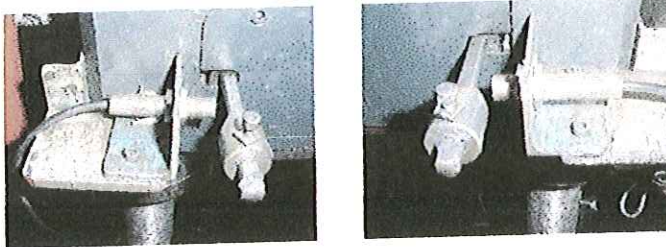
Para la implementación del sensor se escogió un inductivo marca Siemens de referencia 3RG40 22-0KB00, que tiene un contacto normalmente abierto, distancia de operación de 4 mm., ya que se estimó que es una distancia prudente para proteger el sensor contra golpes, con un rango de voltajes de operación de 20 – 265 V AC. (Anexo G)

8.1.3 Posición de inicio de trabajo. Se optó por la implementación de un sensor inductivo, situado en el bloque inferior de la Prensa (ver figura 36), y su vez programada para ubicar el bloque en una posición estándar definida.

Se utilizó un sensor con las mismas características al utilizado en Prueba de tracción (desensamblaje de eje). (Anexo G)

8.1.4 Dispositivos de Anclaje. Se utilizaron dos sensores inductivos, ubicados en el bloque superior de la prensa, los cuales detectan el momento en que la pieza esta anclada y en condición de realizar el ciclo, en caso de no ser detectado el anclaje no permite la realización de la prueba, ya que es una condición de inicio del ciclo.

Figura 37. Sensores de Anclaje

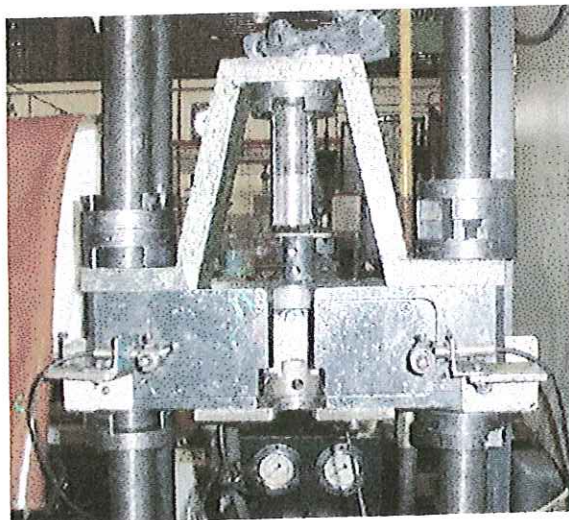


### SENSORES DE ANCLAJE

*Foto original de los autores*

Para la implementación de los sensores se escogieron dos inductivos marca Siemens de referencia 3RG40 12-0KB00 que tiene un contacto normalmente abierto, distancia de operación de 2 mm., ya que se estimo que es una distancia prudente para proteger los sensores contra golpes, con un rango de voltajes de operación de 20 – 265 V AC. (Anexo H)

Figura 38. Sistema de Anclaje



*Foto original de los autores*



**8.1.5 Sistema de Control.** Para la elección del controlador se buscó un autómata robusto, flexible a nuevas adaptaciones, con capacidad de manejo para los componentes antes nombrados y que tuviera protección contra frecuencias parásitas presentes en el entorno de trabajo.

Figura 39. AUTÓMATAS



Foto SIEMENS Web Page

Se eligió un PLC marca Siemens de referencia LOGO! 230 RC 6ED1 053 – 1FB00 – 0BA2 con tensión de alimentación de 115 – 230 V AC, doce entradas digitales a 115 – 230 V AC, ocho salidas de relé a 10 Amperios. Para la programación del PLC se utilizó el software LOGO! Soft de Siemens (Anexo B).

Figura 40. Ilustración de Autómata 6ED1 053 – 1FB00 – 0BA2

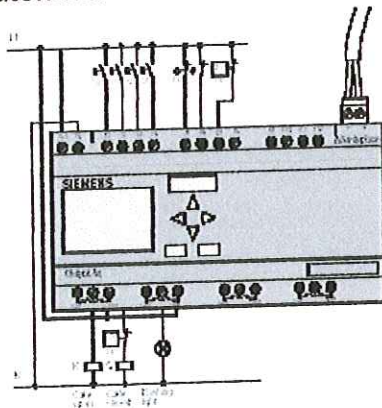


Foto SIEMENS Web Page



## **8.2 MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y PUESTA PUNTO DE LA PRENSA BARMAG**

Para la creación del manual (Anexo D) de funcionamiento se tomaron en cuenta las características, su función y correcto posicionamiento de los sensores implementados.

El manual esta dirigido especialmente a los operarios para así evitar fallas en la Prensa Barmag por uso inadecuado de esta; explica paso a paso que debe hacer el operario para manejar la Prensa, ya sea en ciclo manual o automático, cómo calibrar las alarmas de acuerdo a la carta de servicio correspondiente (medidas, fuerzas y características son ARCHIVOS RESERVADOS de DANA Transejes Colombia) a cada eje homocinético, y que debe hacer el operario en caso de que se desensamble una pieza.

## CONCLUSIONES

- Con la implementación de la válvula en el circuito hidráulico se evitó el sobrecalentamiento y pérdida en la presión de Compresión, logrando con esto unos parámetros de prueba estándar para todos los ejes homocinéticos.
- Con la adaptación del nuevo sistema de control a la Prensa Barmag, se elevó la producción de ensambles de ejes homocinéticos evitándose tiempo de retrabajo y revisión manual realizada por el operario.
- El sistema de anclaje de la Prensa realiza una función de seguridad óptima en el ensamble debido a su prioridad para empezar el ciclo de Prueba.
- Con la posición de inicio de trabajo, la prensa siempre trabajará con un mismo punto de referencia lo que indica que también trabajara con los mismos parámetros de calibración.
- Con la ayuda visual instalada que se programó para indicarle al operario si la realización de la Prueba de Tracción fue satisfactoria o negativa, se ganó el tiempo que empleaba el operario para la revisión del eje homocinético.

## BIBLIOGRAFIA

DANA Transejes Colombia, <URL: <http://www.transejes.com/>> [online]

SENSOR TECHNOLOGY catalog LV20 (2004), Bero sensors for automation Pág. 5/2 – 5/98 Siemens.

SIMATIC catálogo ST70 (2003), Productos para totally integrated automation y micro automation Pág. 2/1 - 2/10 Siemens.

INDUSTRIAL HYDRAULICS VALVES (1997), catálogo 2502/USA, Pág. C9 – C12. Parker Hydraulics.

CORONEL SUAREZ, Mónica Milena. Estudios de Tiempos en Transejes TH de Colombia para las Líneas de Mecanizado y Ensamble de Ejes Homocinéticos. Bucaramanga, 2001, Pág. 28 – 58.

National Electrical Manufacturers Association, <URL: <http://www.nema.org>> [online]

HIDRÁULICA, <URL: [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Trans\\_hidr/Tema1.PDF](http://www.uclm.es/area/ing_rural/Trans_hidr/Tema1.PDF)> [online]

NORMA IEC 1131-1 <URL: <http://www.plcopen.org/iecdocs.htm>> [online]

Universidad Oriente, [CUBA] Santiago de Cuba, <URL: [http://www.uo.edu.cu/index\\_es.html](http://www.uo.edu.cu/index_es.html)> [online]

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de tesis y otros trabajos de grado. Quinta Actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 34p NT 1486



ROCA RAVELL, Felip. Oleohidráulica básica diseño de circuitos. Alfaomega edicions UPC 1999

MUÑOZ MONER, Antonio Faustino. Sensorica e instrumentación de alta precisión 1996

PIEDRAHITA MORENO, Ramón. Ingeniería de la automatización industrial. Alfaomega RA-MA 2000

ANEXO A

ITEM	ACTIVIDADES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				INICIO TAREA	FIN TAREA
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
1	ESTUDIO DEL ESTADO Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA MAQUINA																	11/ENE/2005	20/ENE/2005
2	DIAGRAMACION DE LOS PLANOS ACTUALES (ELECTRICO, CONTROL, HIDRAULICO)																	21/ENE/2005	30/ENE/2005
3	INVESTIGACION Y SELECCIÓN DE SENSORES Y CONTROLADOR PARA SISTEMA DE CONTROL																	31/ENE/2005	19/FEB/2005
4	ANALISIS PROBLEMA DE SOBRECALENTAMIENTO EN EL SISTEMA HIDRAULICO																	31/ENE/2005	19/FEB/2005
5	PROGRAMACION DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL																	20/FEB/2005	6/MAR/2005
6	MONTAJE DE PROGRAMA Y ADECUACION DE LOS SENSORES EN SU POSICION PROGRAMADA																	7/MAR/2005	28/MAR/2005
7	ELIMINACION DE LA OPCION SIN CONTROL																	29/MAR/2005	2/ABR/2005
																		3/ABR/2005	9/ABR/2005
																		10/ABR/2005	14/ABR/2005

8	CAMBIO EN EL SISTEMA HIDRAULICO PARA SU FUNCIONAMIENTO ADECUADO																			10/ABR/2005	17/ABR/2005
9	REALIZACION Y DISEÑO DE NUEVOS PLANOS ELECTRICOS Y DE CONTROL																			18/ABR/2005	21/ABR/2005
10	MANUAL Y HOJA DE VIDA PARA LINEA DE MANTENIMIENTO EN THC																			11/ENE/2005	20/ENE/2005
11	PRUEBAS CALIBRACION Y PUESTA A PUNTO DE LA MAQUINA																			21/ENE/2005	30/ENE/2005
																				31/ENE/2005	19/FEB/2005

TIEMPO ESTIMADO	
TIEMPO EJECUCION	

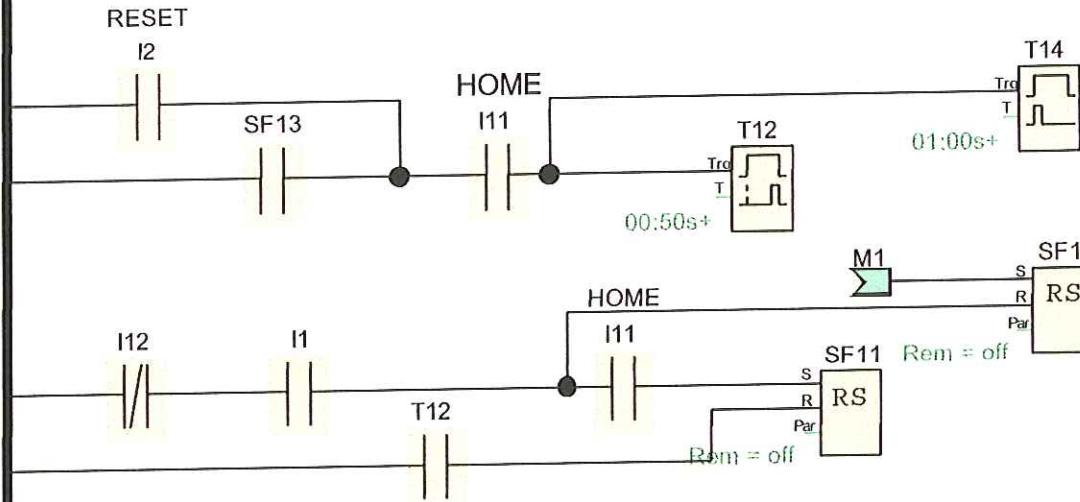


Anexo B

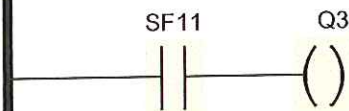
- I1 CICLO
- I2 RESET MANUAL
- I3 ALARMA 1 COMPRESION
- I4 ALARMA 2 COMPRESION
- I5 ALARMA 1 TRACCION
- I6 ALARMA 2 TRACCION
- I7 COMPRESION MANUAL
- I8 TRACCION MANUAL
- I9 SENSORES ANCLAJE
- I10 SENSOR DESENSAMBLE
- I11 SENSOR DE HOME
- I12 MANUAL/AUTOMATICO
  
- Q1 BOBINA COMPRIMIR
- Q2 BOBINA TRACCIONAR
- Q3 BOBINA ANCLAJE
- Q4-----
- Q5-----
- Q6 INDICADOR TRACCION OK
- Q7 INDICADOR TRACCION FALLA
- Q8 VALVULA DE BY PASS

Autor:	transejes	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	3/02/05 9:24/28/04/05 17:26	archivo:	LOGOPRINCIPALNUEVO.Ild	Página:	5 / 5

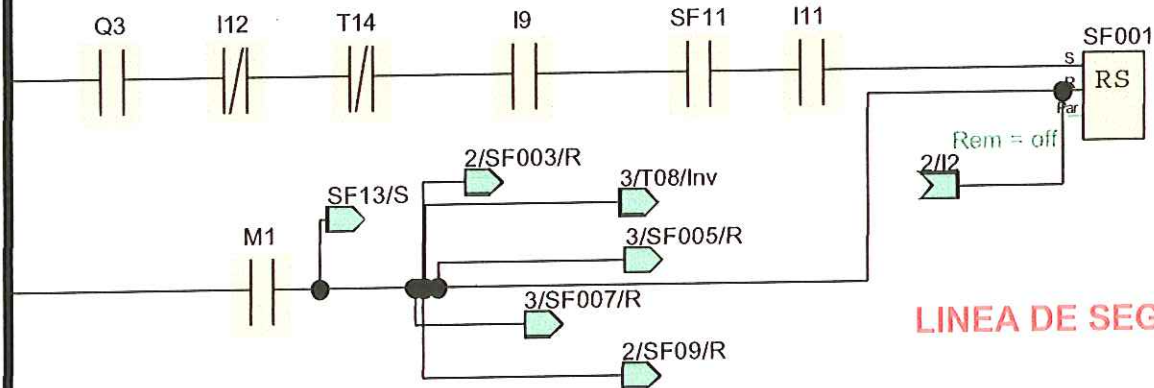
### AUTOMATICO



### ANCLAJE

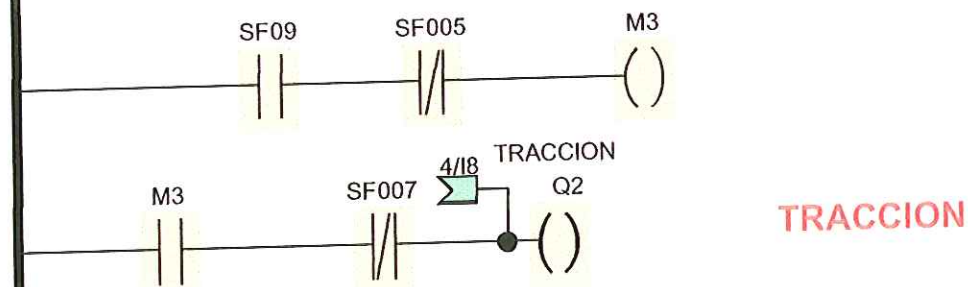
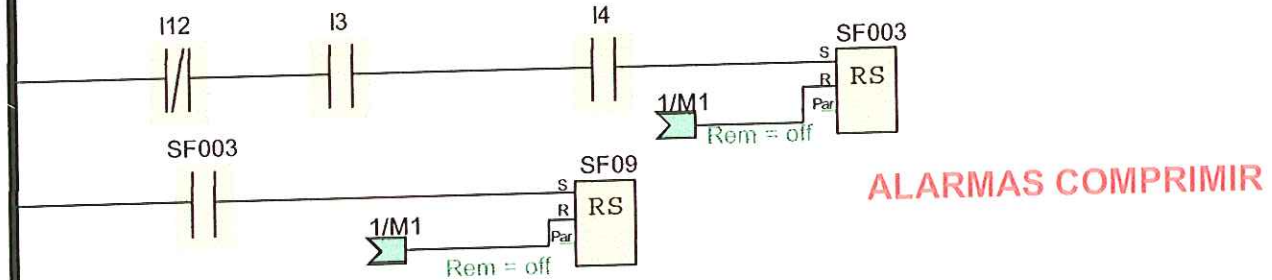
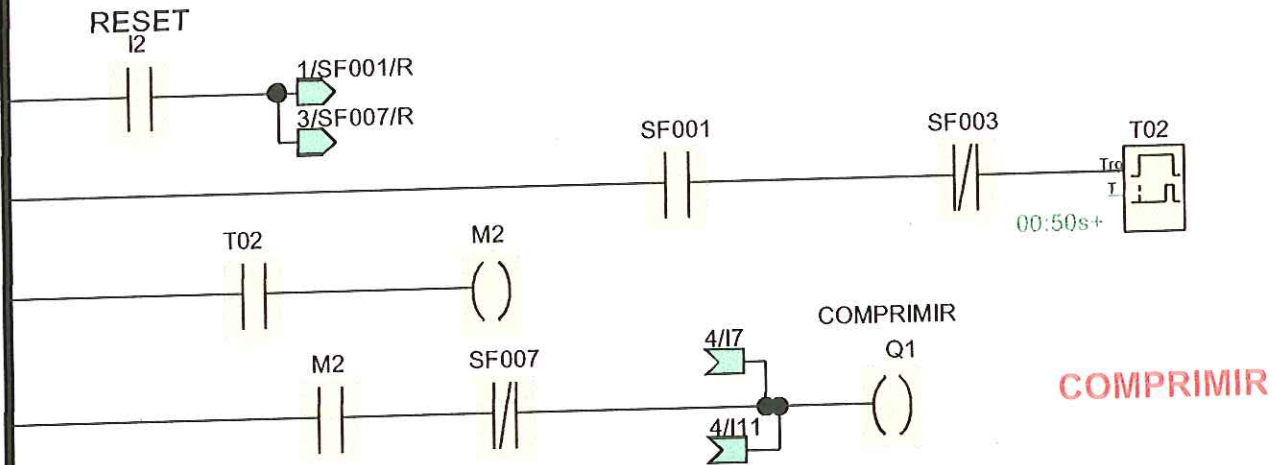


### HOME



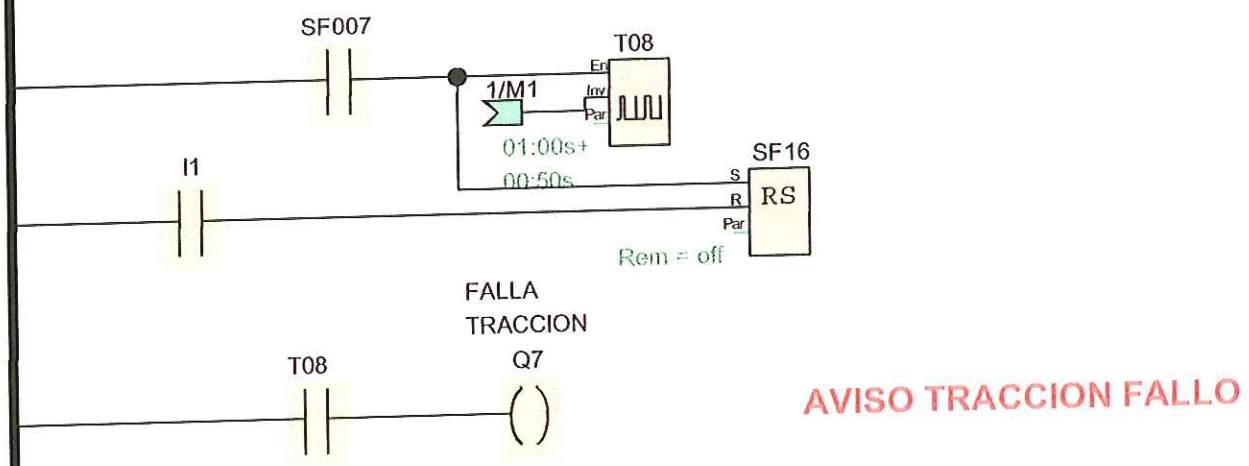
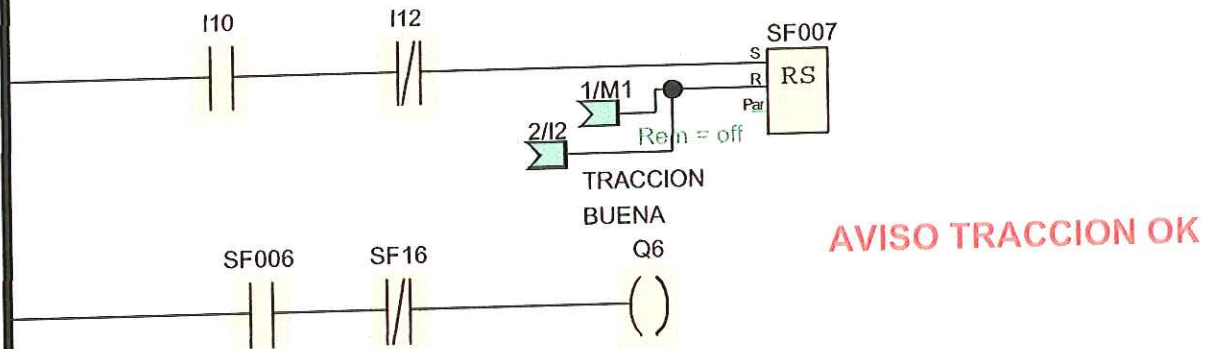
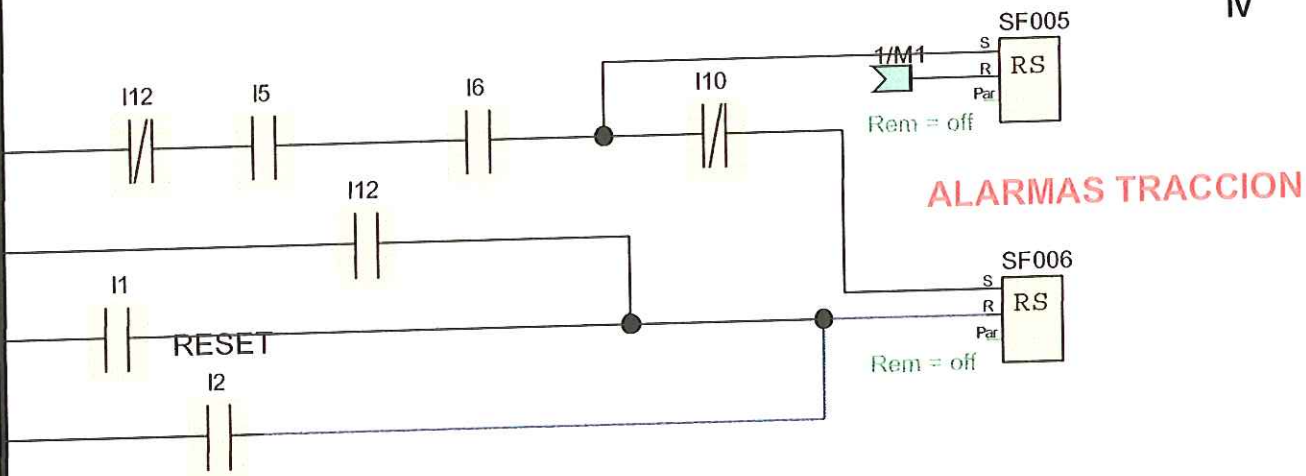
### LINEA DE SEGURIDAD

Autor:	transejes	Proyecto:		Ctente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	3/02/05 9:24/2/05/05 11:39	archivo:	LOGOPRINCIPALNUEVO.lld	Página:	1/5

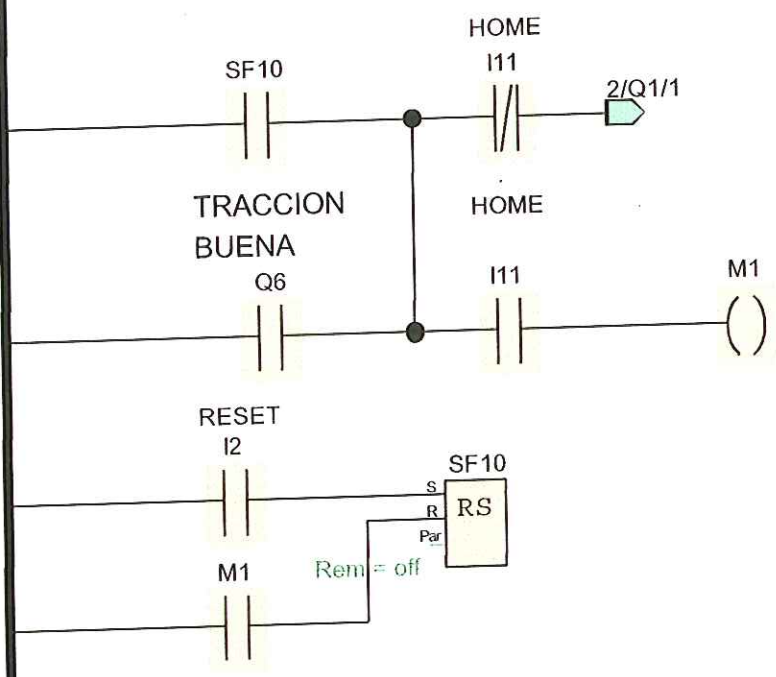


Autor:	transejes	Proyecto:		Cteler:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	3/02/05 9:24/2/05/05 11:39	archivo:	LOGOPRINCIPALNUEVO.lld	Página:	2/5



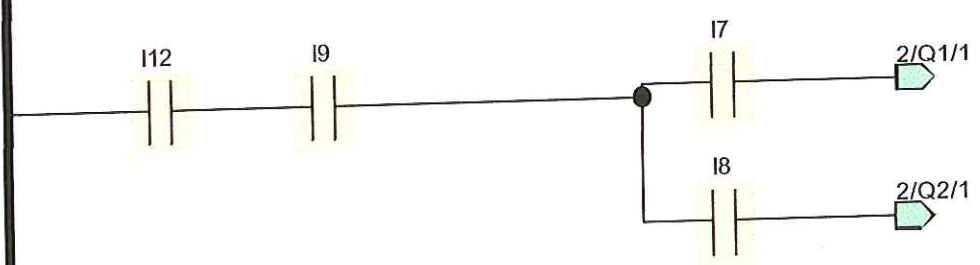


Autor:	transejes	Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	3/02/05 9:24/2/05/05 11:39	archivo:	LOGOPRINCIPALNUEVO.lld	Página:	3/5

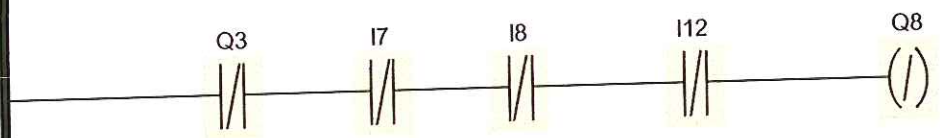


RESETEO FIN DE CICLO

MANUAL

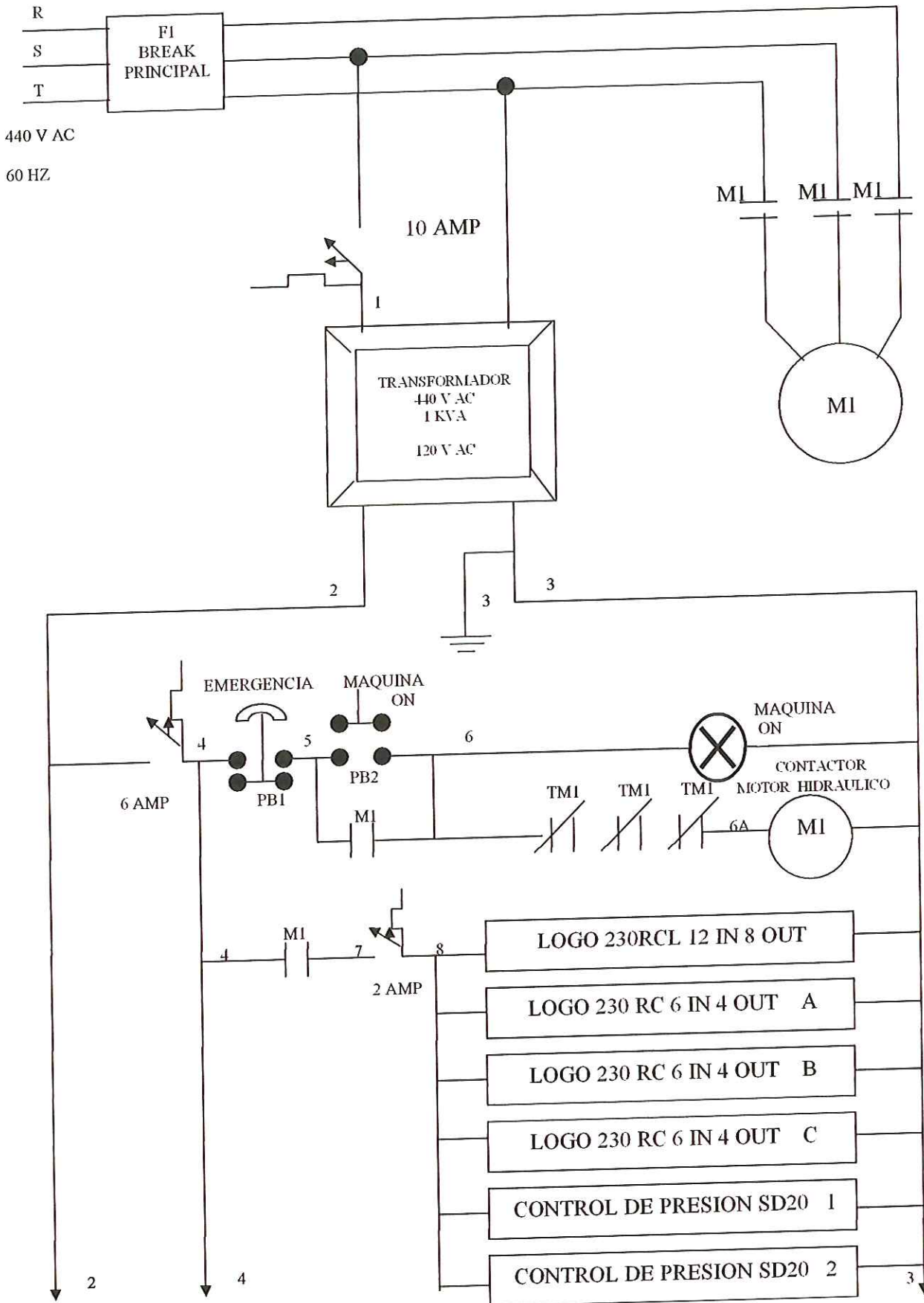


BY PASS



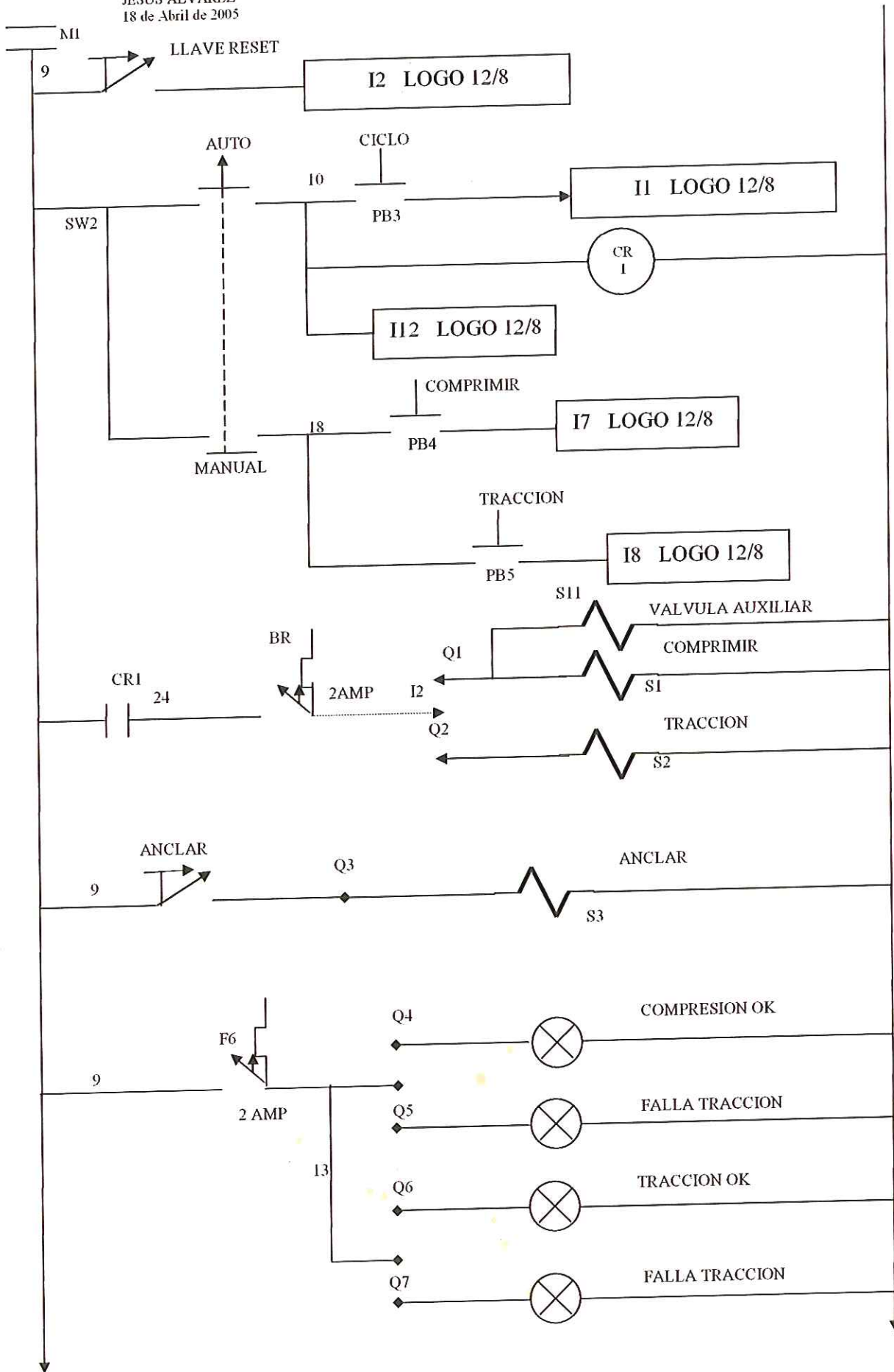
Autor:	transejes	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	302059.24/200505 11:39	archivo:	LOGOPRINCIPALNUEVO.lld	Página:	4/5

ANEXO C

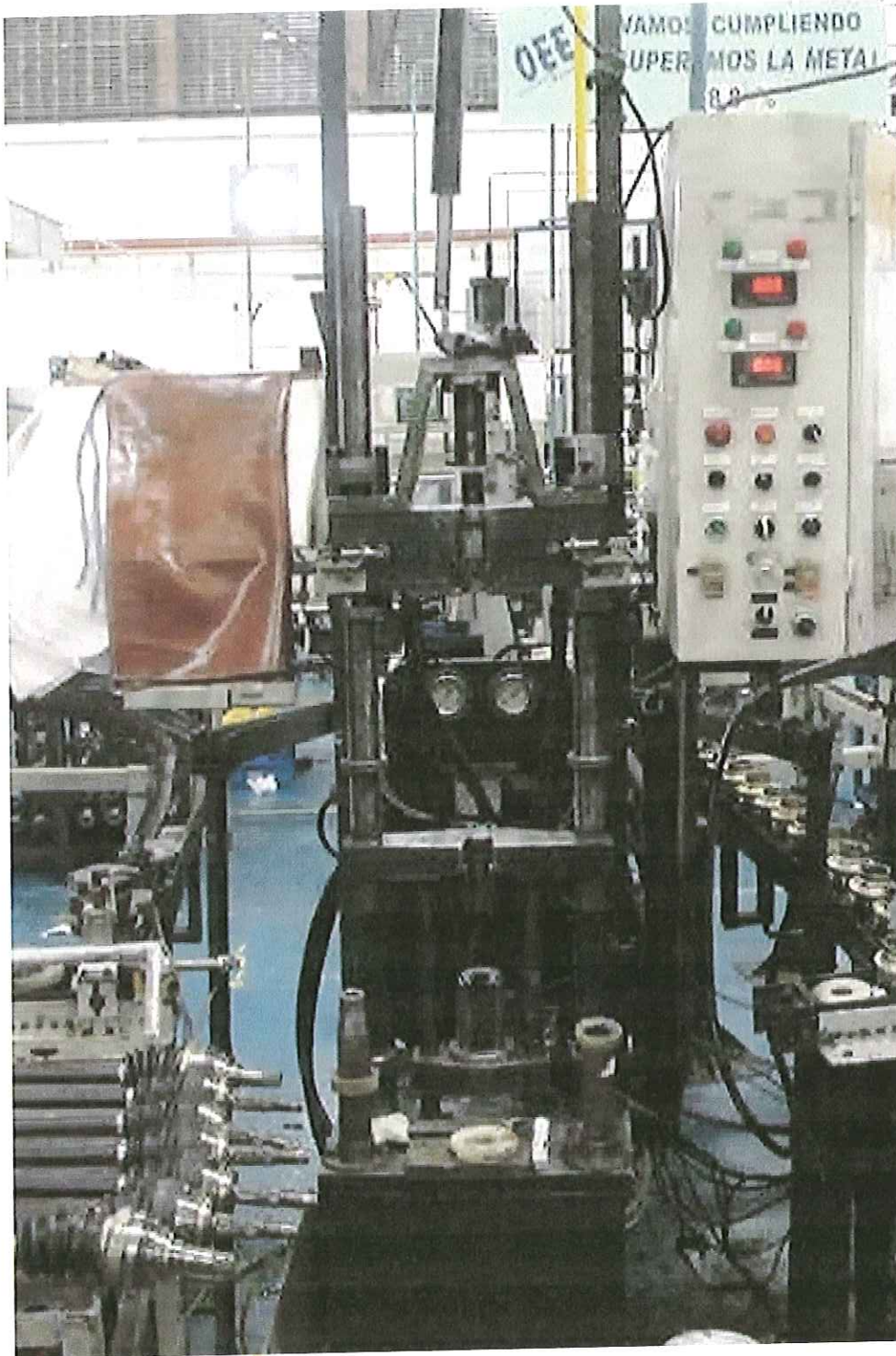




PLANO ELECTRICO Y DE CONTROL PRENSA BARMAG  
 ELABORO: MAURICIO JAIMES  
 JESUS ALVAREZ  
 18 de Abril de 2005



Anexo D  
**PRENSA BARMAG**



## PROBLEMAS EN LA PRENSA BARMAG

Debido a los problemas presentados en los ejes CORSA, se analizó el funcionamiento de la prensa encontrando los siguientes problemas en el sistema de control:

- No realizaba el ciclo automático
- El trabajo normal se realizaba sin control, con dos pulsadores con los que el operario realizaba compresión y tracción sin ningún tipo de medida
- No tenía alerta para desensamble de pieza en la prueba de tracción.

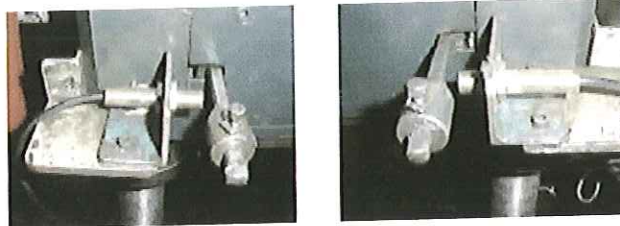
## MEJORAS IMPLEMENTADAS EN LA PRENSA

### SENSORES INSTALADOS



SENSOR DE CARGA

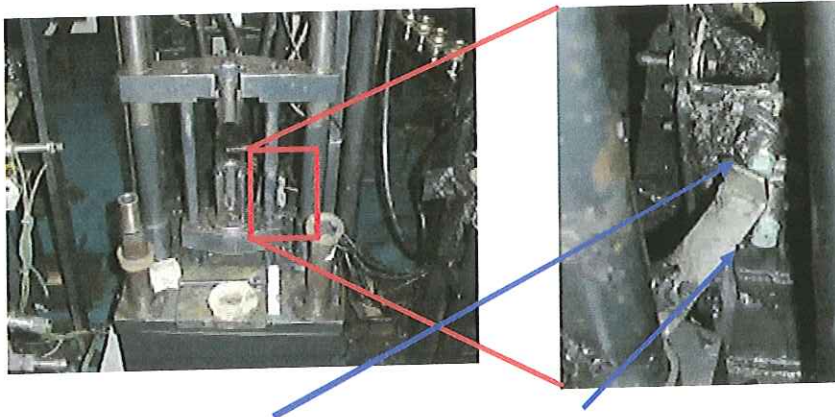
Permite registrar la fuerza que el cilindro aplica en la compresión y tracción en el eje.



SENSORES DE ANCLAJE

Encargados de verificar el anclaje de la pieza para evitar comenzar el ciclo en una condición insegura para el operario y el proceso





SENSOR DE HOME    SENSOR DE DESENSAMBLE

## FUNCIONAMIENTO EN LA POSICION AUTOMATICO

La función de CICLO AUTOMATICO, se realiza así:

1. El operario debe revisar que la prensa este configurada para el eje que se va a ensamblar (posición del bloque, que los dispositivos requeridos para el ensamble de los diferentes ejes sean los correctos).
2. Encender la máquina con el botón ON del panel de control.
3. En el selector manual/automático se debe poner la opción automático y dar un ciclo en vacío (sin eje), lo que hace que la tracción marque error, esto para verificar que el sensor de desensamble está en su lugar. En caso que no muestre error, debe configurar correctamente la prensa.
4. Ya calibrada la prensa, colocar el eje y pulsar el botón de ciclo (pulsador verde) en el cual la prensa realiza todo el ciclo de ensamble de la pieza con la prueba de tracción y compresión.
5. Si la prueba es satisfactoria en el panel de control se enciende un bombillo verde que indica que la pieza esta OK.
6. Si la prueba no fue satisfactoria en el panel de control se enciende un bombillo rojo de manera intermitente, el cual indica que la pieza se desensambló en la prueba de tracción, el operario debe poner el selector normal/borrar en borrar y devolver el selector a normal, esto hace que la prensa regrese a la posición de inicio que se programó junto con el sensor de inicio.

**Descripción de ERROR en Tracción:** El bombillo indicador de error en la tracción se enciende cuando al realizar la prueba se desensambla el eje y el sensor (inferior) de desensamble se activa.

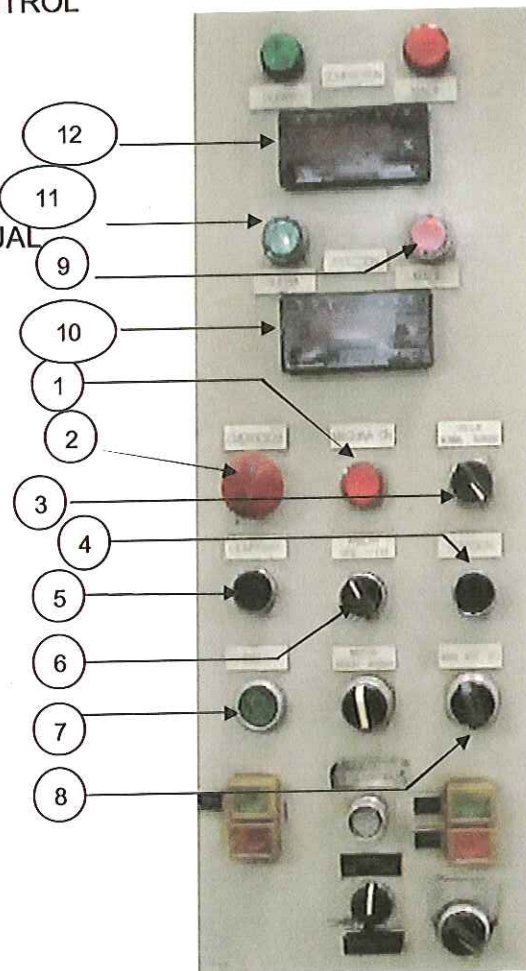
### FUNCIONAMIENTO EN LA POSICION MANUAL

Se debe colocar el selector manual/automático en la posición manual, y poner el selector de anclaje en anclar, esto hace que queden habilitados los pulsadores de compresión y tracción que están en el panel de control.

Esta opción será utilizada únicamente para cuadrar la prensa (mover el bloque y colocar dispositivos) de acuerdo al tamaño de eje que se va a ensamblar.

### PANEL DE CONTROL

1. PULSADOR MAQUINA ON
2. PULSADOR MAQUINA OFF
3. SELECTOR NORMAL/BORRAR
4. PULSADOR TRACCION MANUAL
5. PULSADOR COMPRESION MANUAL
6. SELEC. ANCLAR/DESANCLAR MANUAL
7. PULSADOR CICLO AUTOMATICO
8. SELECTOR MANUAL/AUTOMATICO
9. BOMBILLO ERROR EN ENSAMBLE
10. INDICADOR DE TRACCION
11. BOMBILLO ENSAMBLE OK
12. INDICADOR DE COMPRESION





El valor mostrado en la pantalla se debe multiplicar por mil para identificar el valor de la presión.  
 $0,18 \times 1000 = 180 \text{ Kg.}$

AUMENTAR  
MOVER POSICION  
SET  
RANGO  
ALARMA

### **CAMBIAR ALARMAS DE COMPRESION:**

1. Se deben identificar los valores de alarma
2. Presionar el botón de ALARMA una vez y luego el de SET para entrar a alarma 1, y con los botones de MOVER POSICION y AUMENTAR cuadrar el valor necesario, y presionar el botón SET para salir
3. Presionar tres veces el botón de ALARMA y luego el de SET para entrar a alarma 2, y con los botones de MOVER POSICION y AUMENTAR cuadrar el mismo valor de alarma 1, y presionar el botón de SET para salir
4. Presionar el botón de ALARMA tres veces para terminar.

**NOTA:** Los valores de alarma de tracción se cambian de la misma forma, aumentando al valor de la presión de compresión 300 kg



ANEXO E  
POKA YOKE  
ENSAMBLE DE ESFERAS

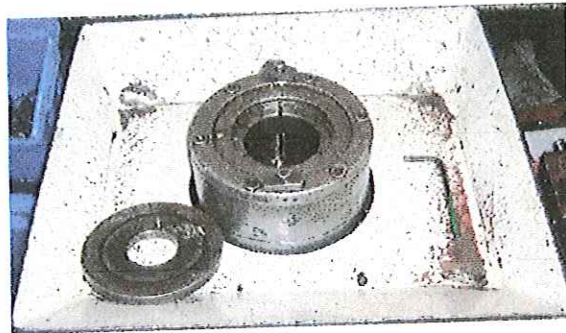




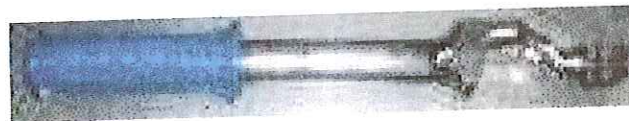
ESTACION DE TRABAJO



BASE DE ANCLAJE



PALANCA



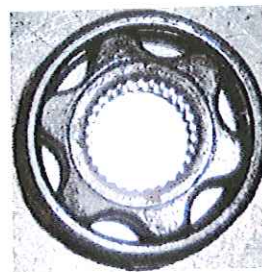
JUNTA FIJA



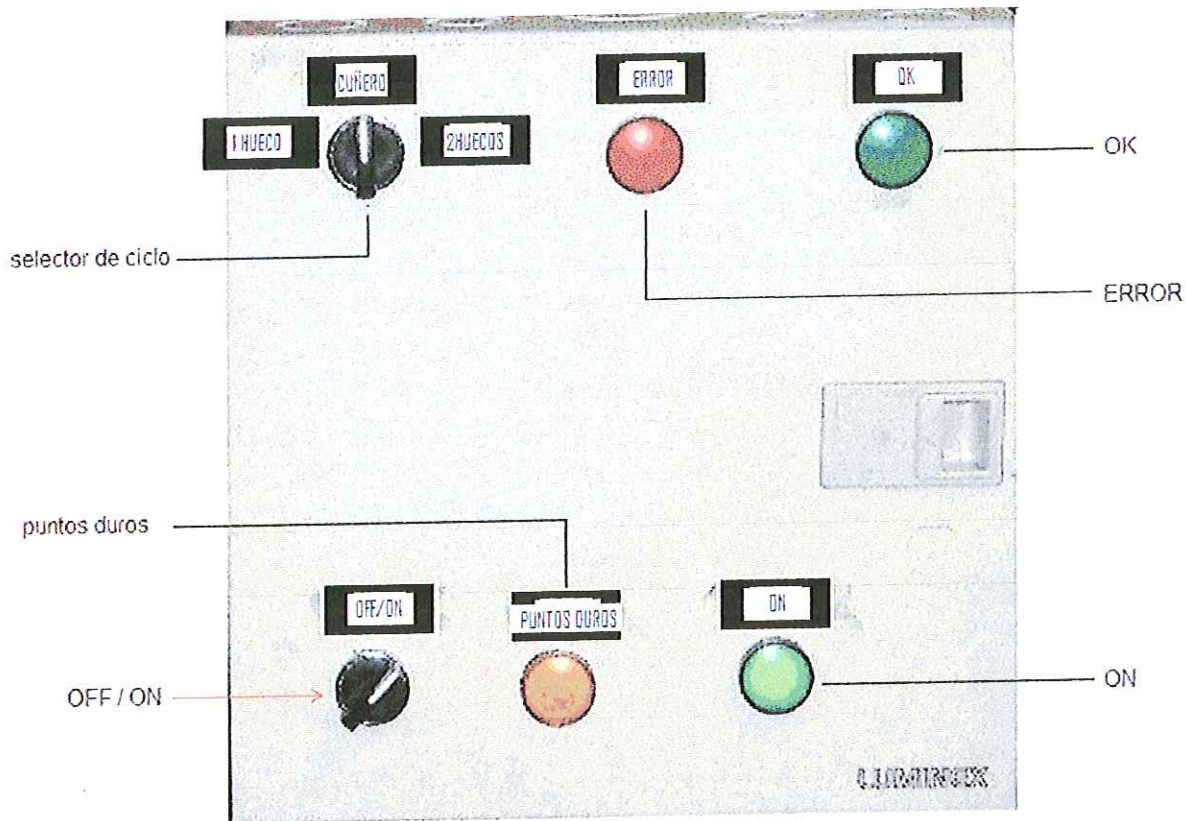
ESFERAS



CANASTILLA



## MANUAL DE OPERACIÓN



Antes de encender el sistema el operario puede verificar la posición o ciclo de trabajo de la maquina con el switch que indica en que ciclo esta la maquina, de igual forma se puede hacer cuando la maquina este encendida.

Para encender el sistema se cambia la posición del switch OFF/ON a ON, luego de hacerlo automáticamente se enciende el bombillo verde de ON que se encuentra en la esquina inferior derecha de la caja de control.

Cuando el operario ya tiene la maquina encendida es recomendable primero colocar la junta fija en la base de anclaje antes de quitar la palanca de manipulación.

La maquina posee una palanca con la cual el operario manipula la canastilla que se le pone a la junta fija y es donde se introducen las esferas que lleva la junta fija, cuando esta se encuentra en su base la maquina no hace ningún trabajo, solo cuando se quita de su base la maquina mira en que estado o ciclo se encuentra,



luego si todo esta en posición correcta, es decir, la junta fija es la correcta para el ciclo seleccionado, y la pieza esta colocada de manera correcta la maquina procede a anclar la pieza para poder introducirle la canastilla con sus respectivas esferas.

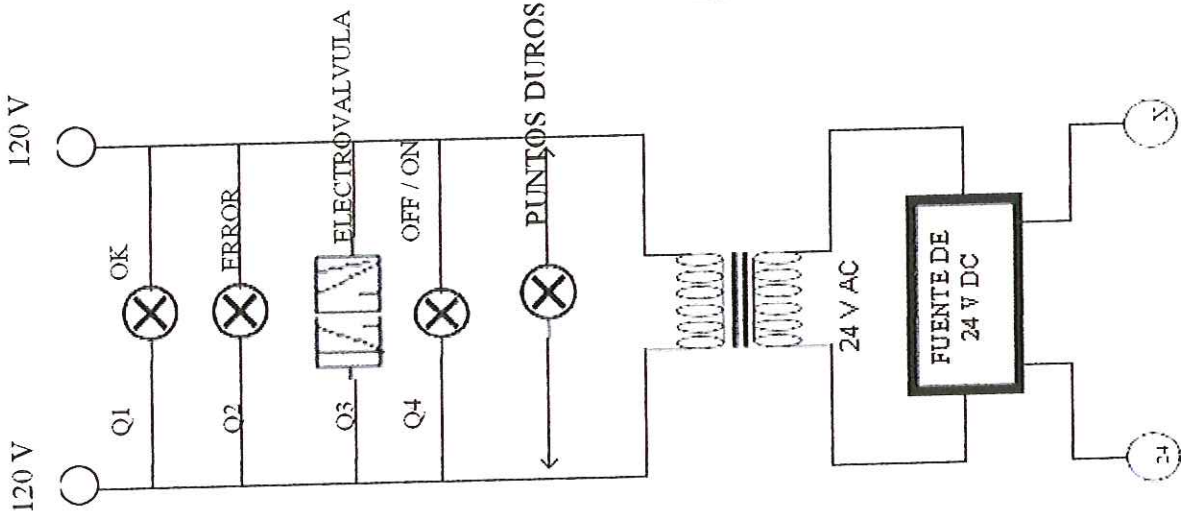
Puntos Duros: cuando se enciende este bombillo es por que a la pieza que se le están ensamblando los rodamientos puede tener rebaba, una esfera incorrecta, o que alguno de sus componentes no es el indicado para este modelo.

Funcionamiento del sistema.

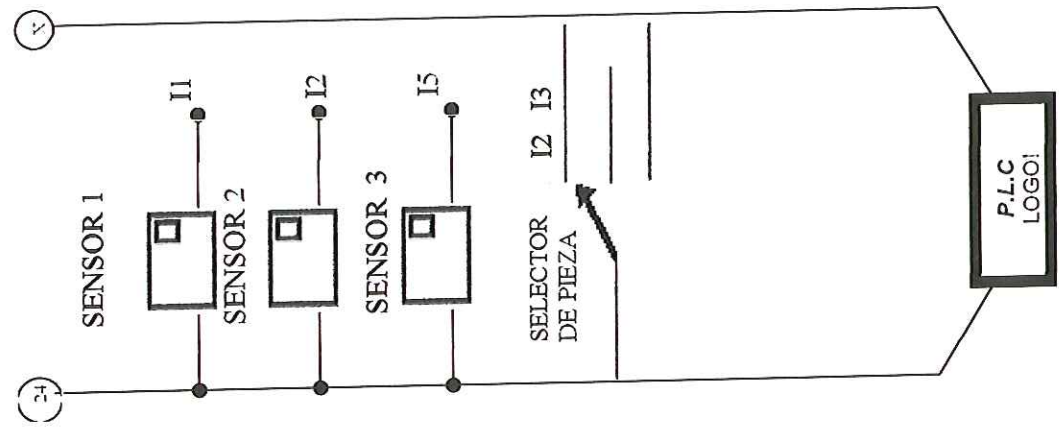
Selector de Ciclo:

El selector de ciclo es el switch que se encuentra en la esquina superior izquierda de la caja de control, con este se debe escoger la posición de ciclo en la cual el operario debe trabajar, las posiciones de trabajo son las siguientes:

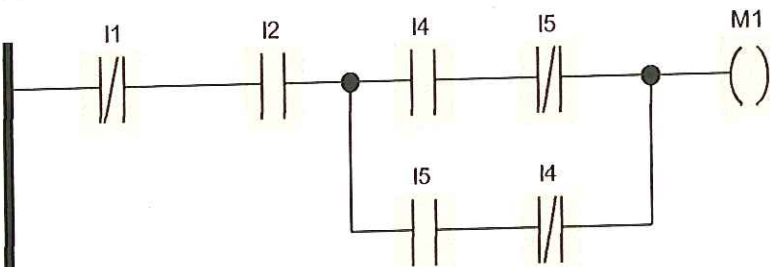
- 1 hueco: en esta posición de ciclo el operario en el momento de colocar la junta fija en la base de anclaje debe mirar primero si el bombillo OK esta encendido, si esta encendido se puede operar la pieza con normalidad, dado que el sistema deja anclar la pieza, si no esta encendido hay error en el momento de colocarla en la base de anclaje, dado a que hay error el operario tiene que girar la pieza hasta que este en la posición correcta para el anclaje, teniendo en cuenta el bombillo de puntos duros.
- CUÑERO: en esta posición de ciclo el operario debe cerciorarse que la junta fija este en la posición correcta, es decir, que la pieza baje o la cuña encaje, de tal forma que la pieza se pueda anclar para que pueda colocarle las esferas, teniendo en cuenta el bombillo de puntos duros.
- 2 HUECOS: en esta posición de ciclo el operario debe cerciorarse al igual que en el ciclo de 1 HUECO la posición sea la correcta para el anclaje de la junta fija, ya que la única diferencia de este ciclo es que la maquina posee un sensor mas que detecta los huecos que tiene la pieza a 90°, de no detectarlos el operario tiene que girar la pieza hasta que esta detecte los huecos en la posición correcta, automáticamente el bombillo de OK se enciende y la pieza se ancla de manera correcta, luego de esto el operario puede proceder a colocarle las esferas respectivas a la junta fija, teniendo en cuenta el bombillo de puntos duros.



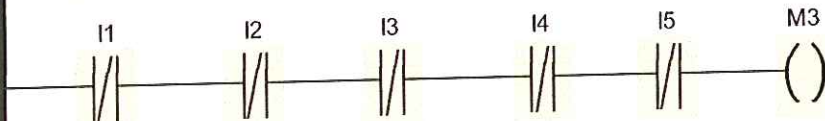
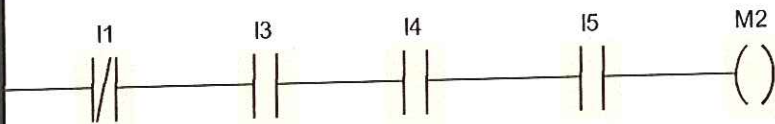
I1 = sensor de start ciclo  
 I4 = sensor optico1  
 I5 = sensor optico2  
  
 I2=0 y I3=0 cuñero  
 I2=1 y I3=0 1 hueco  
 I2=0 y I3=1 2 huecos  
  
 Q1= ok  
 Q2= error  
 Q3= anclaje



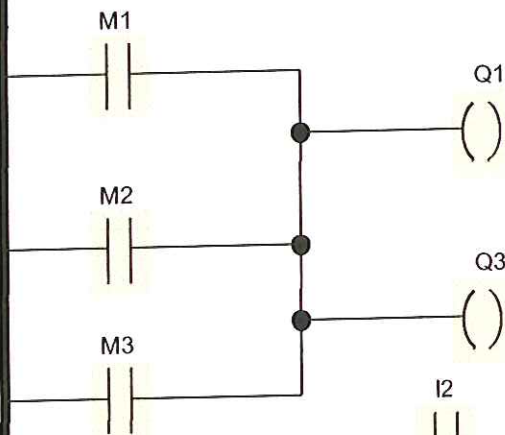
**POKA YOKO ENSAMBLE DE ESFERAS**  
**ESQUEMA DE CONTROL ELECTRICO**  
**ELABORO POR: ING. CARLOS PATIÑO**  
**JESUS A. ALVAREZ**  
**MAURICIO JAIMES MORENO**  
**DIC / 2.004**



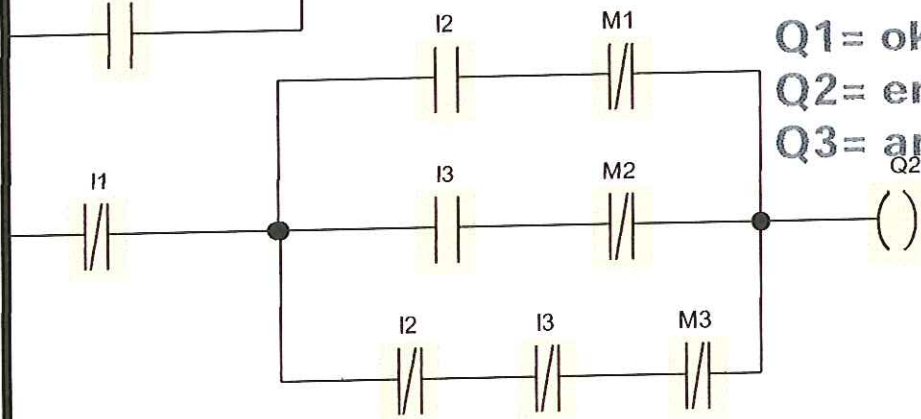
POKAYOKE ESFERAS



I1= sensor de start ciclo  
 I4= sensor optico1  
 I5= sensor optico2



I2=0 y I3=0 cuñero  
 I2=1 y I3=0 1 hueco  
 I2=0 y I3=1 2 huecos



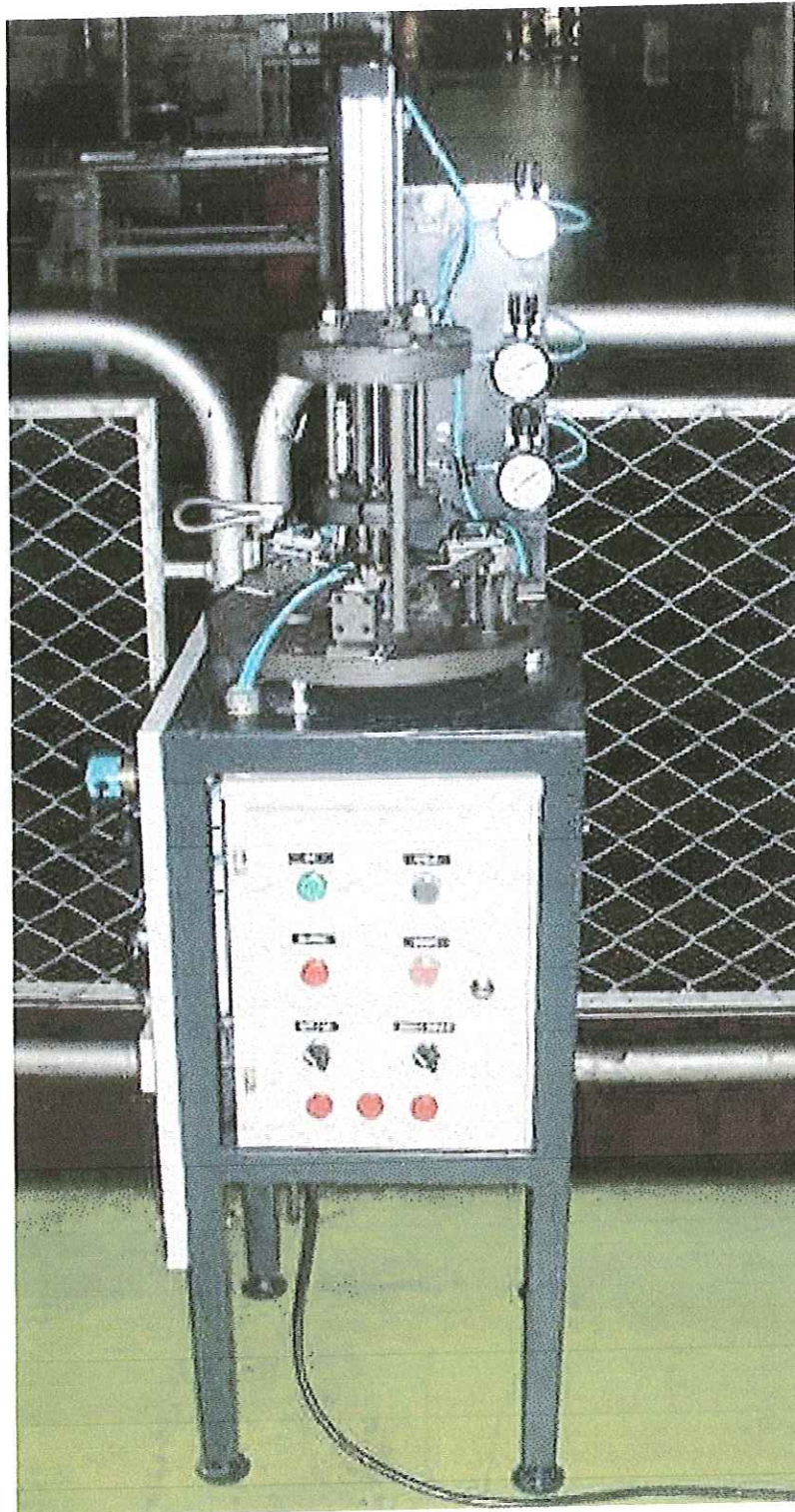
Q1= ok  
 Q2= error  
 Q3= anclaje

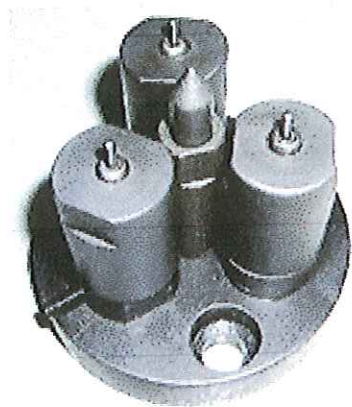
Autor:	transejes	Proyecto:		Cfente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	26/11/04 10:11:20/05/05 11:07	archivo:	poka yoke2.lfd	Página:	1/1



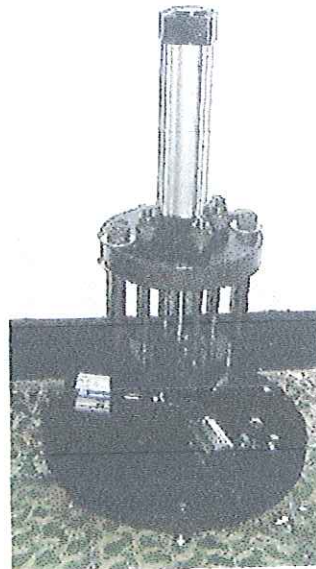
## ANEXO F

### POKA YOKE DE PRUEBA DE ENSAMBLE DE TRIPODES

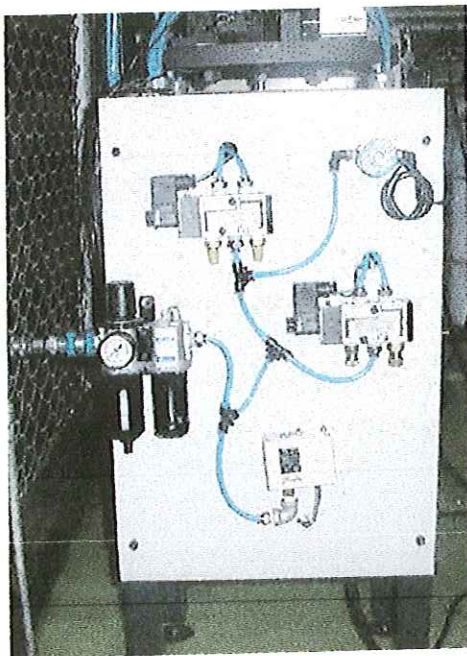




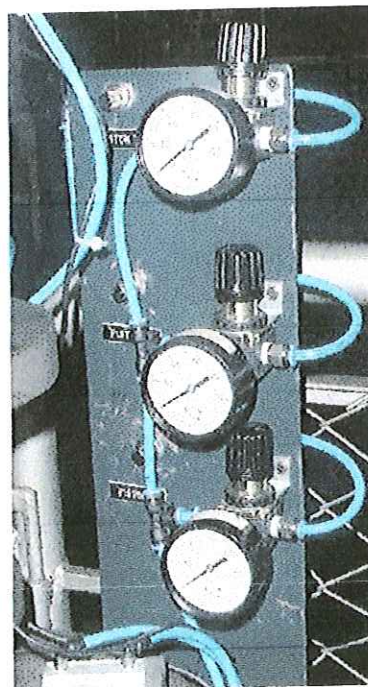
SENSOR DE ROLOS



MODULO DE PRUEBA



SISTEMA NEUMATICO



CONTROL DE FUERZA Y  
VELOCIDAD PRUEBA DE  
DFSFNSAMBI F



## FUNCIONAMIENTO

Inicialmente, el operario debe cambiar el selector ON/OFF, situado en la parte inferior izquierda del panel, a la posición de ON con lo cual se encenderá el bombillo de ON que se encuentra situado en la parte superior izquierda del panel de control indicando que la máquina se encuentra encendida.

Antes de empezar a trabajar, el operario debe situar el selector de ciclo en la posición en la que va a trabajar (ciclo1 ó ciclo 2). Hecho esto, el operario puede colocar la pieza a probar y presionar el botón de ciclo para ejecutar la prueba seleccionada, cabe anotar que si la presión de aire es muy baja, o alguno de los sensores de rolos o de desensamble se encuentra activado, o el sensor que indica la posición del vástago del pistón vertical se encuentra desactivado; la máquina no funcionará y se deberán revisar estos elementos. Si la prueba fue satisfactoria, se terminará la prueba normalmente y se marcará la pieza con el aerógrafo indicando que es correcta; si por el contrario, hay algún error en la prueba (falta alguno de los rolos, o se desensambló el trípode), se encenderá el bombillo de ALARMA situado en la parte central izquierda, y también se encenderán los bombillos de ERROR de la parte inferior indicando en cual de las tres puntas se encuentra el error, lo cual hará que se bloquee la máquina. Si esto sucede, se debe presionar el botón de reset, lo que hace que la máquina regrese a su posición de inicio.

En caso de que la presión de aire sea muy baja, al presionar el botón de ciclo, el bombillo indicador de alarma parpadeará hasta que se presione el botón de reset, esto indicará que hay irregularidades en la unidad de aire y se debe revisar antes de continuar con el proceso.

Adicionalmente se le incorporó a cada pistón horizontal un sistema para la regulación de velocidad y fuerza de la prueba de ensamble, esta última será indicada en unos manómetros situados en la parte posterior de la máquina.

### **Selector de CICLO:**

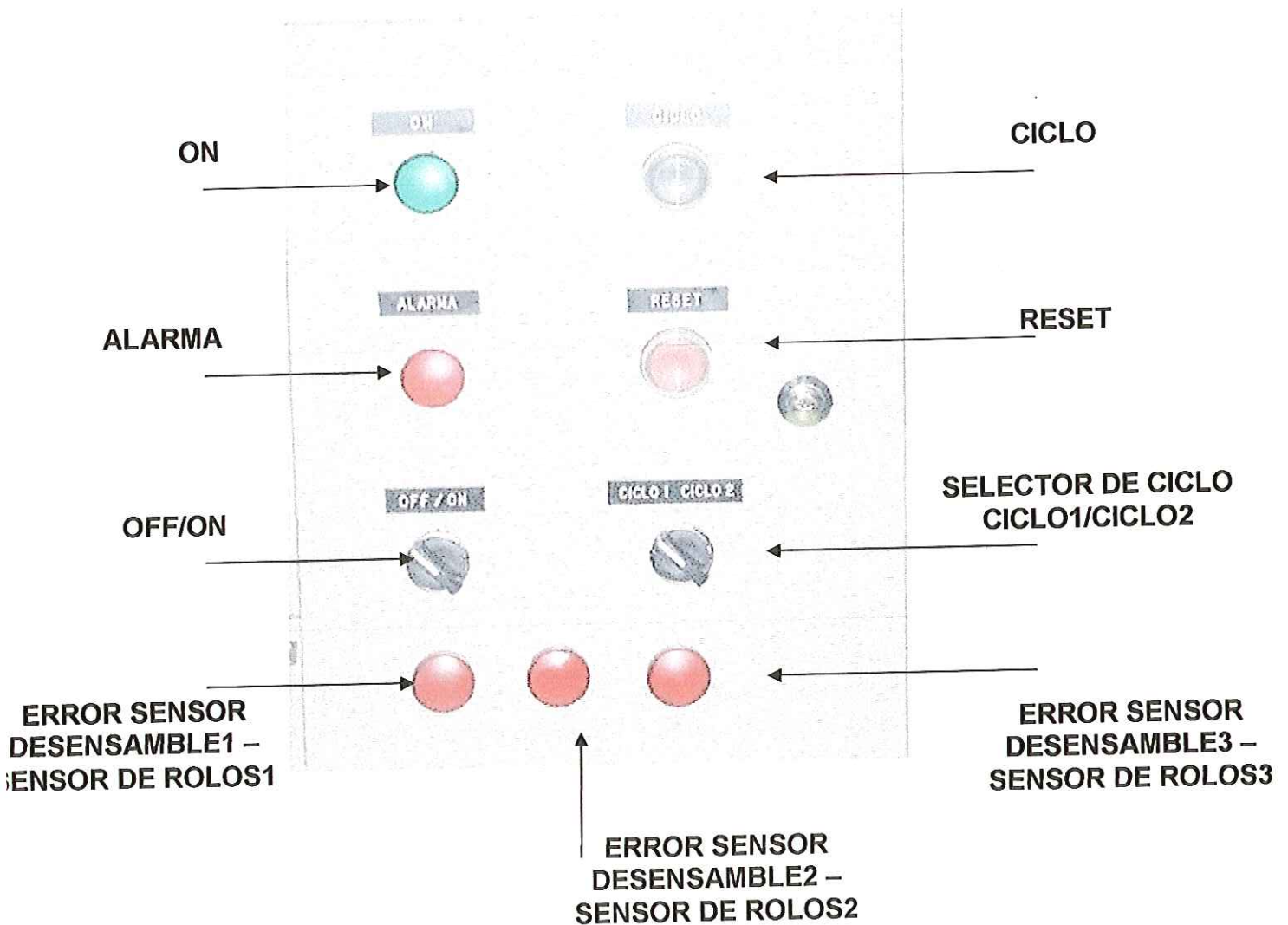
- CICLO 1: Solo se probará el ensamble del trípode, obviando la posibilidad de que falte alguno de los rolos. En esta prueba se coloca la pieza y se presiona el botón de ciclo. Si las condiciones para el inicio que nombramos anteriormente se cumplen, los pistones situados horizontalmente probarán cada una de las puntas, indicando si se desensambló, lo que hará que se bloquee la máquina y se encienda el respectivo bombillo indicador de error; o por el contrario, se encuentra bien ensamblada la pieza.
- CICLO 2: Se probará, además del ensamble del trípode, que los rolos estén completos. En esta prueba se coloca la pieza y se presiona el botón de ciclo, si las condiciones para el inicio que nombramos anteriormente se cumplen, el pistón vertical situado en la parte superior de la máquina bajará, lo que hará que

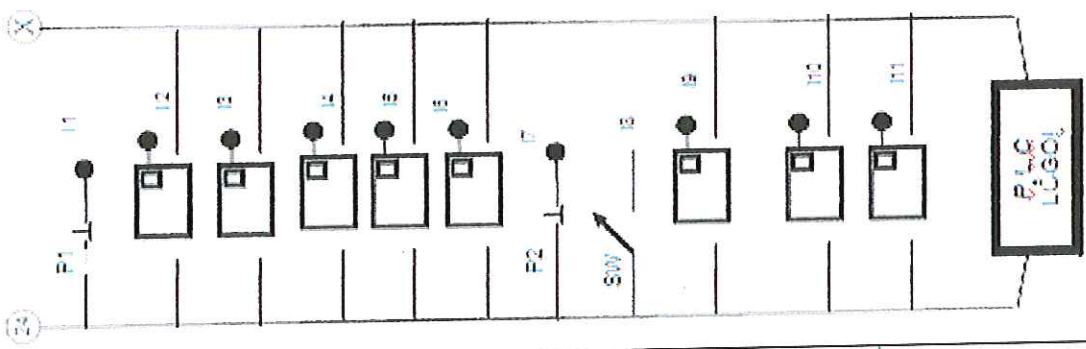
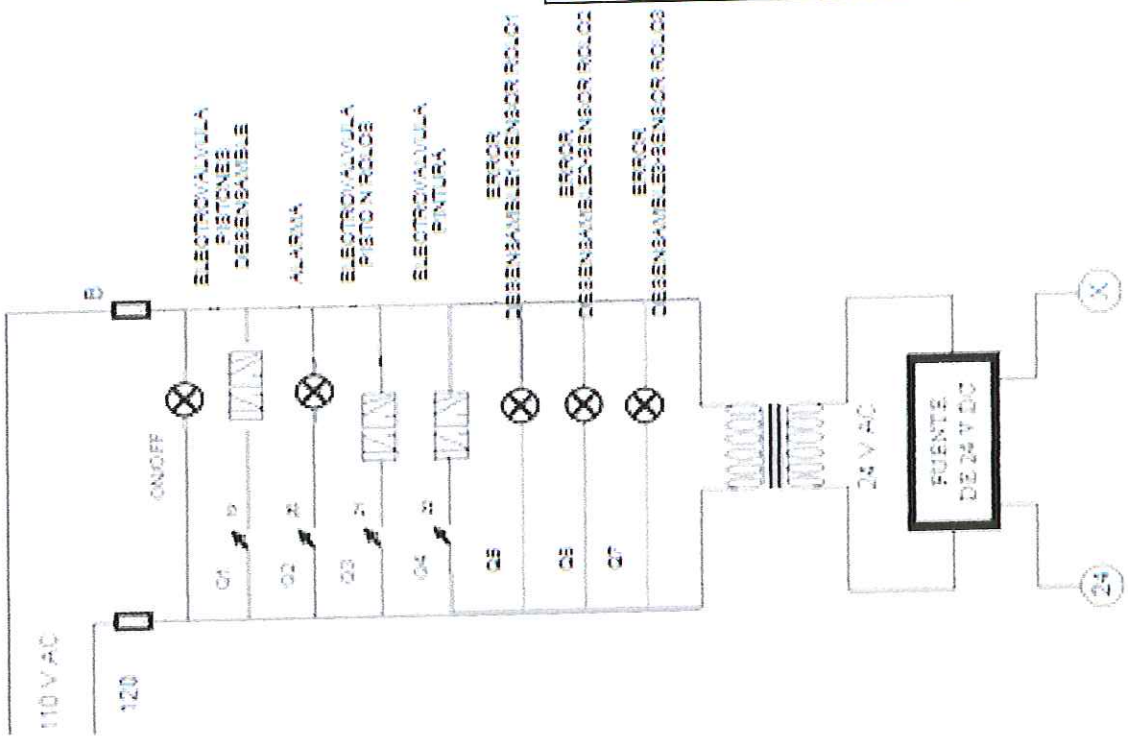


los sensores revisen si los rolos están completos, en caso de error, se bloqueará la máquina y se encenderá el respectivo bombillo indicador de error, por el contrario, si los rolos están completos, se pasará a la segunda parte del ciclo haciendo lo mismo que se explicó en el CICLO 1.

### CAMBIO DE SENSORES

En caso de que alguno de los sensores vaya a ser reemplazado, se debe tener cuidado de conectar el nuevo sensor en su respectivo conector, ya que al cambiarlo de puesto indicará erróneamente en cual de las tres puntas del trípode se encuentra el error.





- I1= CICLO
  - I2= SENSOR ROLO1
  - I3= SENSOR ROLO2
  - I4= SENSOR ROLO3
  - I5= CIL. ROLO ARRIBA
  - I6= PRESOSTATO
  - I7= RESET
  - I8= SELECTOR CICLO
  - I9= SENSOR DESEMBLABLE1
  - I10= SENSOR DESEMBLABLE2
  - I11= SENSOR DESEMBLABLE3
- 
- Q1= VAL. DESEMBLABLE
  - Q2= ALARMA
  - Q3= VAL. ROLOS
  - Q4= PINTURA
  - Q5=ERROR DESEMBLABLE 1, SENSOR ROLO 1
  - Q6=ERROR DESEMBLABLE 2, SENSOR ROLO 2
  - Q7=ERROR DESEMBLABLE 3, SENSOR ROLO 3

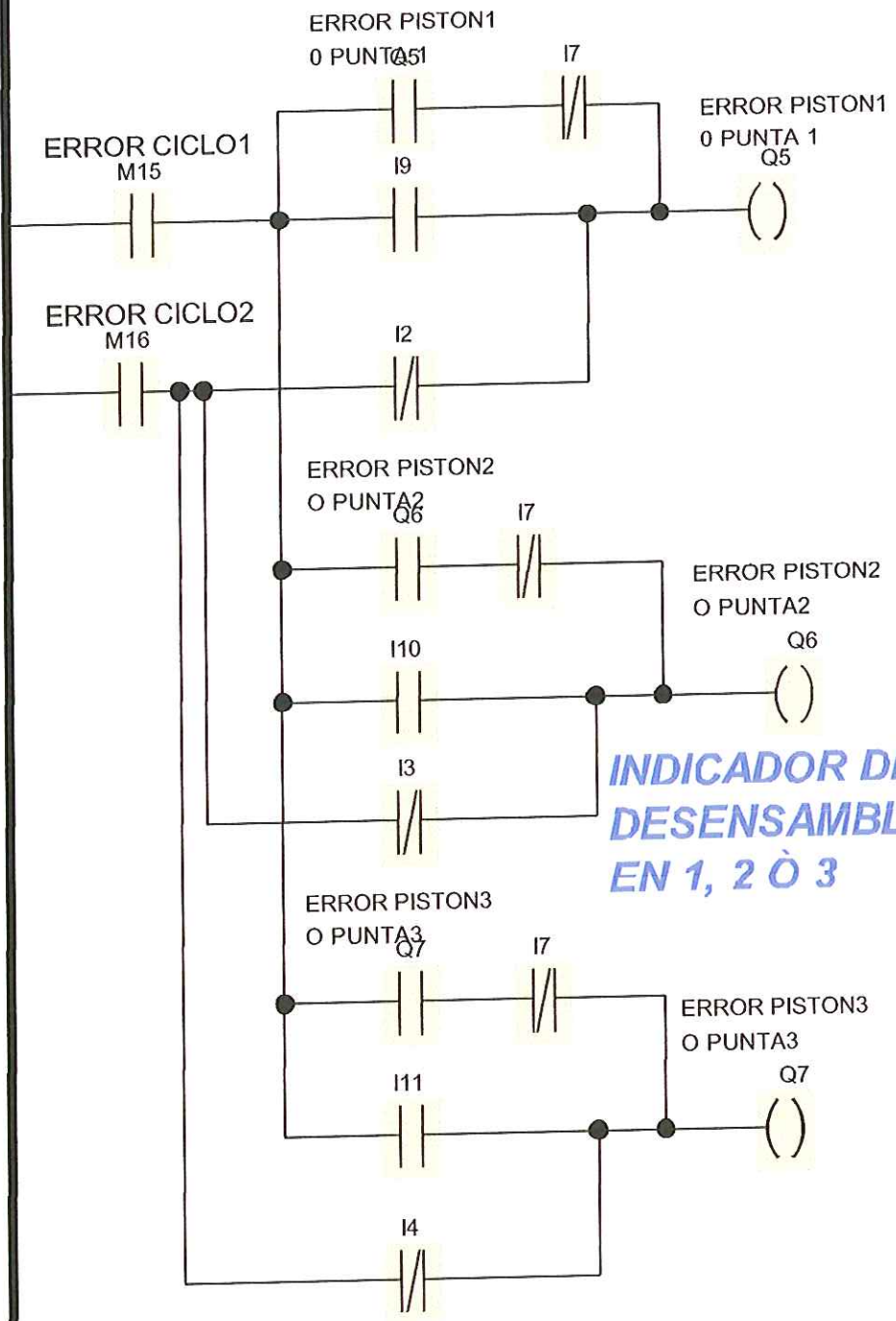
**POKA YOKE PRUEBA DE ENSAMBLE DE TRIPODES**  
**ESQUEMA DE CONTROL ELECTRICO**  
**ELABORO POR: JESUS ALVAREZ GUTIERREZ**  
**MAURICIO JAIMES MORENO**

I1= CICLO  
 I2= SENSOR ROLO1  
 I3= SENSOR ROLO2  
 I4= SENSOR ROLO3  
 I5= CIL. ROLO ARRIBA  
 I6= PRESOSTATO  
 I7= RESET  
 I8= SELECTOR CICLO  
 I9= SENSOR DESEMSAMBLE1  
 I10= SENSOR DESEMSAMBLE2  
 I11= SENSOR DESEMSAMBLE3

Q1= VAL. DESEMSAMBLE  
 Q2= ALARMA  
 Q3= VAL. ROLOS  
 Q4= PINTURA  
 Q5=ERROR DESENSAMBLE 1, SENSOR ROLO 1  
 Q6=ERROR DESENSAMBLE 2, SENSOR ROLO 2  
 Q7=ERROR DESENSAMBLE 3, SENSOR ROLO 3

Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29/20/05/06 11:06	archivo:	POKA	Página:	6/6



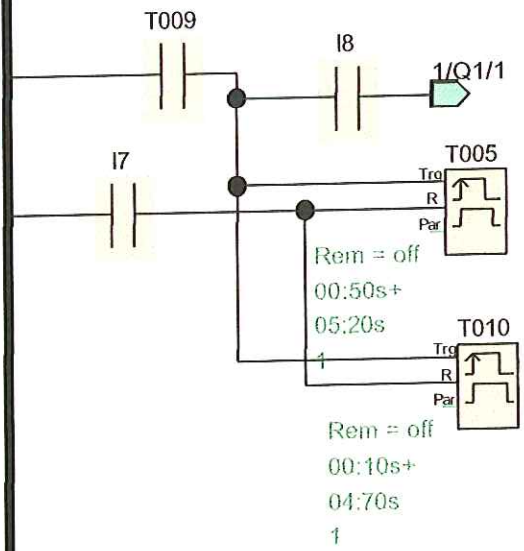
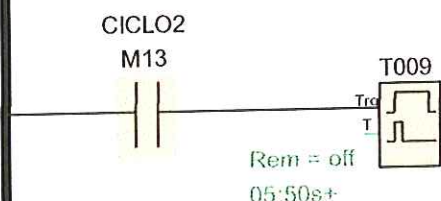
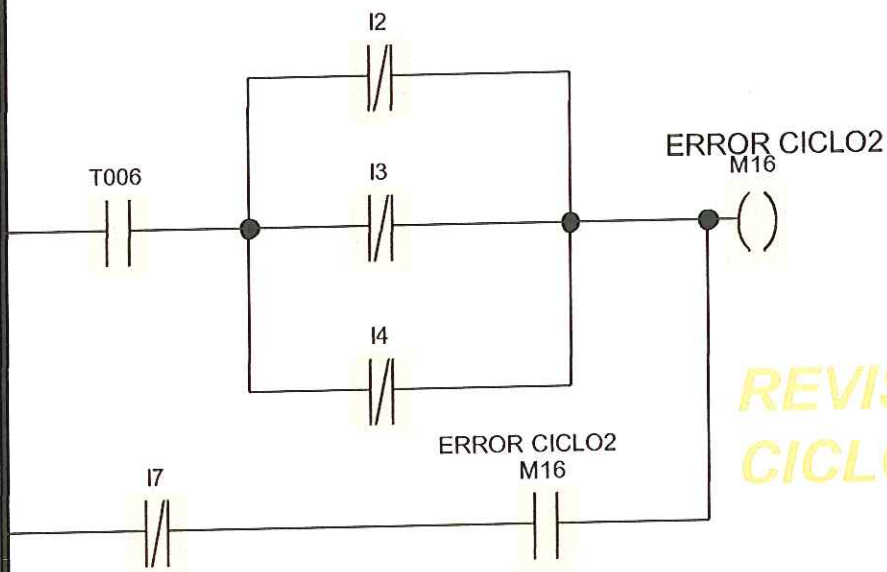


**INDICADOR DE ERROR  
DESENSAMBLE-SENSOR ROLO  
EN 1, 2 O 3**

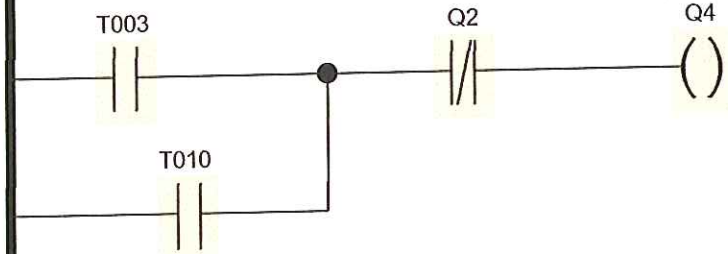
Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29/2005/05 11.06	archivo:	POKA	Página:	5/6

# REVISION ERROR CICLO 2 SUBCICLO 1

# CICLO 2 SUBCICLO 2



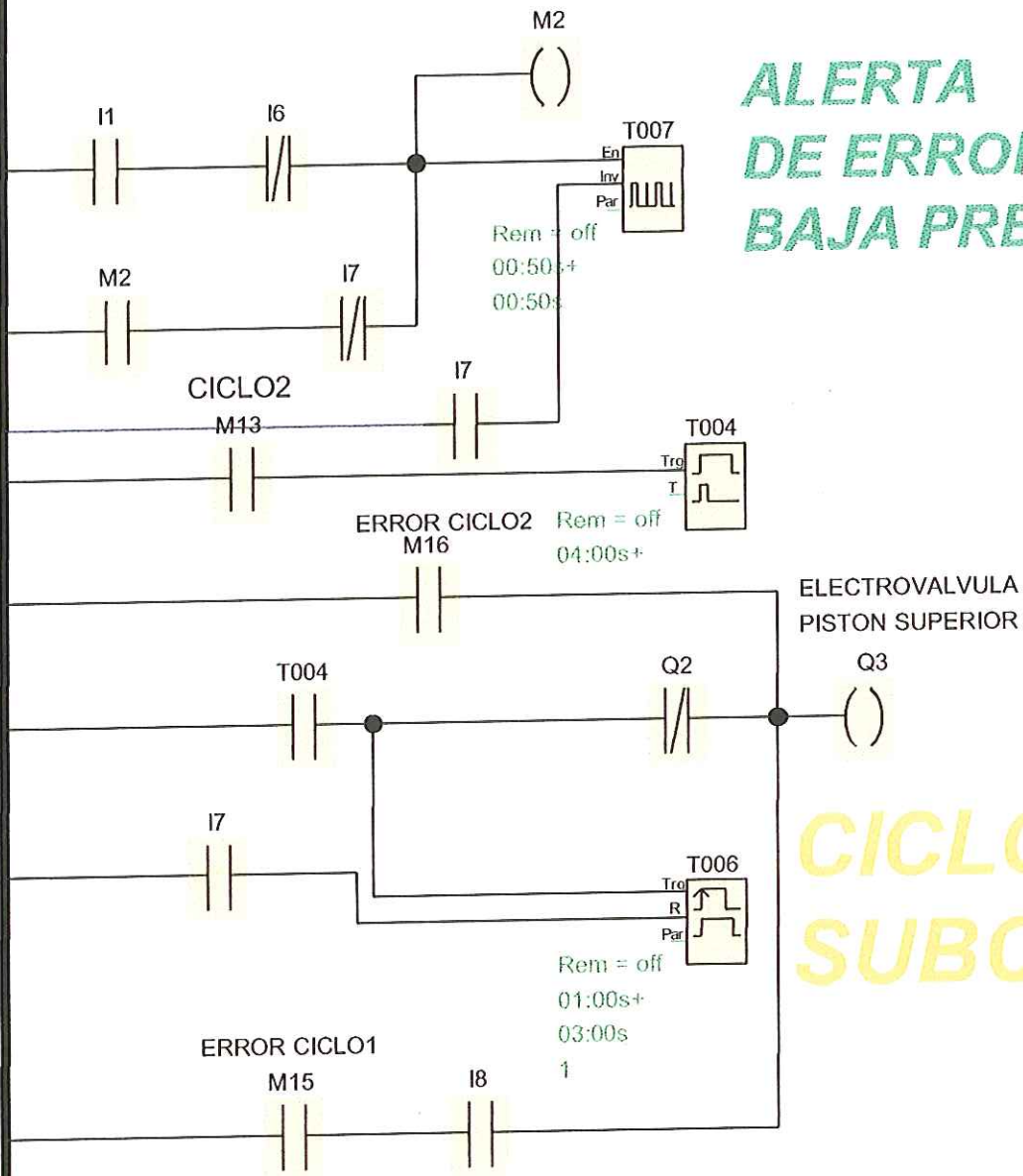
ELECTROVALVULA  
PINTADO



Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29/2005/05 11:06	archivo:	POKA	Página:	4/6

# ALERTA DE ERROR POR BAJA PRESION

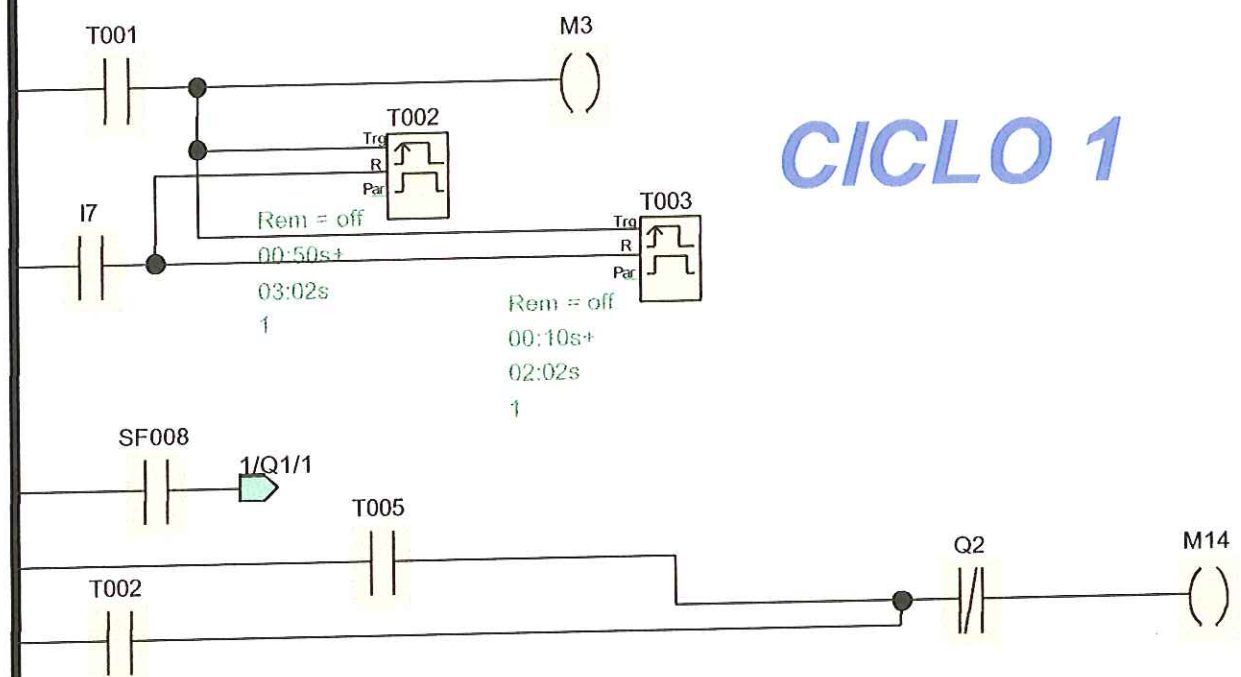
# CICLO 2 SUBCICLO 1



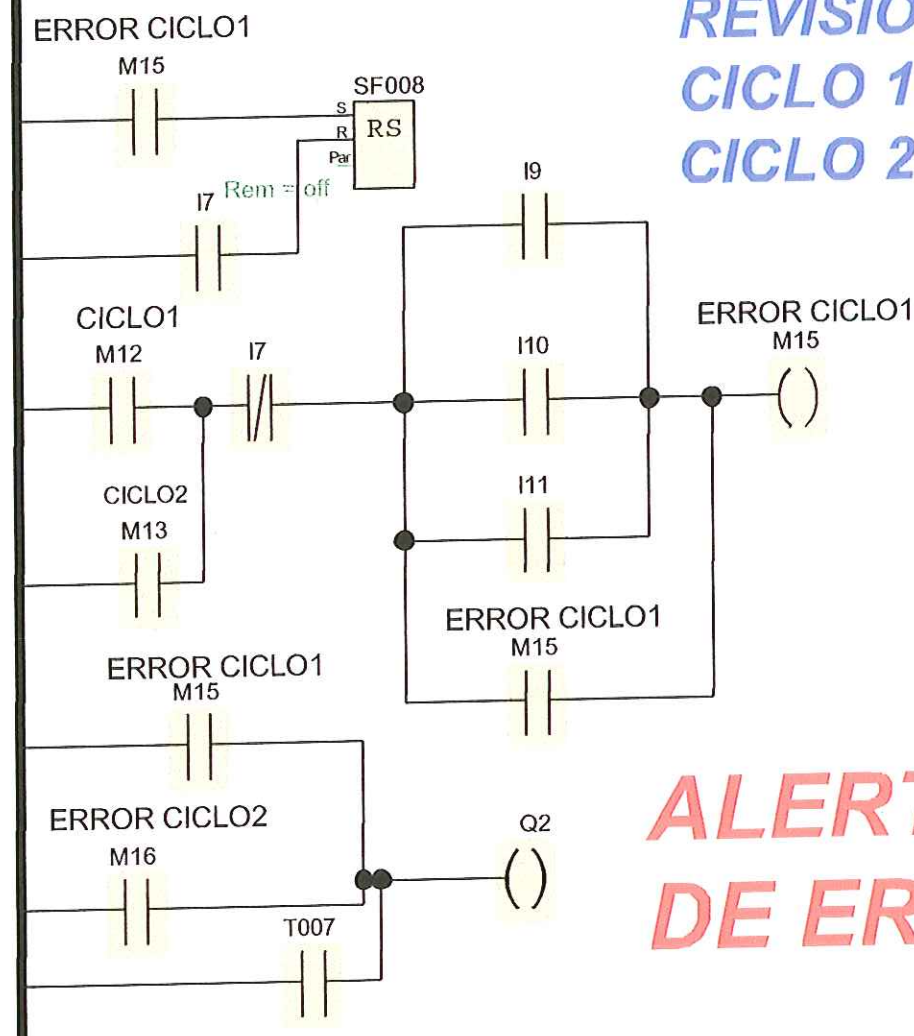
Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29/20/05/05 11:06	archivo:	POKA	Página:	3/6



# CICLO 1



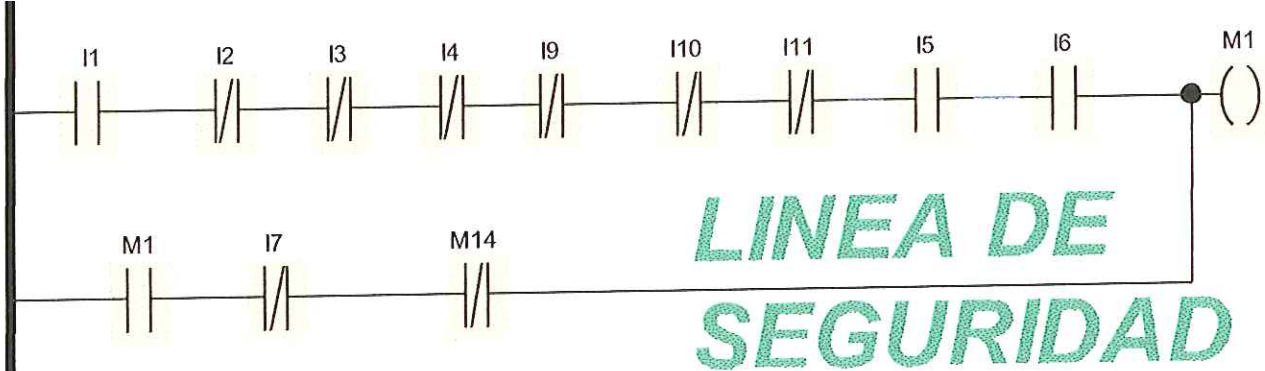
# REVISION ERROR CICLO 1 CICLO 2 SUBCICLO 1



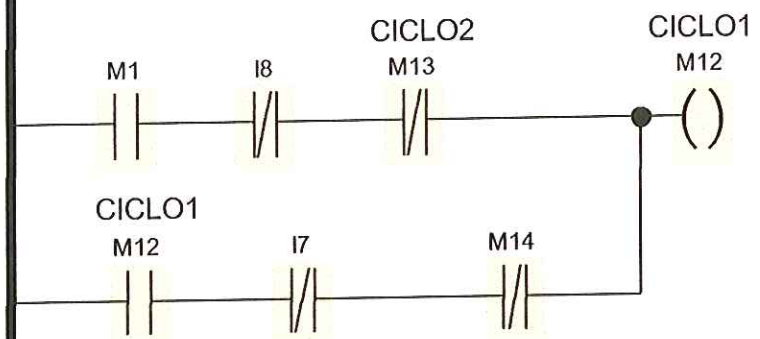
# ALERTA DE ERROR

Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29/205/05 11.06	archivo:	POKA	Página:	2/6

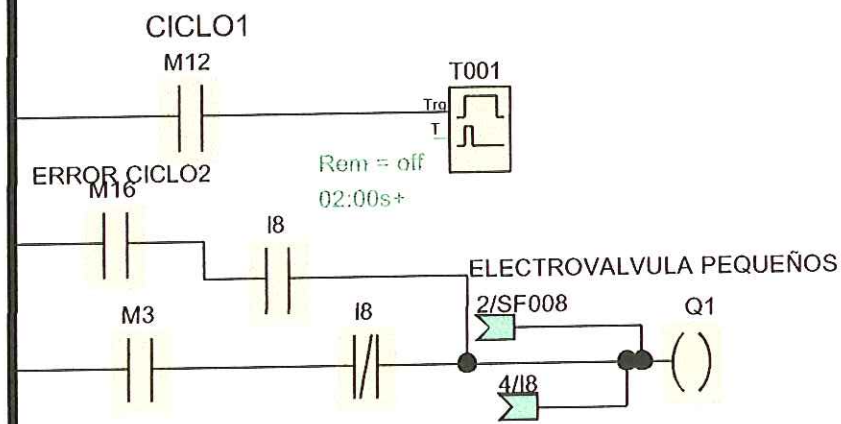
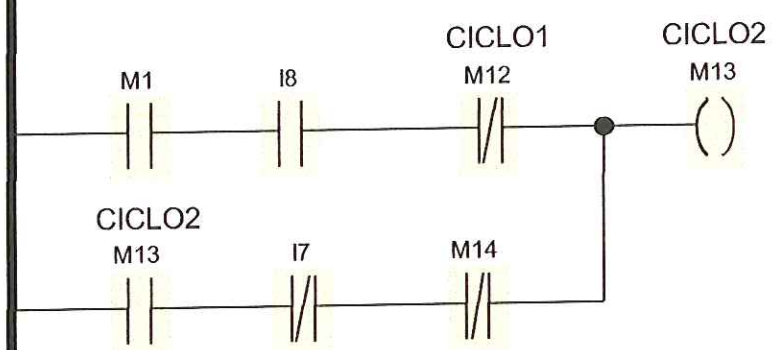
POKAYOKE TRIPODES



**LINEA DE SEGURIDAD**



**ELECCION DE CICLO**



Autor:	Administrador	Proyecto:		Ciente:	
Comprobado:		Instalación:		Nº diagrama:	
Creado/Modificado:	19/11/04 18:29:20/05/05 11.06	archivo:	POKA	Página:	1/6

## Technical data: Inductive proximity switch BERO 3RG4

<b>3RG40220KB00</b>	Normally open Schließer	Cable Kabel (eingegossen)
<b>3RG40223KB00</b>	Normally open Schließer	Connector M12 Stecker M12
<b>3RG40220KA00</b>	Normally closed Öffner	Cable Kabel (eingegossen)
<b>3RG40223KA00</b>	Normally closed Öffner	Connector M12 Stecker M12

Size/Bauform : cylindrical M12/zyllindrisch M12  
 Mounting/Einbau : non-embeddable/ nichtbündig

**Operating distance/Schaltabstand**

Rated operating distance/  
Bemessungsschaltabstand sn : 4,0 mm  
 Effective operating distance/  
Realschaltabstand sr : 3,6 ... 4,4 mm  
 Assured operating distance/  
Gesicherter Schaltabstand sa : 3,24 mm  
 Standard target mild steel/  
Meßplatte Stahlfahne St 37 : 12 x 12 x 1 mm  
 Repeat accuracy/Reproduzierbarkeit R : 0,2 mm  
 Hysteresis/Hysterese H : 0,03 ... 0,88 mm  
 Reduction factors/Reduktionsfaktoren : Al: 0,60 Cu: 0,50  
 Ms: 0,60 Stainl. steel/Edelst.: 0,90

**Power supply voltage/****Versorgungsspannung**

Rated operational voltage/  
Bemessungsbetriebsspannung Ue : 230 V AC /DC  
 Operating voltage range/  
Betriebsspannungsbereich UB : 20 ... 320 V DC / 20 ... 265 V AC  
 No-load supply current/Leerlaufstrom  
max. ripple content/zul. Restwelligkeit Io : typ 1 mA (bei 24 V); max. 1,5 mA (bei Umax)

**Output/Ausgang**

Output/Ausgangsart : 2 wire AC / DC / 2 Leiter AC / DC  
 Rated operational current/  
Bemessungsbetriebsstrom Ie : 200 mA  
 Output voltage drop/Spannungsfall max. Ud : 8,0 V  
 Off-state current/Reststrom : 1,5 mA  
 Short-circuit strength/Kurzschlußfestigkeit : not built-in/ nicht eingebaut  
 Overload withstand capability/  
Überlastfestigkeit : not built-in/ nicht eingebaut

**Times/Zeiten**

Frequency of operating cycles/  
Schaltfrequenz f : DC: 900 / AC: 25 Hz  
 Time delay before availability/  
Bereitschaftsverzug tv : 100 ms



**Temperatures/Temperaturen**

Rated temperature/ Bemessungstemperatur	Tu	:	25 Cel
Ambient temperature range/ zul. Umgebungstemperatur	Ta	:	-25...+85 Cel
Storage temperature range/ zul. Lagertemperatur	Ts	:	-40...+85 Cel

**Electrical protections/****Elektrische Schutzmaßnahmen, EMV**

Reverse voltage protection/ Verpolungsschutz	:	--
Wire breakage protection/ Drahtbruchsicherheit	:	--
Inductive overvoltage/Induktionsschutz	:	built-in/eingebaut
Spurious switch-on pulse/Einschaltfehlimpuls	:	suppressed/unterdrückt
IEC 61000-4-2		4 kV
ENV 50140		3 V/m
IEC 61000-4-4		4 kV
IEC 60255-5		1 kV
IEC 61000-4-4 (coupled directly/direkt aufgekoppelt)		2 kV
IEC 801-3		10 V/m

**Mechanical protections/****Mechanische Schutzmaßnahmen**

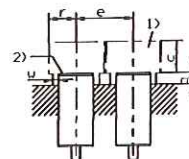
Degree of protection/Schutzart	:	IP 67
Shock/Schockbeanspruchung	:	30 x g; 11 ms duration/Einwirkdauer
Vibration/Schwingbeanspruchung	:	10 bis 55 Hz, 1mm amplitude/Amplitude
Max. tightening torque/ max. Anzugsdrehmoment	:	10 Nm

**Indicators/Anzeigen**

: LED (switching status/Schaltzustand)

**Mounting conditions/****Einbaubedingungen**

Side-by-side mounting possibility/ Aneinanderreihbarkeit	e>	:	27 mm
Influence metallic surroundings/ Einfluß metallischer Umgebung	r>	:	15 mm
	g>	:	8 mm
	w>	:	9 mm
	c>	:	8 mm
Max. Cable length/ max. zulässige Leitungslänge	:	:	100 m

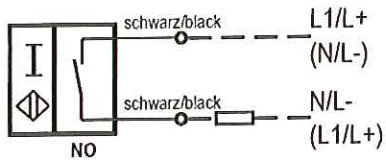
**Constructive characteristics/****Konstruktive Merkmale**

Housing material/Gehäuse	:	brass/Messing
Cable type/Leitungstyp	:	2 x 0,25 qmm, PUR LiYY11Y
Cable length/Leitungslänge, eingegossen	:	2 m
Sensing face/Ansprechfläche	:	front side/stirnseitig
Weight/Gewicht	:	Cable/Kabel: 0,08 kg, Connector/Stecker: 0,02 kg

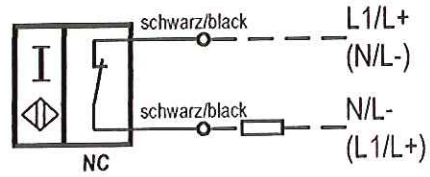
## Remarks/Bemerkungen:

- 1) free space/Freiraum
- 2) sensing face/aktive Fläche
- 3) 4 x on circumference/4 x am Umfang

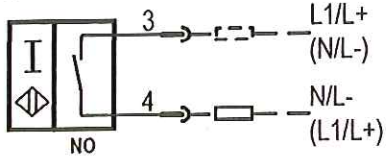
3RG40220KB00:



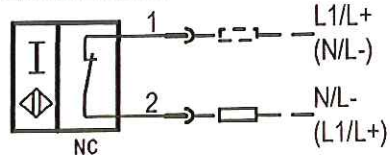
3RG40220KA00:



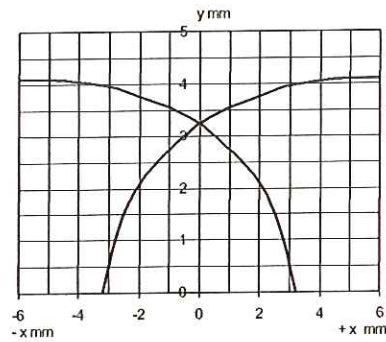
3RG40223KB00:

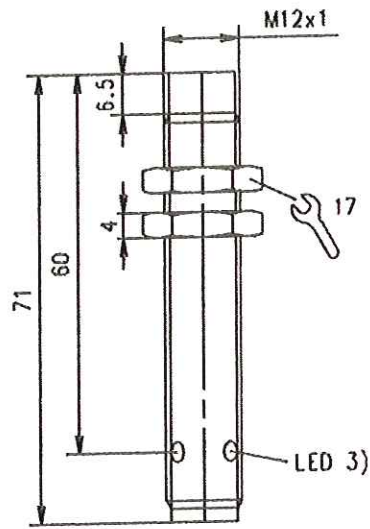
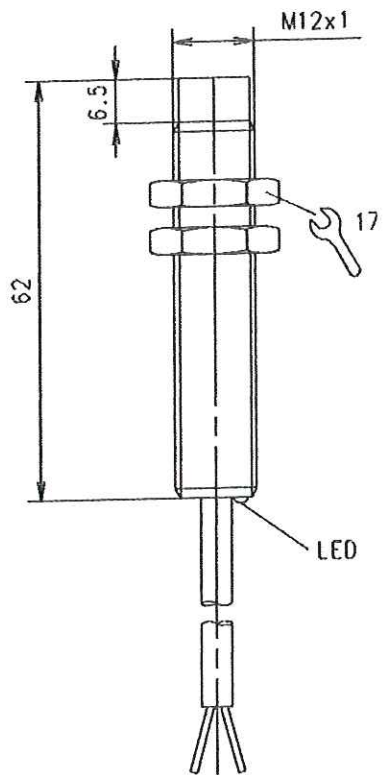


3RG40223KA00:



Response characteristics/Ansprechkennlinie:







## Technical data: Inductive proximity switch BERO 3RG4

<b>3RG40120KB00</b>	Normally open Schließer	Cable Kabel (eingegossen)
<b>3RG40123KB00</b>	Normally open Schließer	Connector M12 Stecker M12
<b>3RG40120KA00</b>	Normally closed Öffner	Cable Kabel (eingegossen)
<b>3RG40123KA00</b>	Normally closed Öffner	Connector M12 Stecker M12

**Size/Bauform** : cylindrical M12/zylindrisch M12  
**Mounting/Einbau** : embeddable/bündig

**Operating distance/Schaltabstand**

Rated operating distance/  
Bemessungsschaltabstand sn : 2,0 mm  
Effective operating distance/  
Realschaltabstand sr : 1,80 ... 2,20 mm  
Assured operating distance/  
Gesicherter Schaltabstand sa : 1,62 mm  
Standard target mild steel/  
Meßplatte Stahlfahne St 37 : 12 x 12 x 1 mm  
Repeat accuracy/Reproduzierbarkeit R : 0,10 mm  
Hysteresis/Hysterese H : 0,02 ... 0,44 mm  
Reduction factors/Reduktionsfaktoren : Al: 0,50 Cu: 0,40  
Ms: 0,60 Stainl. steel/Edelst.: 0,90

**Power supply voltage/****Versorgungsspannung**

Rated operational voltage/  
Bemessungsbetriebsspannung Ue : 230 V AC/DC  
Operating voltage range/  
Betriebsspannungsbereich UB : 20 ... 320 V DC / 20 ... 265 V AC  
No-load supply current/Leerlaufstrom Io : typ 1 mA (24 V); max. 1,5 mA (Umax)

**Output/Ausgang**

Output/Ausgangsart : 2 wire AC/DC / 2 Leiter AC/DC  
Rated operational current/  
Bemessungsbetriebsstrom Ie : 200 mA  
Output voltage drop/Spannungsfall max. Ud : 8,0  
Off-state current/Reststrom : 1,5 mA  
Short-circuit strength/Kurzschlußfestigkeit : not built-in/nicht eingebaut  
Overload withstand capability/  
Überlastfestigkeit : not built-in/nicht eingebaut

**Times/Zeiten**

Frequency of operating cycles/  
Schallfrequenz f : DC: 1200 Hz / AC: 25 Hz  
Time delay before availability/  
Bereitschaftsverzug tv : 100 ms

**Temperatures/Temperaturen**

Rated temperature/ Bemessungstemperatur	Tu	:	25 Cel
Ambient temperature range/ zul. Umgebungstemperatur	Ta	:	-25...+85 Cel
Storage temperature range/ zul. Lagertemperatur	Ts	:	-40...+85 Cel

**Electrical protections/  
 Elektrische Schutzmaßnahmen, EMV**

Inductive overvoltage/Induktionsschutz	:	built-in/eingebaut
Spurious switch-on pulse/ Einschaltfehlimpuls	:	suppressed/unterdrückt
IEC 61000-4-2		4 kV
ENV 50140		3 V/m
IEC 61000-4-4		4 kV
IEC 60255-5		1 kV
IEC 61000-4-4 (coupled directly/direkt aufgekoppelt)		2 kV
IEC 801-3		10 V/m

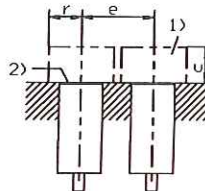
**Mechanical protections/  
 Mechanische Schutzmaßnahmen**

Degree of protection/Schutzart	:	IP 67
Shock/Schockbeanspruchung	:	30 x g; 18 ms duration/Einwirkdauer
Vibration/Schwingbeanspruchung	:	10 bis 55 Hz, 1mm amplitude/Amplitude
Max. tightening torque/ max. Anzugsdrehmoment	:	10 Nm

**Indicators/Anzeigen** : LED (switching status/Schaltzustand)

**Mounting conditions/  
 Einbaubedingungen**

Side-by-side mounting possibility/ Aneinanderreihbarkeit	e>	12 mm
Influence metallic surroundings/ Einfluß metallischer Umgebung	r>	6 mm
	g>	--
	w>	--
	c>	6 mm
Max. Cable length/ max. zulässige Leitungslänge	:	100 m

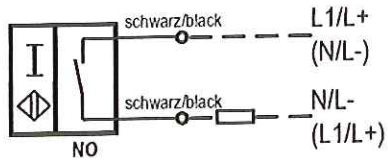


**Constructive characteristics/  
 Konstruktive Merkmale**

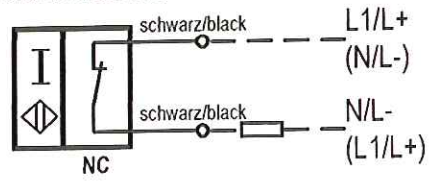
Housing material/Gehäuse	:	brass/Messing
Cable type/Leitungstyp	:	2 x 0,25 qmm, PUR LiYY11Y
Cable length/Leitungslänge, eingegossen	:	2 m
Sensing face/Ansprechfläche	:	front side/stirnseitig
Weight/Gewicht	:	Cable/Kabel: 0,08 kg , Connector/Stecker: 0,02 kg

- Remarks/Bemerkungen:
- 1) free space/Freiraum
  - 2) sensing face/aktive Fläche
  - 3) 4 x on circumference/4 x am Umfang

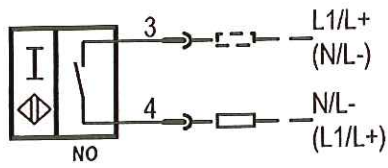
3RG40120KB00:



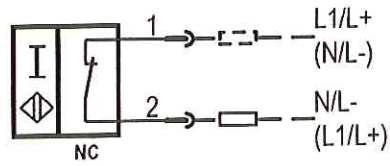
3RG40120KA00:



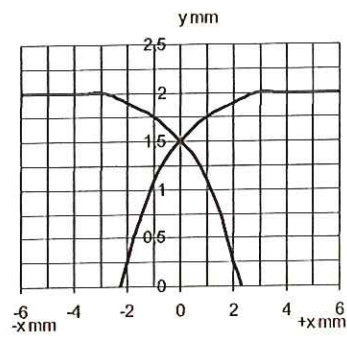
3RG40123KB00:



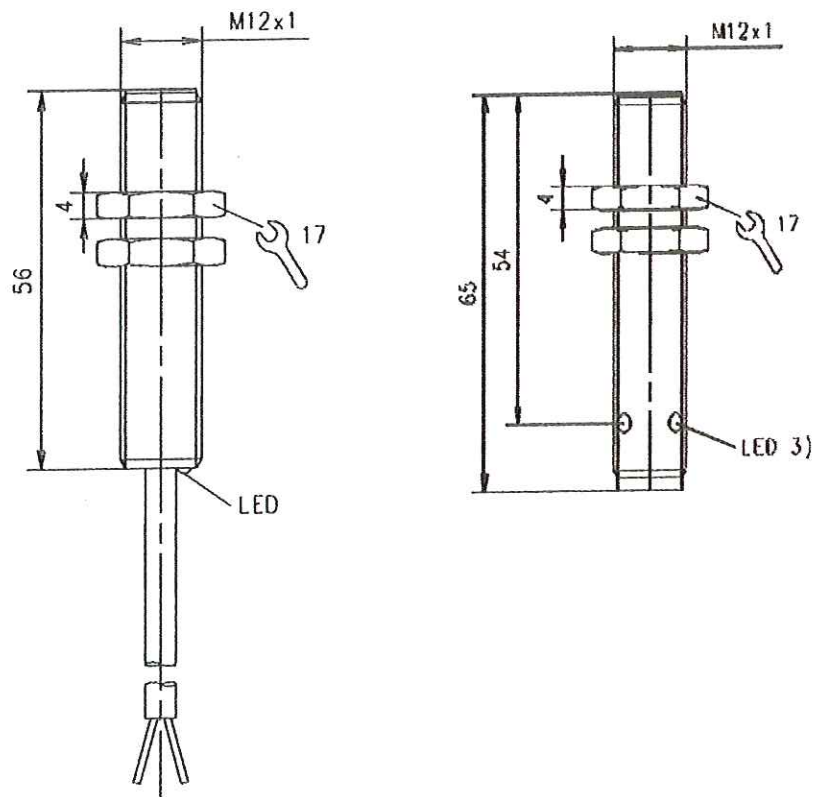
3RG40123KA00:



Response characteristics/Ansprechkennlinie:







ANEXO I

## A Datos técnicos

### A.1 Datos técnicos generales

Criterio	Verificación según	Valores
Dimensiones (AxAxP) Peso Montaje		72 x 90 x 55 mm aprox. 190 g en perfil soporte de 35 mm ancho: 4 unidades de división
LOGO!...L...: Dimensiones (AxAxP) Peso Montaje		126 x 90 x 55 mm aprox. 360 g en perfil soporte de 35 mm ancho: 7 unidades de división
Condiciones ambientales climáticas		
Temperatura ambiente montaje horizontal montaje vertical	Frío según IEC 68-2-1 Calor según IEC 68-2-2*	0 ... 55° C 0 ... 55° C
Almacenaje/transporte		-40° C ... +70° C
Humedad relativa	IEC 68-2-30	de 5 a 95 % sin formación de rocío
Presión atmosférica		795 ... 1080 hPa
Sustancias nocivas	IEC 68-2-42 IEC 68-2-43	SO <sub>2</sub> 10 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , 4 días H <sub>2</sub> S 1 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> , 4 días
Condiciones ambientales mecánicas		
Tipo de protección		IP 20
Vibraciones	IEC 68-2-6	10 ... 57 Hz (amplitud constante 0,15 mm) 57 ... 150 Hz (aceleración constante 2 g)
Choque	IEC 68-2-27	18 choques (semisenoidal 15g/11ms)

\*IEC 68 contiene VDE 0631

Datos técnicos

Criterio	Verificación según	Valores
Caída ladeada	IEC 68-2-31	Altura de caída 50 mm
Caída libre, embalado	IEC 68-2-32	1 m
Compatibilidad electromagnética (CEM)		
Descarga electrostática	IEC 801-2 grado de intensidad 3	8 kV descarga al aire 6 kV descarga por contacto
Campos electromagnéticos	IEC 801-3	Intensidad de campo 10 V/m
Supresión de radiointerferencias	EN 55011	Case valor límite B grupo 1 Clase valor límite A en operación ASi
Emisión de perturbaciones CEM	EN 50081-2	
Inmunidad a interferencias	EN 50082-2	
Impulsos en ráfagas	IEC 801-4 grado de intensidad 3	2 kV (conductores de alimentación y de señalización) Variantes B11: según <i>ASi-Complete Specification V 2.0 del 27-11-95</i>
Impulso individual de gran energía (surge) (sólo para LOGO! 230....)	IEC 801-5 grado de intensidad 2	0,5 kV (conductores alimentación) simétrico 1 kV (conductores alimentación) asimétrico
Indicaciones concernientes a la seguridad CEI / VDE		
Dimensionamiento de los entrehierros y las fugas	IEC 664, IEC 1131, EN 50178 Entw. 11/94 UL 508, CSA C22.2 No 142 Para LOGO! 230R/RC también VDE 0631	se cumple
Rigidez dieléctrica	IEC 1131	se cumple



## A.2 Datos técnicos: LOGO! 230...

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! 230RCL LOGO! 230RCLB11
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	115/230 V c.a.	115/230 V c.a.
Margen admisible	85 ... 253 V c.a.	85 ... 253 V c.a.
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
• 115 V c.a.	10 ... 30 mA	15 ... 65 mA
• 230 V c.a.	10 ... 20 mA	15 ... 40 mA
Compensación de fallos de tensión		
• 115 V c.a.	típ. 10 ms	típ. 10 ms
• 230 V c.a.	típ. 20 ms	típ. 20 ms
Potencia disipada en caso de		
• 115 V c.a.	1,1 ... 3,5 W	1,7 ... 7,5 W
• 230 V c.a.	2,3 ... 4,6 W	3,4 ... 9,2 W
Respaldo en tampón del reloj a 25° C	típ. 80 h	típ. 80 h
Exactitud del reloj de tiempo real	máx. ±5 s / día	máx. ±5 s / día
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	6	12
Separación galvánica	no	no
Tensión de entrada L1		
• señal 0	<40 V c.a.	<40 V c.a.
• señal 1	>79 V c.a.	>79 V c.a.
Intensidad de entrada para		
• señal 0	<0,03 mA	<0,03 mA
• señal 1	>0,08 mA	>0,08 mA

*Datos técnicos*

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! 230RCL LOGO! 230RCLB11
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactora potencia B16 900 A	Contactora potencia B16 900 A
Derating	ninguna; en todo el margen de temperatura	ninguna; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
Frecuencia de conmutación		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz
Conexión de esclavo ASi (sólo LOGO! 230RCLB11)		
Perfil ASi • I/O Config • ID Code		7.F 7 <sub>h</sub> F <sub>h</sub>
Cantidad de entradas digitales virtuales		4
Cantidad de salidas digitales virtuales		4
Alimentación de tensión		Fuente de alimentación ASi
Consumo de corriente		típ. 30 mA
Separación galvánica		sí
Protección contra inversión de polaridad		sí

ANEXO J

ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA  
(PROCESO AMEF)

Item: Junta fina  
 Código de la máquina: 01015  
 Fecha clave: 14 07 04  
 Responsabilidad del proceso: TECNAMIND  
 Preparado por: Luis Fernando Pacheco  
 Equipo principal: TECNAMIND Jaime Castillo Victor Campillo  
 Fecha AMEF (OVI 140704 (Rev) 14-07-2004

Item	Modo de falla	Efecto(s) Falla	S e c u e n c i a	C l a s i f i c a d o	Causa(s) / Potencial(es) / Mecanismos de falla	O c u r r e n c i a	Actuales Controles de Prevención y detección	Proceso donde se detecta el defecto	D e t e c t a d o	R e p a r a d o	Medidas (Preventas)	Responsable(s) & Fecha de cumplimiento de cumplimiento	Resultado(s) de las acciones					
													S e c u e n c i a	C l a s i f i c a d o	R e p a r a d o	R e p a r a d o		
El centro de la pieza se mueva dentro del mecanismo de anclaje	Movimiento en las juntas de sujeción	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	3	3	Falta en la bomba	8 Ninguno	Redundante	Redundante junta fina	9	948	* Verificar funcionamiento en frío o tataro * Mantenimiento preventivo y correctivo de la bomba y válvulas hidráulicas							
La pieza no queda centrada	La pieza queda centrada	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	9	9	Detección en el mecanismo de anclaje	8 Ninguno	Redundante	Redundante junta fina	9	948	* Durante y cambio de rotura (Medición de las dimensiones para comprobar desgastes) * Desmonte, recalibrar o cambio de herramienta							
La pieza no queda correctamente por movimiento de todo el conjunto	La pieza no queda correctamente por movimiento de todo el conjunto	Variación del Run-out por fuera de las especificaciones	9	9	Identificación en los rodamientos	8 Ninguno	Redundante	Redundante junta fina	9	948	* Desmonte, inspección y alineación de los rodamientos del husillo							



## ANEXO K

Fórmulas para aplicación de cilindros.

- ▶ Determinar la velocidad de un cilindro sabiendo su tamaño y el caudal de la bomba en litros/minuto.

$$velocidad(m/min) = \frac{\text{Caudal (litros/min)}}{6 * \text{área del pistón (cm}^2)}$$

- ▶ Determinar el caudal necesario para conseguir una velocidad determinada.

$$Caudal \text{ (litros/min)} = 6 * velocidad \text{ (m/min)} * \text{área del pistón (cm}^2)$$

- ▶ Determinar la fuerza de una presión dada.

$$F \text{ (KPa)} = \text{área (cm}^2) * \text{presión (KPa/cm}^2)$$

Potencia en un circuito hidráulico.

$$\text{▶ } Potencia = \frac{\text{fuerza} * \text{distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{trabajo}}{\text{tiempo}}$$

Caída de Presión

$$\text{▶ } F * (Q_m / Q_d)^2 - F, \text{ ó } [(Q_m / Q_d)^2 - 1] * F$$

### Nomenclatura

*B* Caída de presión base (caída de presión de la válvula de control con la válvula en posición de apertura completa)

*F* Caída de presión de fricción a caudal de diseño

*P<sub>e</sub>* Presión final para el sistema

*P<sub>s</sub>* Presión inicial para el sistema

*DP* Caída de presión en la válvula de control

*Q<sub>d</sub>* Caudal de Diseño

*Q<sub>m</sub>* Caudal máximo previsto

Para hacer más real el cálculo, se le añade un factor de seguridad de 10.

$$\blacktriangleright 1,1 \times [(Q_m / Q_d)^2 - 1] \times F$$

Balance térmico

$$\text{calor acumulado} = (\text{calor generado} - \text{calor disipado}) * t$$



t = tiempo de operación del sistema