

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**MODERNIZACIONES EN EL SISTEMA DE CONTROL
DE LAS TURBINAS RUSTON TB-4000 DEL OLEODUCTO
NOR PERUANO**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :

INGENIERO ELECTRONICO

LEON HUMBERTO PALOMINO FEBRES

PROMOCION: 1979 - II

**LIMA - PERU
1998**

*A mis padres Humberto y Esther por su gran
esfuerzo en educarme y a mi esposa Yvonne
por su comprensión.*

*Una especial dedicación a mis hijos Andrés y
Diego.*

**MODERNIZACIONES EN EL SISTEMA DE CONTROL DE LAS
TURBINAS RUSTON TB - 4000 DEL OLEODUCTO NOR
PERUANO**

SUMARIO

El presente informe de ingeniería expone el desarrollo de los trabajos realizados sobre las modernizaciones en el sistema de control de las turbinas a gas Ruston TB-4000 el Oleoducto Nor Peruano. Teniendo como objetivo la reducción del índice de fallas en los reinicios de bombeo y la eliminación de fallas durante bombeo por falsa señal, los trabajos se centraron en la modernización del sistema de control del motor de arranque y el sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham en cinco y dieciséis turbinas respectivamente. Se inicia con la evaluación de la problemática y se muestran análisis estadísticos de fallas que sustentan la justificación técnico - económica que se realiza en el Oleoducto. La filosofía planteada para los nuevos sistemas de control permiten utilizar equipos de tecnología de punta tales como PLC, visualizador de datos que sirve como interfaz hombre-máquina, controladores de temperatura 1 / 16 DIN basados en microprocesador y la reutilización de componentes que se encontraban en buen estado. Se adjuntan todos los diagramas de funcionamiento y conexiones con figuras fotográficas que ilustran los trabajos realizados. Finalmente se hace una evaluación económica de la inversión.

Se ha logrado reducir las fallas en los sistemas indicados, incrementar la confiabilidad en la operación, cambiar de tecnología y mejorar los diseños originales.

INDICE

	Página
PROLOGO	1
CAPITULO I	
EL OLEODUCTO NOR PERUANO	3
1.1 Panorama general	3
1.2 Descripción del proceso principal	7
1.3 Descripción de una estación de rebombeo	9
CAPITULO II	
EQUIPOS PRINCIPALES DE BOMBEO	13
2.1 Turbinas Ruston TB - 4000	13
2.1.1 Descripción general	13
2.1.2 Sistemas	19
2.2 Bombas Bingham MSD	24
CAPITULO III	
TRABAJOS DE MODERNIZACION EN EL OLEODUCTO	29
3.1 Sistemas modernizados	29
3.2 Objetivo	31
CAPITULO IV	
MODERNIZACION DEL SISTEMA DE CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE DE CINCO TURBINAS RUSTON TB - 4000	32
4.1 Sistema de arranque	32
4.1.1 Descripción de la secuencia de arranque de la turbina	32
4.1.2 Descripción del sistema de arranque y encroche del motor eléctrico	35
4.2 Descripción de los elementos de control y circuito original	35

4.2.1	Elementos del control original	35
4.2.2	Motor eléctrico	38
4.2.3	Descripción del circuito original	38
4.3	Problemática	44
4.3.1	Fallas típicas del sistema de control	44
4.3.2	Desabastecimiento y obsolescencia de repuestos	47
4.3.3	Inconvenientes de mantenimiento	48
4.3.4	Deficiencias del circuito original	48
4.4	Justificación de modernización	50
4.4.1	Análisis estadístico de fallas de arranque	50
4.4.2	Análisis técnico - económico	56
4.5	Filosofía del nuevo sistema de control	59
4.6	Ingeniería de detalle	62
4.6.1	Descripción del equipo utilizado	62
4.6.2	Estructura del programa del PLC Simatic S5 - 100U	65
4.6.3	Esquemas eléctricos de conexiones	71
4.6.4	Diagramas de ubicación de equipo	71
4.7	Procedimientos de trabajo	78
4.7.1	Instalación de software	78
4.7.2	Respaldo del programa	78
4.7.3	Reemplazo de EEPROM y pila tampón	78
4.7.4	Operación del nuevo sistema	79
4.8	Mantenimiento preventivo	82
4.9	Listado de repuestos recomendados	82

CAPITULO V

MODERNIZACION DEL SISTEMA DE INDICACIÓN Y PROTECCIÓN POR TEMPERATURA DE BOMBA BINGHAM EN DIECISEIS

TURBINAS RUSTON TB - 4000	84
5.1 Descripción del sistema original y su problemática	84

5.2	Justificación de modernización	90
5.2.1	Análisis estadístico de fallas	90
5.2.2	Análisis técnico - económico	90
5.3	Filosofía del nuevo sistema de control	93
5.4	Ingeniería de detalle	95
5.4.1	Equipo y material utilizado	95
5.4.2	Diagramas esquemáticos de interconexión y cableado	98
5.4.3	Diagrama de ubicación frontal de componentes	98
5.4.4	Detalles de instalación	98
5.5	Procedimientos de trabajo	98
5.6	Mantenimiento preventivo	109
5.7	Repuestos recomendados	109
CAPITULO VI		
EVALUACION ECONOMICA		110
6.1	Costos de modernizaciones	110
CONCLUSIONES		115
ANEXO A		
LISTA DE OPERACIONES DEL PLC S-5 100U		117
ANEXO B		
PROGRAMAS DE MANDO		125
B.1	Software STEP 5 - diagrama escalera del programa	126
B.2	Programación de módulos	145
ANEXO C		
DESCRIPCION TECNICA DEL PLC		153
ANEXO D		
INFORMACION TECNICA DE EQUIPOS		166
D.1	Catálogos	167
D.2	Características eléctricas del motor	196
D.3	Elementos del control original	197

ANEXO E

INDICE DE FALLAS DEL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE	198
E.1 Cuadro comparativo de fallas de arranque periodo 1996 - 1997	199
E.2 Gráfico comparativo del IFCMA mensualmente 1996 - 1997	200
E.3 Gráfico comparativo del IFCMA por turbinas 1996 - 1997	201
E.4 Cuadro de cantidad de paradas de bombeo por falsa senal	202
BIBLIOGRAFIA	203

PROLOGO

El propósito de este informe de ingeniería es informar sobre la metodología de los trabajos realizados y los resultados obtenidos en las modernizaciones realizadas al sistema de control de las turbinas Ruston TB - 4000 del Oleoducto Nor Peruano para lograr reducir el índice de fallas en los arranques y las paradas de bombeo por falsa señal debido a la obsolescencia de repuestos e inoperatividad de los controles del motor de arranque de cinco turbinas y del sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham de dieciséis turbinas respectivamente.

El método de trabajo ha tenido como punto de partida un análisis de fallas utilizando herramientas estadísticas que ampliaron la información del mal estado en que se encontraban los controles y que ayudaron a sustentar la aprobación de las justificaciones técnico - económico para mejorar y modernizar los controles indicados. Adicionalmente se planteó nuevas filosofías de control que permitieron la utilización de controles basados en PLC y controladores de temperatura basados en microprocesador logrando una operación simple, estandarización de equipo, mejoras al diseño original, disponibilidad de repuestos y componentes libres de mantenimiento. En el informe se adjuntan diagramas de funcionamiento y de conexionado eléctrico que conjuntamente con vistas fotográficas muestran en forma clara y precisa los trabajos realizados y la forma de instalación y ubicación de los nuevos equipos. Con el presupuesto operativo de la empresa del año 1994 se logró modernizar dieciséis sistemas de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham y con el presupuesto del año 1996 cinco controles del motor de arranque

quedando pendiente la modernización de once turbinas que por motivos de extrema austeridad aun no se puede realizar.

Los resultados positivos obtenidos en la práctica con relación a la disminución del índice de fallas de los controles modernizados demuestran que es necesario el cambio de tecnología en los procesos críticos y que la industria incentive al personal en la presentación de innovaciones y el mejoramiento continuo de procesos.

En los dos primeros capítulos se desarrolla una breve descripción del panorama general del Oleoducto y de los equipos principales de bombeo donde se han desarrollado las modernizaciones los cuales enfocan al lector sobre el ambiente industrial donde se han desarrollado los trabajos. El tercer capítulo trata sobre la metodología y el enfoque que tiene el Oleoducto en relación a los trabajos de modernización y el objetivo de los trabajos desarrollados. En el cuarto y quinto capítulo se desarrollan los informes de cada una de las modernizaciones y mejoramientos respectivamente. Se describe el control original y su problemática, los análisis técnico-económico , la filosofía de los nuevos sistemas de control , la ingeniería de detalle y los procedimientos de trabajo. La evaluación económica final de cada uno de los trabajos se encuentra en el sexto capítulo. Los anexos brindan información sobre el software utilizado y las características técnicas de todos los equipos utilizados.

Este informe puede servir de guía para la realización de otras mejoras y modernizaciones en el campo del control industrial y nos sentiríamos satisfechos si se logra que a nivel país se empiece con la transformación y capacitación de personal.

Finalmente quisiera agradecer al Oleoducto por el apoyo brindado para el desarrollo de este trabajo en especial al Grupo Turbinas y a la Unidad Sistemas por su colaboración.

CAPITULO I

EL OLEODUCTO NOR PERUANO

1.1 Panorama general

El Oleoducto Nor Peruano es una empresa en camino hacia la excelencia, flexible, innovadora, de crecimiento sostenido, eficiente, rentable, competitiva e impulsada por sus valores corporativos esenciales . Está comprometida con sus objetivos estratégicos así como al desarrollo y bienestar de sus recursos humanos y orientada a la satisfacción total de sus clientes. Su misión es recibir y transportar el petróleo que se produce en los campos de la selva para embarcarlo hacia los centros de consumo nacional e internacional. Para cumplir eficientemente con la misión y los objetivos estratégicos se tiene implementado actualmente diferentes estrategias tales como el procedimiento de mejoramiento continuo de procesos, la utilización de herramientas de la calidad, reingeniería y el mantenimiento productivo total que permiten que todo el personal conozca y se sienta involucrado en el proceso de transformación de la empresa . La utilización de estas estrategias logra que se tenga un desarrollo estructurado de una mejora, trabajo en equipo, selección del proceso crítico que es necesario mejorar, conocimiento por parte del personal operativo de los conceptos básicos de mantenimiento , incentivo y apoyo a todo nivel para fomentar la presentación de innovaciones e implementación de las mejoras en los sistemas de control ó procesos críticos.

Actualmente el Oleoducto Nor Peruano consta de 477 trabajadores entre personal administrativo, empleado y obrero de los cuales el 70 % trabaja en las estaciones con un sistema especial de permanencia en ruta. Están distribuidos entre los departamentos de mantenimiento, operaciones, administrativo y recursos humanos.

Desde el punto de vista operativo el Oleoducto tiene dos clientes: PeruPetro y Pluspetrol a los cuales se les brinda el servicio de transporte de crudo desde Andoas y Estación 1 hacia Bayóvar respectivamente. Se tiene un promedio de 2,000,000 de barriles bombeados por mes y el costo operativo asciende a 2,41 \$ / barril transportado. A partir del año 1995 se bombea en el tramo Estación 5 - Bayóvar utilizando el procedimiento de segregación de crudo por medio de raspatubos separadores para entregar en Bayóvar la calidad respectiva de cada uno de los clientes.

Existe un proyecto categorizado como importante para la modernización de la instrumentación y la implementación de un sistema SCADA durante el periodo 1997-2000 lo que permitirá brindar seguridad a la operación, modernización, reducción de costos y un mejor servicio.

Para el mantenimiento de equipos se tiene una estructura conformada por mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo con personal propio y contratado donde la gestión de mantenimiento se realiza a través de un plan maestro de mantenimiento y los servicios preventivos de la mayoría de equipos son contratados exceptuando hasta la fecha los mantenimientos mayores de turbinas.

Las instalaciones básicas están conformadas por dos estaciones iniciales recolectoras que son Estación 1 y Andoas, una estación recolectora intermedia que es la Estación 5, cinco estaciones de refuerzo que son Morona, 6, 7, 8, 9 y un terminal marítimo de carga en Bayóvar. Adicionalmente se tiene 252 Kms. de tubería de 16 pulgadas de diámetro instalada entre Estación 5 y Andoas, 306 Kms. de tubería de 24 pulgadas de diámetro instalada entre estaciones 1 y 5 y 550 Kms. de tubería de 36 pulgadas de diámetro instalada entre la Estación 5 y el Terminal Bayóvar. El mapa de la figura 1.1 y el cuadro de la figura 1.2 ilustran el recorrido del Oleoducto y la ubicación de las estaciones respectivamente.

El equipamiento básico principal está conformado por dieciséis turbobombas con turbinas marca Ruston modelos TB-4000 y una turbobomba con turbina Ruston

DIVISION OLEODUCTO



Figura 1.1 Recorrido del Oleoducto

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES

Estación	Poblado cercano	Distrito	Provincia	Departamento
1	San José de Saramuro	Urarinas	Loreto	Loreto
Andoas	Nuevo Andoas	Nuevo Andoas	Alto Amazonas	Loreto
Morona		Borja	Alto Amazonas	Loreto
5	Felix Flores	Manseriche	Alto Amazonas	Loreto
6	Kuzu Grande	Cenepa	Condorcanqui	Amazonas
7	El Valor	El Milagro	Uctubamba	Amazonas
8	Playa Azul	Pucará	Jaén	Cajamarca
9	Km. 81	San Felipe	Jaén	Cajamarca
Bayóvar	Puerto Rico	Sechura	Sechura	Piura

Figura 1.2

modelo TA-1750 acopladas a bombas marca Bingham modelo MSD, nueve motobombas con motores Caterpillar modelo D398 y bombas Ingersoll Rand, siete turbogeneradores con turbinas marca Ruston modelo TA -1750 y generadores General Electric de 1,1 MW, once motogeneradores de diferentes potencias, marcas y modelos de acuerdo a la necesidad de cada estación. También se encuentran instalados en Estación 1 una planta desaladora para tratar electrolíticamente el petróleo con alto contenido de sal y tres pontones equipados con motobombas para la recepción y despacho de petróleo. En Bayóvar se encuentra el muelle de carga con capacidad para embarcar buques de hasta 250,000 toneladas, cuatro brazos de carga accionados hidráulicamente y operados remotamente con una capacidad de 25,000 bbl / hr , un sistema de medición de caudal que comprende cuatro medidores tipo turbina de 18 pulgadas y un patín bidireccional para calibración. Para la comunicación entre las estaciones se tiene instalado un sistema vía satélite. La figura 1.3 detalla las características de todas las estaciones del Oleoducto.

1.2 Descripción del proceso principal

El proceso principal está conformado por la recepción, almacenamiento, transporte y despacho de crudo.

La recepción es el proceso que consiste en recibir el petróleo enviado desde los centros de producción o refinación hasta las estaciones recolectoras Andoas y 1 del Oleoducto siendo la fiscalización del petróleo recibido, la descarga de barcazas, el desalado y la segregación de petróleo los eventos más importantes.

El proceso de almacenamiento consiste en reunir el petróleo que se recibe en las estaciones 1, 5, Andoas y el Terminal Bayóvar para su posterior despacho a los buques-tanques o barcazas. Se realiza en tanques verticales de diferentes capacidades y los trabajos importantes son fiscalización, drenaje, control operativo y la selección de tanques.

El proceso de transporte consiste en el bombeo del petróleo desde las estaciones recolectoras hasta el Terminal Bayóvar. Se realiza con turbobombas que tienen

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

Característica	1	5	6	7	8	9	BAYÓVAR	ANDOAS	MORONA
Kilometraje	0	252.0	417.8	518.5	593.4	648.9	855.4	0	170.0
Altura (msnm)	122	282	306	430	820	1162	161	154	124
Equipos de bombeo	1 TA - 1750	2 TB - 4000	2 TB - 4000	2 TB - 4000	2 TB-4000	5 TB - 4000	-	2 TB - 4000	5 CAT398
	1 CAT 398	-	-	-	-	-	-	3 CAT398	-
Equipos de generación	1 TG - 1750	1 TG - 1750	1 TG - 1750	1 TG - 1750	1 TG - 1750	1 TG - 1750	1 TG - 1750	2 CAT D399	2 CAT3406
	1 CAT3512	1 CAT3512	1 CAT3306	1 CAT3412	1 CAT3412	1 PERKINS	1 CAT3412	-	-
Capacidad de almacenamiento	463 MB	837 MB	-	27MB	-	-	1960MB	178MB	-
Capacidad de alivio	-	41 MB	21 MB	21 MB	18 MB	19 MB	22.7 MB	-	5 MB
Electrobombas auxiliares	2 Refuerzo	3 Refuerzo	2 Inyección	2 Inyección	2 Inyección	2 Inyección	2 Transf.	2 Refuerzo	2 Inyección
Presión de succión Kg / cm ²	5.0 - 13.0	5.8 - 7.2	26.0	22.0	15.0	14.0	-	6.0 - 11.0	5.0
Presión de descarga Kg cm ²	20.0 - 32.0	55.0 - 60.0	51.0 - 55.0	46.0 - 52.0	47.0 - 52.0	110.0 - 119.0	-	126.0	67.0
Consumo de comb.(gl / día) con bombe	1100	7500	5060	5350	5510	16710	-	6720	2590
Consumo de comb.(gl / día) sin bombe	550	700	260	550	210	210	360	720	90
Indice de productividad (bbl / gl)	29.17	18.22	28.29	26.82	26.67	9.11	166.58	8.84	347.22

Figura 1.3

turbinas Ruston modelo TB-4000 y bombas Bingham modelo MSD, los eventos más importantes son la operación de bombeo, el plan operativo y el control de parámetros de bombeo. PeruPetro entrega un promedio de 48,000 bbl / día de crudo de 19.1 a 19.5 API en la Estación Andoas y Pluspetrol entrega un promedio de 31,000 bbl / día de crudo de 24 a 36 API en la Estación 1. El rate de bombeo entre Estación 1 y Estación 5 con una turbobomba ó motobomba es de 52,000 bbl / día en un programa de 3 días de bombeo por 5 días de parada. La Estación 1 tiene una capacidad de almacenamiento de 463,000 barriles lo cual le permite recepcionar por un período determinado y posteriormente bombear a Estación 5. Estación Andoas bombea hacia Estación 5 normalmente en forma continua a un rate de 50,000 bbls / día con una sola turbobomba y utilizando los tanques para recepcionar y bombear a la vez y en ciertas circunstancias hay paradas de bombeo que se adecuan a un programa ya preestablecido. La Estación 5 bombea hacia el Terminal Bayóvar con un caudal de 155,000 bbl / día con una turbobomba apoyada por las estaciones de rebombeo 6, 7, 8 y 9 donde cada estación de rebombeo controla el bombeo en forma automática por medio de un sistema de control proporcional - integral (PI) con estrategia de control selectivo teniendo a la presión de succión de la estación como parámetro principal de control. Las estaciones recolectoras Andoas, Estación 1 y Estación 5 tienen el mismo sistema pero usando el caudal de la estación como parámetro principal de control. El bombeo entre Estación 5 y Bayóvar se realiza según un programa de cuatro días de bombeo por tres días de parada.

El proceso de despacho consiste en embarcar el petróleo en buque-tanque y barcazas ya sea por vía marítima o fluvial respectivamente con destino a las diferentes refinerías del país y del extranjero.

1.3 Descripción de una estación de rebombeo

Una estación típica de rebombeo como la Estación 9 que a continuación se describe se divide en la zona de vivienda y zona industrial. La zona de vivienda es el lugar donde el personal encuentra las facilidades de alojamiento y alimentación

durante su permanencia en ruta y la zona industrial es el lugar donde se ubican los equipos principales y estructuras necesarias para la operación de rebombeo.

El edificio de mantenimiento es una construcción especialmente diseñada para el mantenimiento de turbinas y demás equipos de planta. Tiene ambientes para oficina, implementados con computadores personales y un ambiente para el taller principal implementado con teche eléctrico de hasta 6 toneladas , diferentes máquinas herramientas, el taller de balanceo dinámico de rotores de turbinas y el taller de lapeado de sellos. Adicionalmente se han ubicado en este ambiente el laboratorio electrónico estructurado especialmente para la reparación y calibración de los módulos de control de las turbinas. El edificio de control tiene un ambiente principal donde se encuentra el panel de control de la estación y los equipos de comunicación vía satélite y radio HF con todas la estaciones, un computador personal conectado al sistema on - line de logística y una planoteca. Desde el panel de control el operador tiene opción para arrancar, parar y controlar en automático el bombeo además de monitorear señales de válvulas, tanques, equipo de generación y equipos secundarios. En los otros ambientes se encuentran el inversor estático a 48 Vdc de 2 KW, el módulo de control via satélite y la oficina del supervisor de operaciones.

La zona de turbobombas es el lugar donde se ubican las turbinas Ruston modelo TB - 4000 denominadas 9GT-1, 9GT-2, 9GT-3, 9GT-4 y 9GT-5. La zona de generación es el lugar donde está instalada la planta de generación térmica y está conformada por un turbogenerador con turbina Ruston TA-1750 acoplada a un generador General Electric de 1,100 KW, un motogenerador con motor Perkins de 610 BHP acoplado a otro generador General Electric de 1,100 KW y el centro de control de motores (CCM) desde donde se arranca y controla el turbo y motogenerador así como la distribución de energía trifásica en 480 Vac y 380 Vac para todos los equipos eléctricos, asimismo se ubica una subestación de 480 / 4,160 Vac. que alimenta a una línea de transmisión aérea hacia la vivienda. La zona de

tanques es el lugar donde se ubican los tanques verticales metálicos para almacenamiento de kerosene industrial denominados 9D-2 y 9D-3 con una capacidad de 3,000 m³ cada uno. La zona del sistema de alivio e inyección es el lugar en donde se deriva el flujo de entrada de la estación hacia el tanque de alivio 9D-1 de 3,000 m³ de capacidad por medio de un control neumático que apertura una válvula cuando la presión de succión de la estación ha sobrepasado el valor de referencia.

Adicionalmente la estación tiene instalado un sistema para la recepción y lanzamiento de raspatubos, tanque diario, sistema contra incendio, tanque sumidero y sistema vía satélite. La figura 1.4 muestra una vista panorámica de la Estación N° 9.



Figura I.4 Vista panorámica de Estación 9

CAPITULO II EQUIPOS PRINCIPALES DE BOMBEO

2.1 Turbinas Ruston TB-4000

2.1.1 Descripción general

Las turbinas a gas marca Ruston modelo TB-4000 del Oleoducto son del tipo abierto de doble eje con una potencia de 3,990 BHP a 15°C sobre el nivel del mar, la construcción es de tipo modular lo cual le permite su fácil transporte e instalación tal como se observa en la figura 2.1 que muestra la instalación típica de turbinas en una estación de bombeo. Las características técnicas principales son las siguientes :

- Arranque por motor eléctrico de inducción de dos velocidades
- Relación de caja multiplicadora del motor : 1: 1.405
- Velocidad de turbina de compresor : 10,000 rpm
- Velocidad de turbina de potencia : 7,000 rpm
- Relación de caja reductora principal : 2.229 : 1
- Velocidad de unidad accionada : 3,100 - 3450 rpm
- Alarma de parada por alta temperatura de operación : 485 °C
- Alarma de máxima desviación de temp. entre canales : 60°C
- Máxima temperatura de turbina de potencia : 565°C
- Alarma de parada por alta temperatura de aceite : 72°C
- Sobrevelocidad : 3,790 rpm
- Baja presión de aceite : 30 psi
- Regulador electrónico de velocidad “ Regulators Europe “
- Monitor de temperatura “ Delta “
- Combustible : Diesel 2

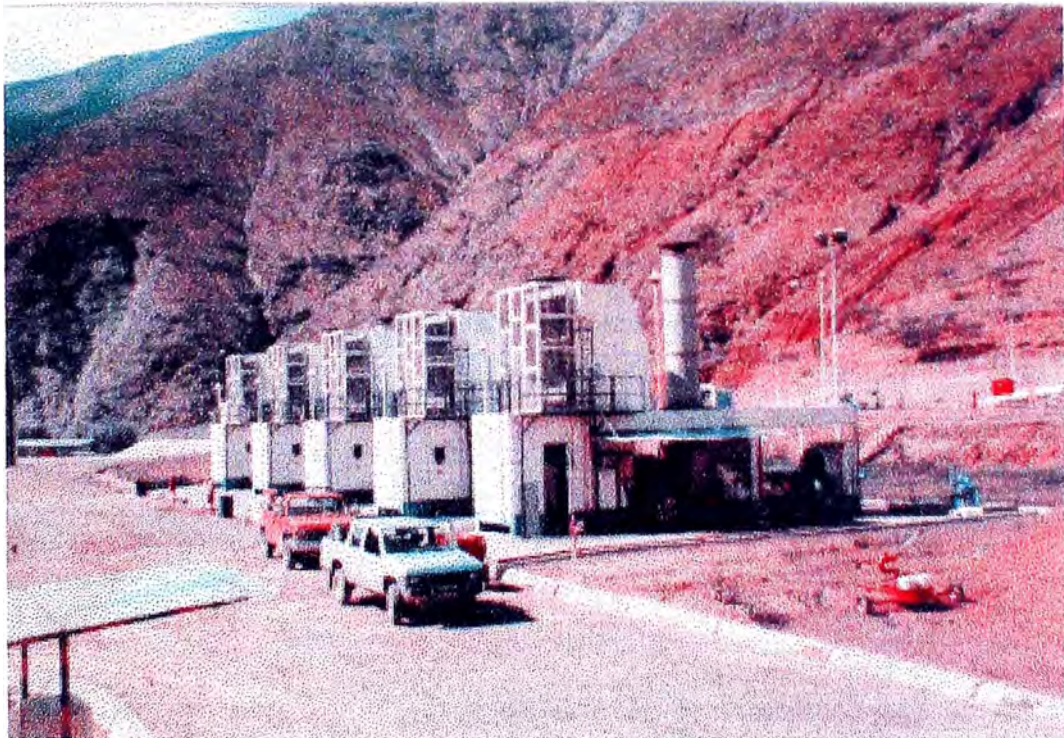
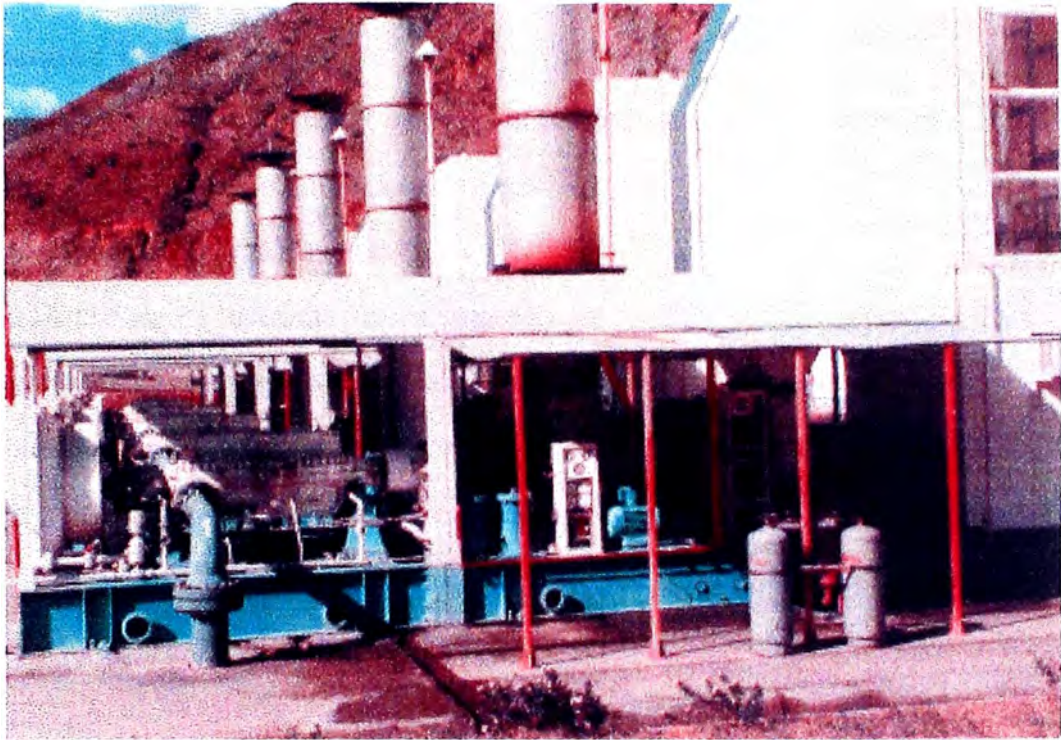


Figura 2.1 Instalación típica de turbinas RUSTON en el Oleoducto

- Consumo : 3.5 gal / min
- Regulación de combustible : válvula actuadora de control análogo
- Control digital de la secuencia de arranque
- Opción de control automático

El conjunto de la turbina que se muestra en la figura 2.2 consiste principalmente en la generadora de gases, la turbina de potencia y los subconjuntos auxiliares.

La generadora de gases es la parte de la turbina que trabaja a alta presión y sirve para suministrar potencia al compresor de la turbina y está compuesta por el filtro de aire, ducto de admisión de aire, carcasa de estator de compresor, carcasa de estator de turbina de compresor, carcasa central, válvulas de venteo, cámaras de combustión y el conjunto rotórico. El filtro de aire consiste de una caseta con una cortina metálica giratoria sumergido en aceite que trabaja 18 segundos por cada 12 minutos de parada en donde existen silenciadores acoplados entre la parte inferior de la caseta y el ducto de admisión que está constituido por una carcasa externa de forma rectangular por donde ingresa el aire procedente del filtro. La carcasa de estator de compresor es una pieza de fundición de hierro de grano compacto que está seccionado horizontalmente y tiene doce etapas de álabes y una etapa de álabes guía de salida. La carcasa de turbina de compresor es la pieza donde se conectan los cuatro cuadrantes para formar la primera y segunda etapa de turbina de compresor con 64 álabes cada una y la carcasa central es una pieza de acero colado seccionada horizontalmente en donde se encuentra el cojinete de salida del compresor, las extensiones de los tubos de llama y los cuatro cuadrantes. Las válvulas de venteo son las válvulas que sirven para la purga de aire de la compresora y se utilizan dos válvulas tipo diafragma con resorte y dos válvulas sin resorte. Las cámaras de combustión son la parte de la generadora de gases donde se produce la combustión de gases a altas temperaturas que aumentan la energía cinética del aire comprimido generado en el compresor. Se emplean cuatro cámaras de combustión separadas que son del tipo de flujo inverso y se hallan espaciadas equidistantemente

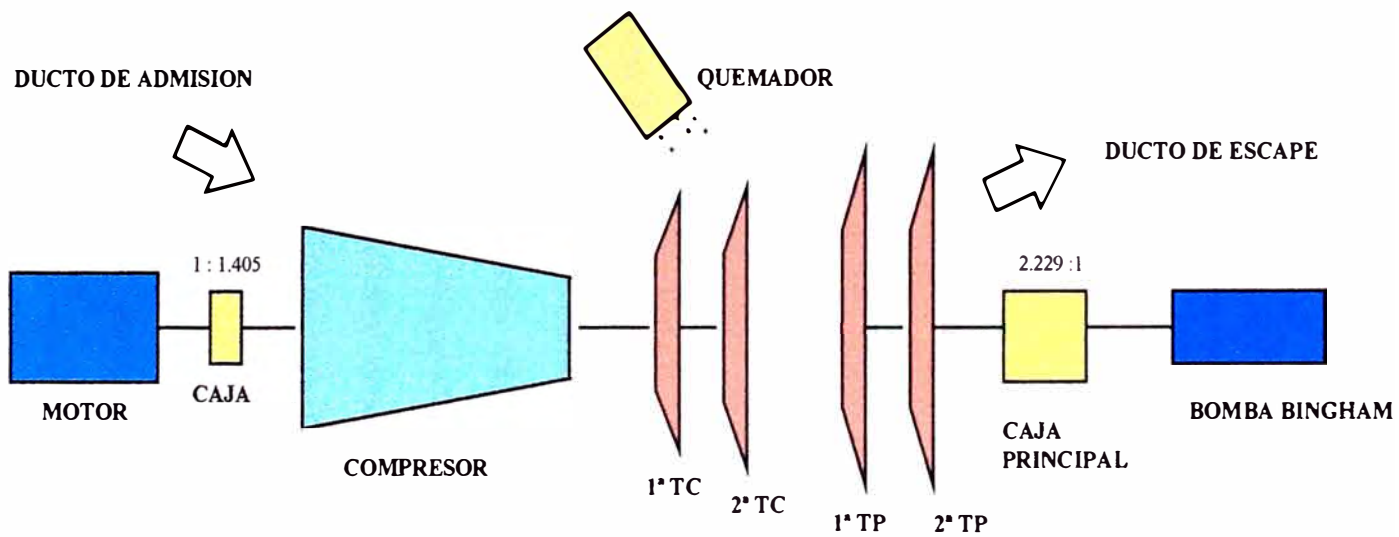
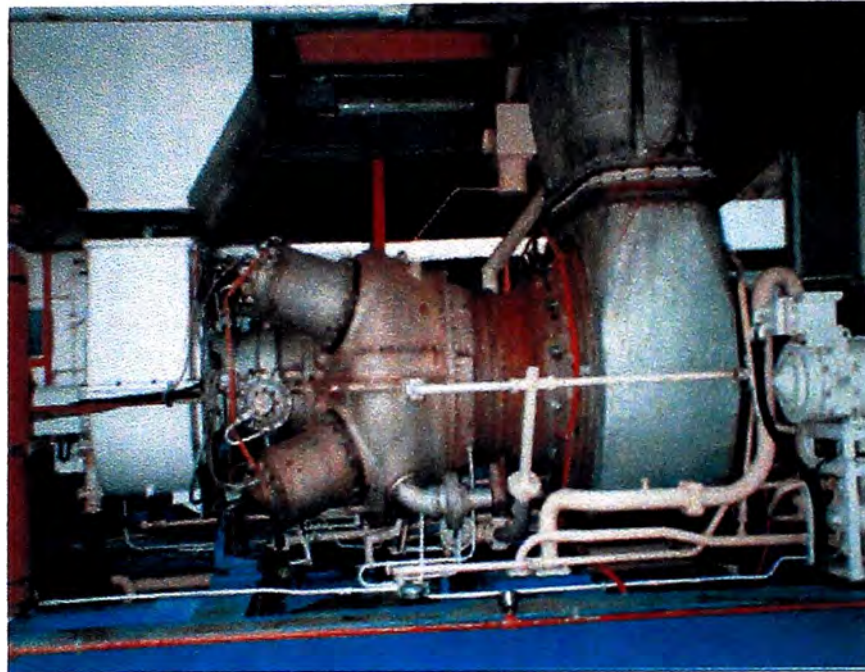
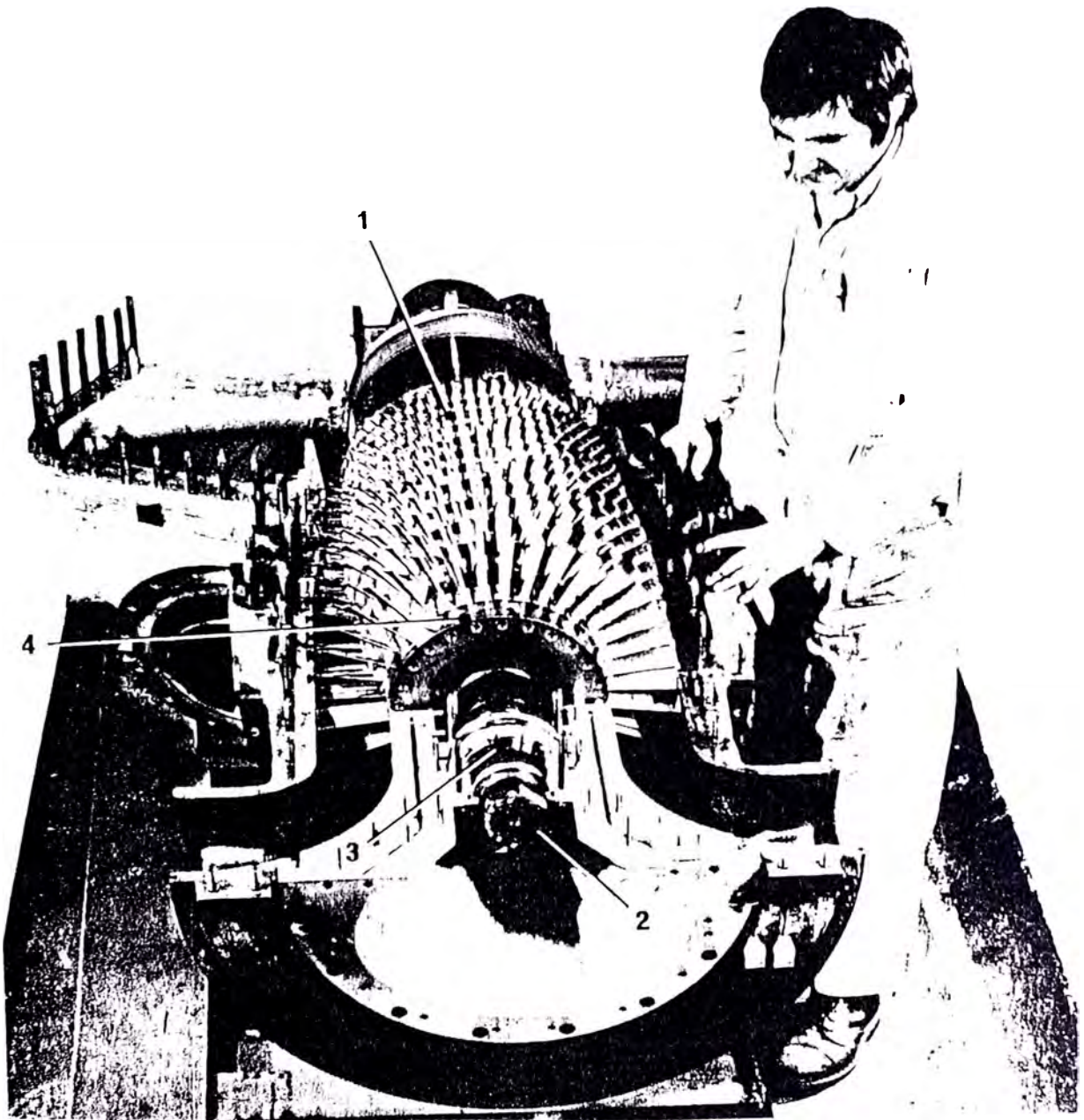


Figura 2.2 Partes principales de la turbina RUSTON TB -4000

en la carcasa central e inclinadas un ángulo en relación a la horizontal de la máquina y se compone de arremolinadores, tubos de extensión de llama y tubos de llama compuestos de una aleación llamada Nimonic 75. En las tapas de cada cámara están instalados los quemadores, las conexiones para el encendido y los detectores de llama. El conjunto rotórico es el formado por el rotor de compresor acoplado por el extremo posterior a la turbina de compresor y por el extremo anterior a la caja auxiliar del motor de arranque a través de la garra de acople. El rotor de compresor es de tipo axial de doce etapas y la turbina de compresor está formada por 2 discos conformando la primera y segunda etapa con 85 álabes cada uno. La relación de compresión del rotor es de 20 : 1. En la figura 2.3 se muestra el rotor de compresor y sus partes.

La turbina de potencia es la parte de la turbina que trabaja a baja presión y sirve para suministrar potencia al eje de salida que se acopla a la bomba Bingham a través de la caja principal de engranajes. Está compuesta por la turbina de potencia propiamente dicha y el ducto de salida. La turbina de potencia consiste de dos etapas estator / rotor con discos de 75 álabes cada uno unidos al eje cardánico mediante un perno de tensión. El eje cardánico se fija en el rotor de la segunda etapa y transmite potencia a la caja de engranajes. El ducto de salida es la parte que aloja la caja de portacojinetes del eje de salida (torpedo). Por el lado superior está instalado el ducto transitorio de salida y posteriormente la chimenea. Existe además una caja reductora de engranajes montada sobre el bastidor y empernada al ducto de salida de gases. Tiene una relación de transmisión de 7,900 rpm / 3,550 rpm y acciona también las bombas principales de aceite y combustible por medio de una caja auxiliar de engranajes. Adicionalmente se encuentra instalado el sensor de velocidad del eje de bomba .

Los subconjuntos auxiliares están conformados por la electrobomba auxiliar de combustible, electrobomba auxiliar de aceite, electrobomba de emergencia de aceite, bomba principal de combustible, bomba principal de aceite, válvulas solenoides para



1 Alabes de rotor de compresor
2 Garra de encroche

3 Cojinete de empuje
4 Rotor

Figura 2.3 Rotor de compresor

combustible, gas y aire, caja auxiliar de engranajes del motor de arranque, motor de arranque, válvula de autodrenaje, válvula relay - air, pistón de accionamiento de álabes directrices, banco de baterías, cargador de baterías y arrancadores de motores eléctricos.

2.1.2 Sistemas

La figura 2.4 muestra el diagrama esquemático de los sistemas que son los que permiten la interacción entre todos los componentes de la turbina

El sistema de aire está constituido de aire para refrigeración y para servicio. La turbina de compresor se refrigera con aire a alta presión y la turbina de potencia con aire a mediana presión. Se extrae aire del compresor para el funcionamiento de las válvulas de venteo, válvula de drenaje de combustible, sistema de cierre / apertura de álabes directrices y para el sistema de limpieza de compresor por inyección de sólidos.

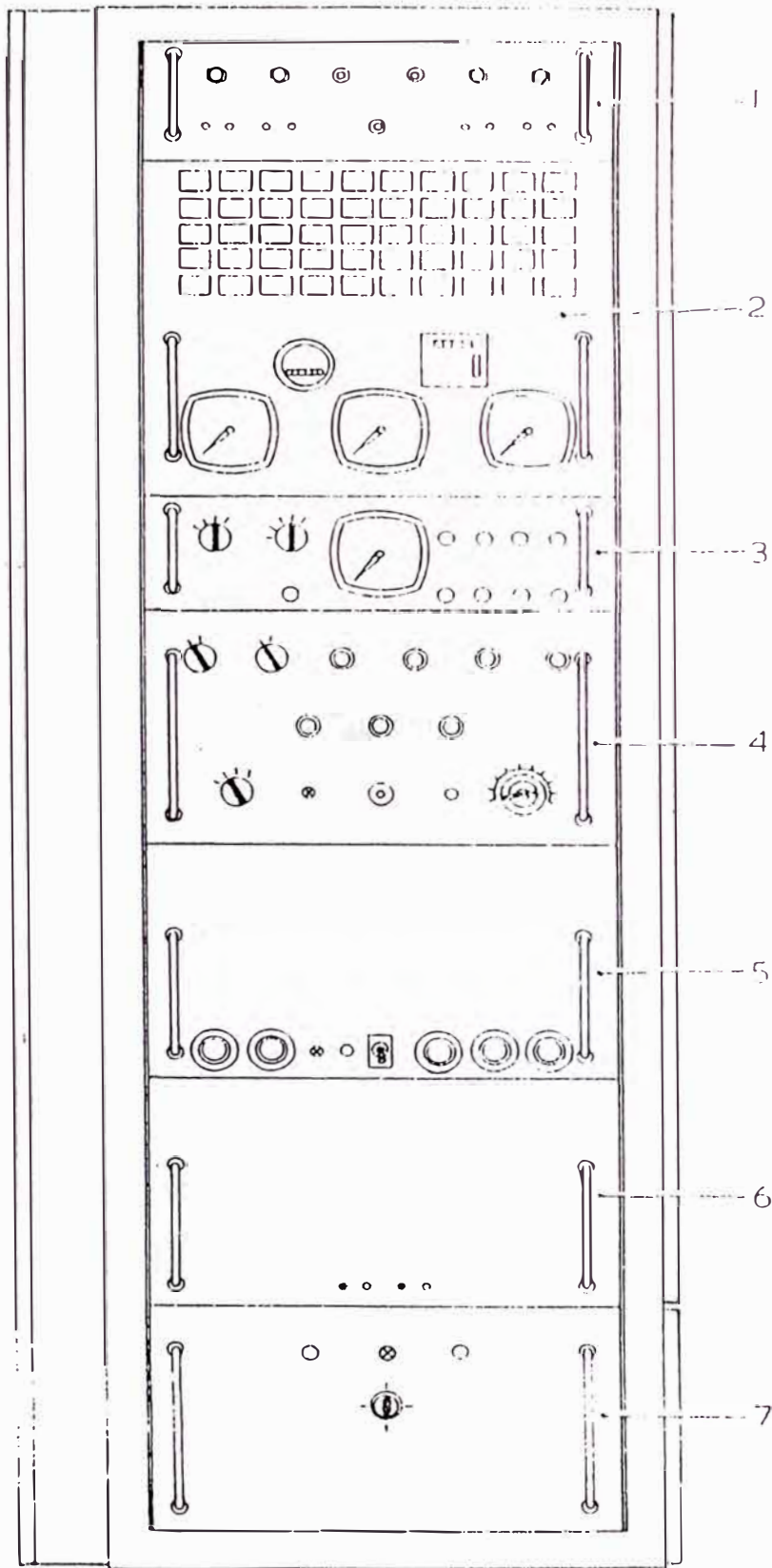
El sistema de lubricación cumple las funciones de pre-lubricación a todos los cojinetes antes del arranque, lubricación de cojinetes durante marcha normal y enfriamiento de partes durante la parada. Incluye el funcionamiento en automático de la electrobomba de emergencia para post-lubricación en el caso de falla de la electrobomba auxiliar.

El sistema de combustible provee la entrada correcta de calor durante el arranque y ante una respuesta a la variación de la demanda de velocidad, adicionalmente limitar la entrada de combustible excesiva en respuesta a cambios de carga. El sistema está diseñado para trabajar con kerosene industrial o diesel 2 y funciona con válvulas solenoides, filtros de baja y alta presión, electrobombas, actuador electrohidráulico, válvula actuadora , quemadores, válvula de derrame, válvula de presión constante y un gobernador electrónico.

El sistema de ignición proporciona llama para encender los cuatro quemadores durante el arranque, el método de encendido es por chispa y gas propano.

El sistema de arranque se explica en detalle en el capítulo IV.

El sistema de control ejerce funciones principales en secuencia temporizada para el arranque y parada normal, gobierno de la velocidad de compresora y bomba Bingham, monitoreo y control de temperatura de los gases de escape, protección contra fallas críticas en turbina y bomba, parada de emergencia e indicación de parámetros de operación. Los circuitos del control electrónico están centralizados en un gabinete el cual está dividido en siete módulos llamados chasis tal como se muestra en la figura 2.5 los cuales interactúan cumpliendo cada uno una función específica. El chasis 1 contiene los circuitos de detección de llama por cada cámara de combustión y está comprendido de una fotocélula UV instalada en la cámara respectiva, cableado y cuatro tarjetas electrónicas que supervisan la corriente de ionización de cada fotocélula y envían una señal lógica de 0 ó 24 Vdc al chasis 3 dependiendo si hay o no llama. El chasis 2 es el chasis anunciador que indica el estado en que se encuentra la turbina señalizando alarmas preventivas, paradas e indicaciones de los parámetros de operación, contiene 50 lámparas que muestran la señal que ha sido procesada, los indicadores de velocidad de compresora y velocidad de bomba, el indicador de temperatura de gases de escape, el contador de horas y el de arranques, asimismo se encuentra la unidad sensible de bajo voltaje de baterías y el circuito rectificador para 100Vdc. En el chasis 2A se encuentran ubicados los módulos de protección e indicación de temperaturas de bomba Bingham que será explicado en el capítulo V. El chasis 3 contiene los circuitos lógicos de control y de temporización que reciben señales de 0 ó 100 Vdc procedentes de interruptores de campo y señales de 0 ó 24 Vdc procedentes de pulsadores y otras tarjetas de control para procesarlas y enviar señales de alarma preventiva, parada, arranque, apertura y cierre de válvulas solenoides durante el control de la secuencia en el arranque, el funcionamiento y la parada normal. El circuito es digital de primera generación y consiste de 20 tarjetas que cumplen funciones específicas de secuencia de arranque, secuencia de parada, decodificación y cuenta de pulsos de reloj, divisor de frecuencias, control de válvulas de



- 1. Chasis No. 1
- 2. Chasis No. 2
- 3. Chasis No. 2A
- 4. Chasis No. 3
- 5. Chasis No. 4
- 6. Chasis No. 5
- 7. Chasis No. 6

Figura 2.5 Ubicación de Chasis en panel de control de turbina RUSTON TB - 4000

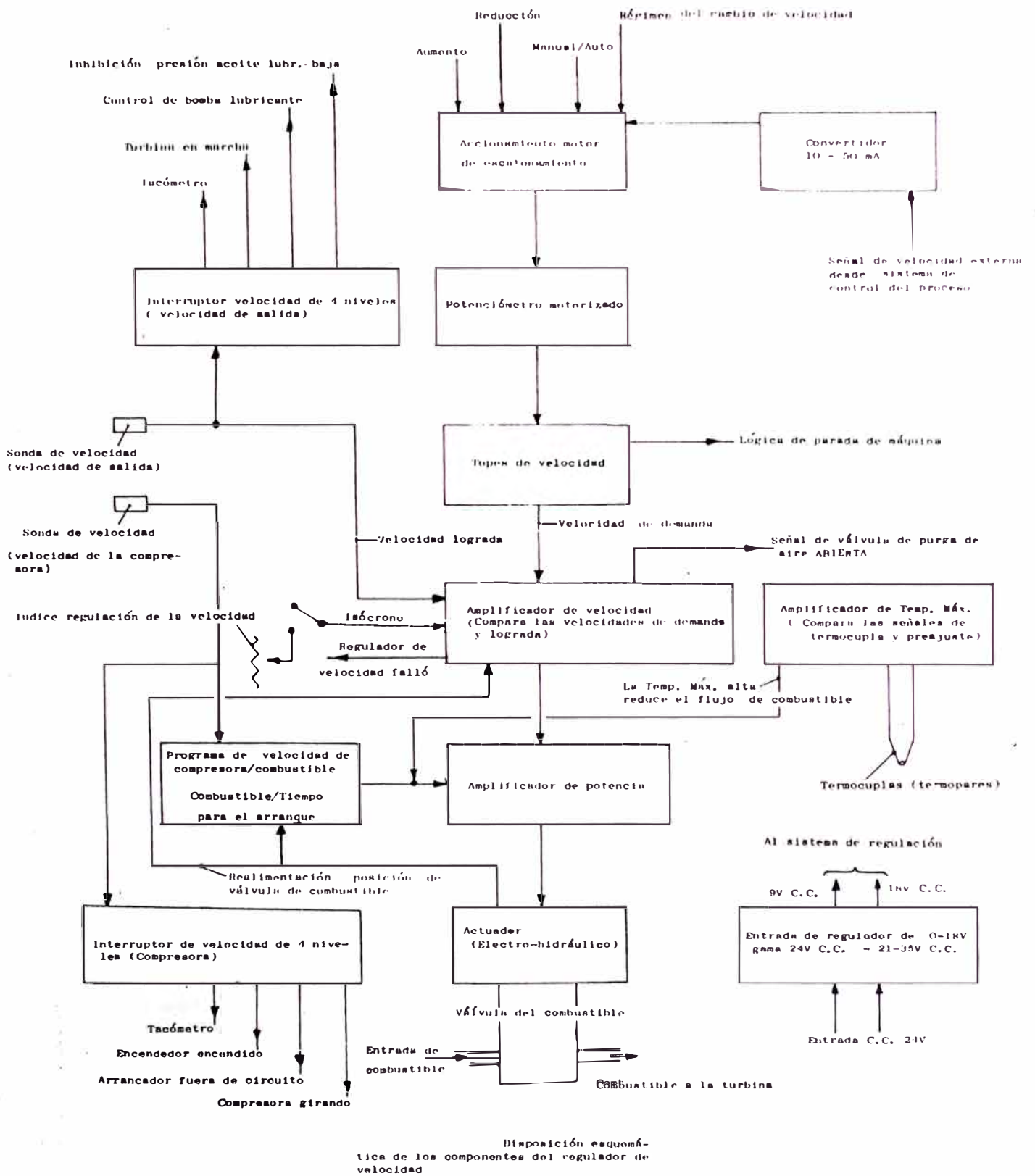


Figura 2.6

combustible y vibración, secuencia de válvulas, actuadores de relés, filtro de interruptores, alarmas preventivas, paradas y actuadores de lámparas. En el panel frontal están instalados los pulsadores de arranque, parada normal, parada de emergencia, reducción y aumento de velocidad, aceptación de falla, reposicionado y prueba de lámparas, también se ubican los selectores de temperatura de gases y modo de arranque. El chasis 4 contiene los circuitos electrónicos del regulador de velocidad de la turbina que tienen funciones de arranque controlado, límite de combustible, límite de temperatura, control de válvulas de purga, control de aceptación de carga, índice de regulación de velocidad, interruptores de velocidad, salidas para tacómetro y control local - remoto. El circuito es análogo y la figura 2.6 muestra la disposición de los componentes que cumplen funciones específicas cada uno. El chasis 5 contiene el monitor de temperatura que en conjunto con un circuito de termocuplas tipo K instaladas en la turbina de potencia, ducto de salida y entrada cumplen las siguientes funciones

- Protección de la turbina en caso de alta temperatura de gases
- Proveer señales de aviso y parada de turbina al chasis 3 en el caso de valores de temperatura de operación y promedio por encima de los set points.
- Proveer de aviso al chasis 3 en el caso de desviación excesiva de un canal con respecto al promedio de temperatura.
- Proveer señal de máquina caliente para fines de post - lubricación luego de una parada
- Indicación de temperatura de operación, promedio y de todos los canales

El chasis 6 contiene el seccionador de energía de 24 Vdc, el relé de parada por emergencia y los relés actuadores de válvulas solenoides y demás señales.

2.2 Bombas Bingham MSD

Las turbinas Ruston TB - 4000 accionan bombas Bingham - Willamette tipo MSD para bombear petróleo crudo desde la selva norte hasta el Terminal Bayóvar a través del Oleoducto. Las bombas son del tipo centrífuga de carcasa simple dividida

horizontalmente, multietapa, doble voluta y de un solo impulsor en la primera etapa de succión. Las que se encuentran instaladas en las estaciones 9 y Andoas son de impulsores contrapuestos.

Para mantener los factores de performance de diseño, las bombas se operan dentro de las siguientes condiciones de operación y calidad de crudo dependiendo de las estaciones donde están instaladas

- API : 19.1 - 35.6 °
- Viscosidad : 137 - 150 SSU
- Velocidad : 3,100 - 3,400 RPM
- Presión de succión : 4.5 - 17.5 Kg / cm²
- Presión de descarga : 46 - 126 Kg / cm²

La figura 2.7 muestra un cuadro con las características de las bombas instaladas en las diferentes estaciones. Estas bombas tienen instalados sistemas de protección por alta temperatura que se explica en detalle en el capítulo V, alta vibración, falla de sellos en los cojinetes, sobrevelocidad, baja presión de succión, alta presión de descarga y son supervisados en el sistema de control de la turbina que se para cuando existe alguna alarma . La figura 2.8 muestra la instrumentación típica y la figura 2.9 una bomba Bingham después de un mantenimiento de 15,000 Hrs.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE BOMBAS BINGHAM - WILLAMETTE

Ubicación	Cant.	Tipo	Modelo	Dimensión	Etapas	RPM	GPM	Cabeza (pies)
Estación 1	2	Centrífuga	MSD	8 x 10 x 13A	3	3350	2560	1325
Andoas	2	Centrífuga	MSD	6 x 8 x 12C	8	3560	2336	4455
Estación 5	3	Centrífuga	MSD	12 x 12 x 15C	3	3350	3075	2175
Estación 6	2	Centrífuga	MSD	12 X 12 X 15C	2	3550	5120	1025
Estación 7	2	Centrífuga	MSD	12 X 12 X 15C	2	3550	5120	1015
Estación 8	2	Centrífuga	MSD	12 X 12 X 15C	2	3550	5120	1115
Estación 9	5	Centrífuga	2AMSD	6 X 8 X 12C	8	3490	2214	4345

Figura 2.7

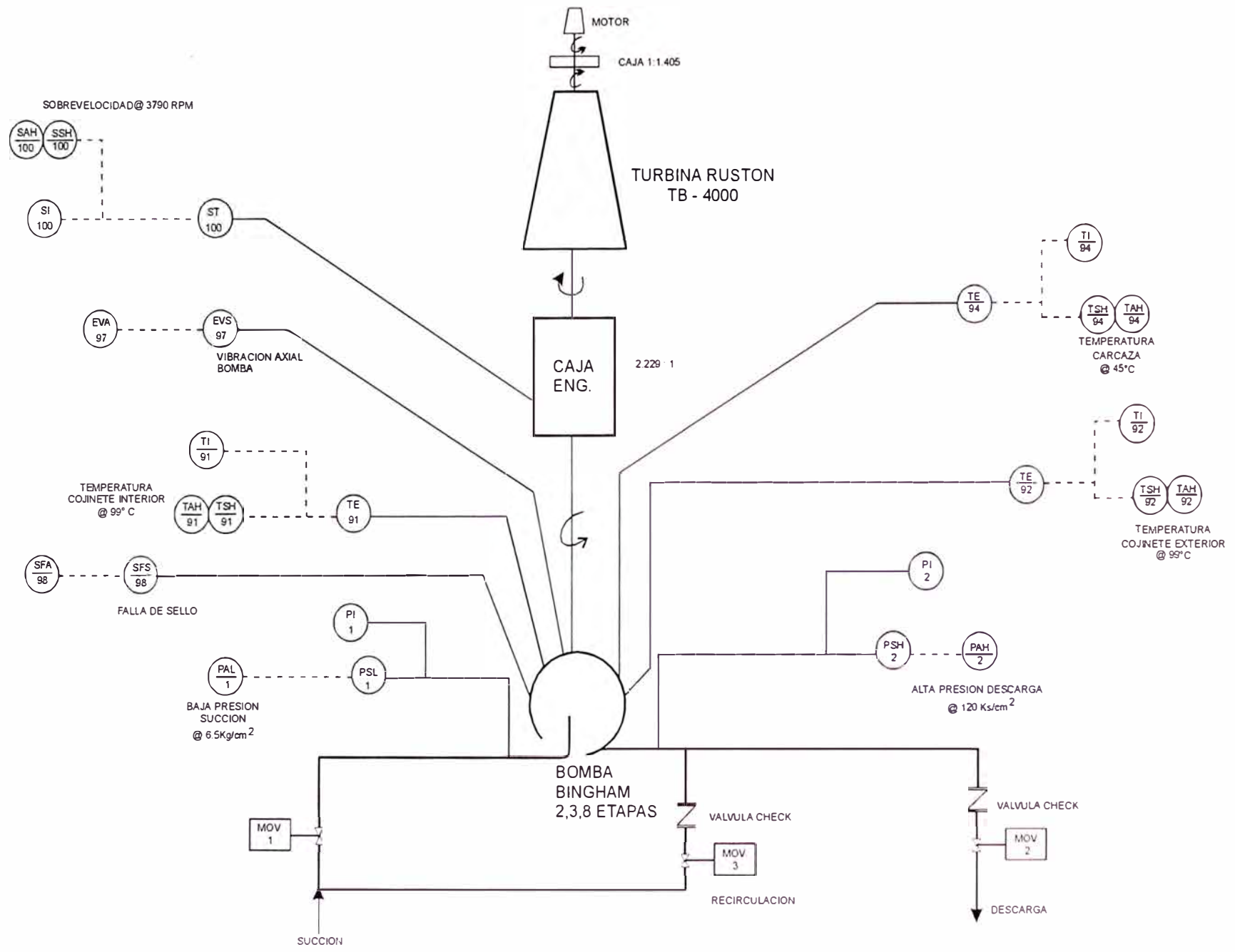


Figura 2.8 Instrumentación típica de Bomba Bingham

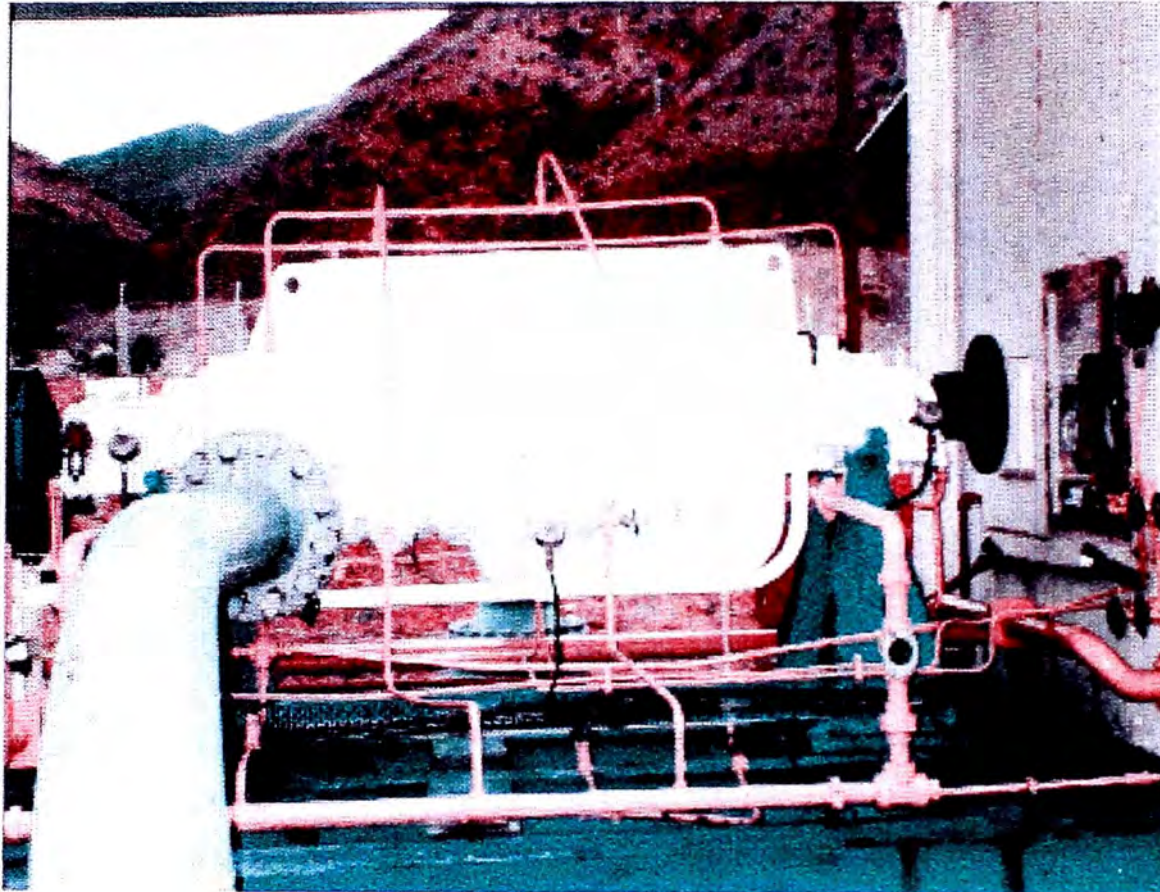


Figura 2.9 Bomba Bingham

CAPITULO III

TRABAJOS DE MODERNIZACION EN EL OLEODUCTO

3.1 Sistemas modernizados

La tecnología con la que fue construido el Oleoducto es de la década del 70 y en muchos casos subconjuntos o módulos de control están obsoletos. El actual sistema de control de las turbinas a gas Ruston trabaja con circuitos digitales en el chasis 3 que son de tecnología digital muy antigua, el fabricante denominado actualmente EGT , mantiene un stock de repuestos para el tipo de control que actualmente tienen las turbinas del Oleoducto pero la tendencia a nivel mundial de EGT es cambiar los sistemas de control antiguos en todas las turbinas por un sistema de control integrado MKII basado en microprocesador que permite mejores facilidades de supervisión , registros históricos, predicción de fallas , tarjetas universales de entrada - salida y todas las ventajas que ofrecen los sistemas configurados vía software que con el control de primera versión no se podría realizar. El costo de un repuesto existente del control electrónico es bastante elevado y en muchos casos ya están considerados fuera de la línea de fabricación por lo que se tiene que proceder a reparaciones locales o implementaciones de modernizaciones a un menor costo de lo que representaría comprar todo el sistema al fabricante.

Teniendo presente que en el futuro el Oleoducto cambiará los módulos de control de las turbinas por sistemas de control integrados MKII se han considerado en esta primera fase de modernización de las turbinas sólo a los circuitos correspondientes al control del motor de arranque de cinco turbinas y al sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham en dieciséis turbinas que presentaban constantes fallas en el reinicio o durante el bombeo respectivamente. El control del

motor de arranque es independiente del sistema de control principal de la turbina y cuando se adquiriera el sistema MKII no existirá ningún problema de duplicidad en el control y se integrará sin costo alguno. Para el caso del sistema de indicación y protección de bomba fue necesario el cambio ante las constantes fallas presentadas en los años anteriores y considerando que hasta el año 1994 todavía no se pensaba en la integración del sistema, de todas formas la instrumentación de campo es totalmente adaptable al futuro nuevo sistema.

Para la profundidad de las modernizaciones, mejoramientos y automatizaciones implementados en los trabajos se han considerado los aspectos de obsolescencia de equipos, seguridad de la operación, cumplimiento de normas legales y necesidad operativa para ser más confiable y eficiente, por lo tanto las nuevas filosofías de control son basados en sistemas de tecnología de punta y estandarización de equipo.

La versatilidad de los equipos basados en microprocesador que han sido especificados para los trabajos de modernización han permitido mejorar el control y tener opciones de monitoreo que hubieran sido imposible realizarlo con los circuitos anteriores y el desarrollo de la tecnología permitió un progreso escalonado en las modernizaciones de los sistemas de control considerando que estamos pasando de tecnología análoga y de relays a tecnología de controles microprocesados y de PLC.

El impacto que permitió a la empresa a la modernización de los controles es la actual tendencia mundial a ser más eficiente, rentable y dar un buen servicio al cliente, y es por esto que en el proceso de modernización en el cual está involucrado todo el personal del Oleoducto se tiene la mentalidad de la reingeniería de los procesos, la determinación del proceso crítico a mejorar y la capacitación a todo nivel. Las actividades de modernización se están mejorando llevándolas a cabo por los grupos de mejoramiento continuo de procesos y muchos de los resultados positivos del proceso de modernización de la empresa son debido también a las actividades del mantenimiento productivo total que es otro aspecto con el que se está trabajando en el Oleoducto.

Los trabajos que se detallan en este informe de ingeniería son parte integrante de todo un proceso de mejoramiento que se realizó a las turbinas para mejorar el índice de fallas. El tema que incluye modernizaciones y mejoras en la parte mecánica y de control se presentó en el último concurso de mejoramiento de procesos industriales a nivel nacional en la SNI en Lima quedando en tercer lugar.

3.2 Objetivo

El objetivo de los trabajos de modernización realizados al sistema de control de las turbinas Ruston TB - 4000 y que están expuestos en los siguientes capítulos es:

Reemplazar el circuito original del control del motor de arranque en cinco turbinas por un sistema de control basado en PLC y cambiar el sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham en dieciséis turbinas por un sistema de controladores de temperatura basados en microprocesador para brindar seguridad y continuidad en la operación, mejorar el monitoreo de los valores de proceso, reducir fallas de arranque en los reinicios y eliminar paradas de bombeo por falsa señal.

CAPITULO IV

MODERNIZACION DEL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE DE CINCO TURBINAS RUSTON TB - 4000

4.1 Sistema de arranque

La función principal del sistema de arranque de una turbina Ruston TB - 4000 es confirmar el encroche de las garras de acople del rotor de compresor con las de la caja auxiliar y permitir que el motor eléctrico gire al rotor de compresor hasta 4, 800 rpm velocidad a la cual el motor se desconecta y el rotor se autosostiene ayudado por la turbinas de compresor y el sistema de combustible.

Se considera al control del motor de arranque como un componente fundamental dentro del sistema de arranque de una turbina Ruston TB - 4000 existiendo interacción entre la secuencia de arranque y el sistema de encroche del rotor de compresor con el control del motor de arranque.

4.1.1 Descripción de la secuencia de arranque de la turbina

La figura 4.1 muestra el diagrama de flujo de la secuencia de arranque de la turbina y ver en la figura 2.4 el diagrama esquemático de sistemas.

Al presionar el pulsador de arranque se energiza la electrobomba auxiliar de lubricación, la válvula solenoide de emergencia SOL 24, el temporizador T1 de 16 segundos del chasis 3 y empieza la apertura de las válvulas de succión , descarga y derivación . Durante estos 16 segundos el control verifica que exista presión de lubricación y que la válvula estranguladora de combustible esté en el tope mínimo, posteriormente a los 16' segundos el temporizador T1 se detiene temporalmente iniciando el temporizador T2 de 3 minutos tiempo durante el cual se verifica que se cumplan las condiciones de lubricación y tope mínimo caso contrario se activa la señal de falla de arranque, adicionalmente durante los tres minutos las válvulas

deben terminar su carrera de apertura sino se activa la señal de falla de secuencia de válvulas. A los 3min 16⁺ segundos se detiene el temporizador T2 y se restablece el temporizador T1, se energiza la válvula solenoide SOL 2 que permite que pase gas propano al pistón que acopla la garra de la caja de engranajes auxiliar del motor de arranque con la del rotor de compresor. Cuando esta operación se completa el PSW 9 cierra circuito y permite que el control de arranque energice al motor de arranque en configuración de baja velocidad de 4 polos y empieza a girar el rotor de compresor, adicionalmente se energiza la electrobomba auxiliar de combustible condición con la cual el rotor de compresor debe aumentar de velocidad y llegar aproximadamente a 2, 600 rpm asistido solamente por el motor de arranque. A los 3min 40⁺ segundos se energiza la SOL 1 y las unidades Wipac para producir ignición en cada una de las cámaras de combustión, al detectarse llama en las cuatro cámaras se energiza la SOL 8 permitiendo el ingreso de combustible líquido a los quemadores que se encienden con la llama de ignición y la energía entregada impulsa la turbina de compresor disminuyendo el torque al motor de arranque que también disminuye su corriente hasta 34 amperios momento en que el control de arranque permite que el motor se energice en configuración de 2 polos alta velocidad de tal manera que de 5 a 10 segundos después que el compresor llegue a 2, 800 rpm la válvula estranguladora de combustible empezará a abrirse desde el tope mínimo a una velocidad angular de 14° por 50 +/- 5 segundos, lográndose una relación adecuada de aire combustible que seguirá acelerando la compresora. A los 3min 64⁺ segundos si no hubiera llama en las cuatro cámaras se activa la señal de falla de llama y si la válvula estranguladora de combustible no sale del tope mínimo se activará la señal de falla de arranque, también se desenergizan la SOL 1 y las unidades Wipac.

Durante 32 segundos la velocidad de compresor aumentará asistido por el motor de arranque y el sistema de combustible, la bomba Bingham empieza a girar aumentando su velocidad a un régimen controlado y cuando la velocidad del compresor sea de 4,800 rpm la SOL 2 se desenergiza desconectando el encroche de

la caja auxiliar con el compresor y el PSW 9 se abre permitiendo que el control de arranque desenergice el motor. El rotor de compresor se autosostiene con la turbina de compresor. A los 3min 96^o segundos si no se cumple la operación anterior se activa la señal de falla de arranque. Durante 64 segundos continuará aumentando la velocidad de compresor y la velocidad de bomba llegará hasta un valor de 1,950 rpm momento en que se encenderá la señal de turbina en marcha, se desenergizará la electrobomba auxiliar de combustible y se activarán las paradas por baja presión de succión y baja presión de lubricante. Posteriormente la velocidad de bomba incrementará hasta 2,130 rpm que es la velocidad de tope mínimo y el control de combustible pasa a control local o remoto. A los 3min 160^o segundos si la velocidad de bomba Bingham no llega a 1,950 rpm se activará la señal de falla de arranque.

Desde 2, 130 rpm hasta 3,550 rpm de bomba es el rango permitido para aumentar o disminuir la velocidad tanto en manual como en automático. Aproximadamente a una velocidad de 2,485 rpm de bomba se desconecta la electrobomba auxiliar de lubricante.

4.1.2 Descripción del sistema de arranque y encroche del motor eléctrico

El sistema de arranque se compone básicamente de un motor eléctrico de inducción de 34 / 18.5 Kw, un panel de control de arranque del motor, una caja auxiliar de engranajes, un cilindro de 100 psi de gas propano, una válvula solenoide para gas (SOL 2) y un interruptor de presión (PSW 9). El módulo de control de la turbina interactúa con estos componentes brindando las señales correspondientes según la secuencia de arranque. La figura 4.2 muestra el diagrama funcional del sistema de encroche del motor de arranque al rotor de compresor. El funcionamiento se explica en el diagrama de flujo de la figura 4.3.

4.2 Descripción de los elementos de control y circuito original

4.2.1 Elementos del control original

El circuito de control original para el arranque del motor es marca Allenwest y está compuesto por interruptores, instrumentos, contactores, relés, seccionador

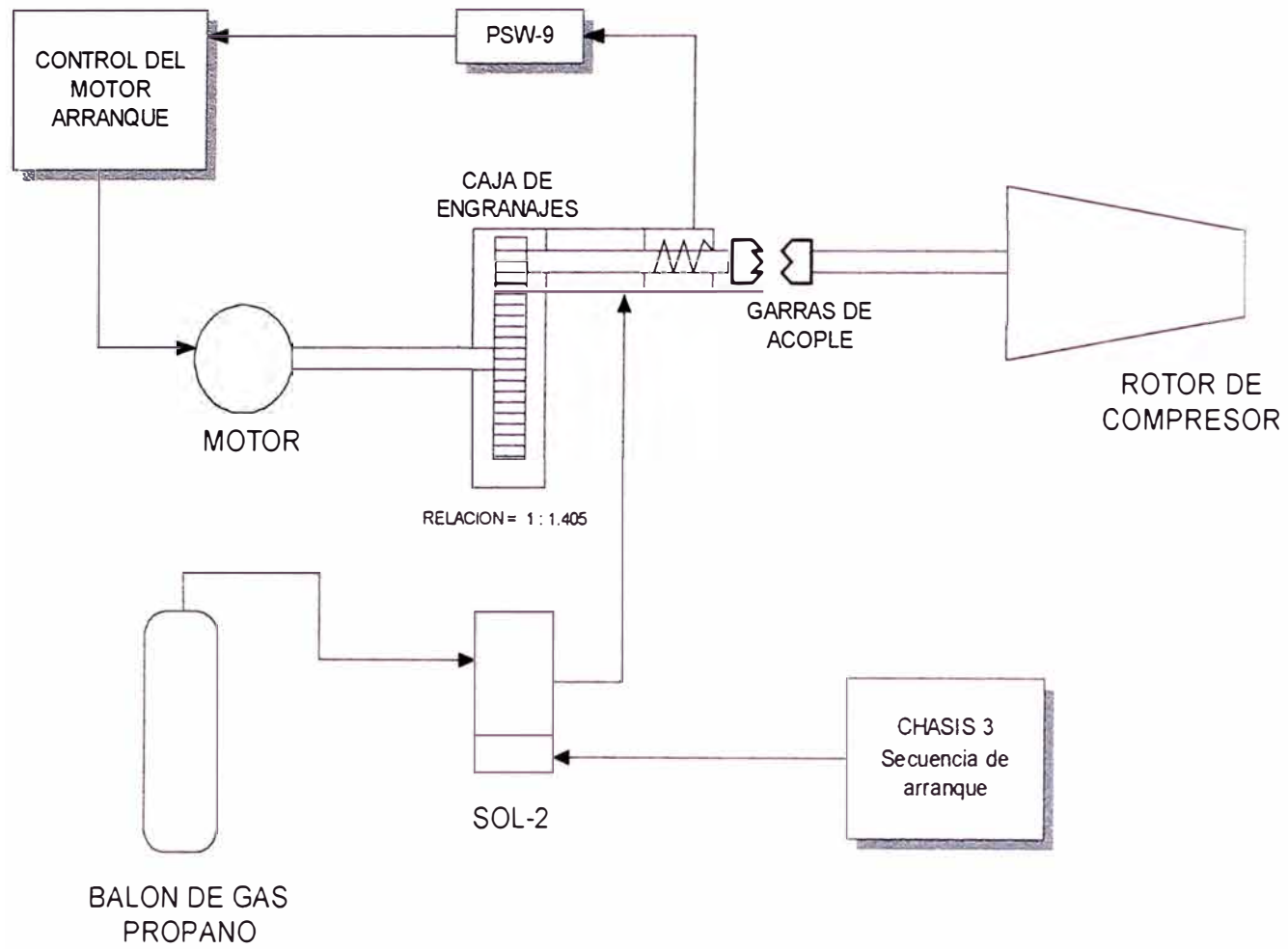


Figura 4.2 : Diagrama funcional del sistema de encroche del motor de arranque

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ENCROCHE Y ARRANQUE DEL MOTOR

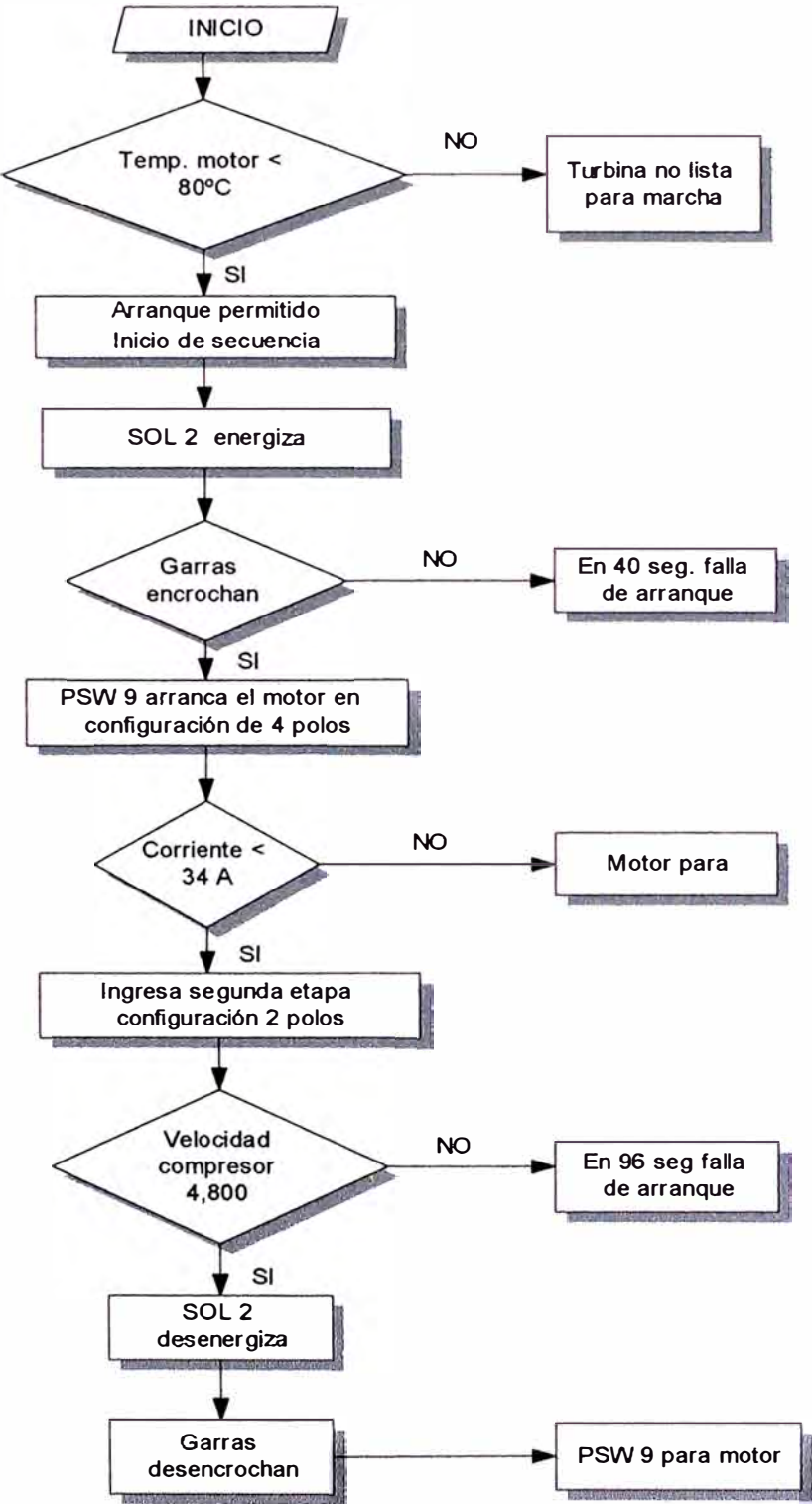


Figura 4.3

principal, y fusibles. La relación detallada de cada uno de éstos elementos se encuentra en el anexo D. Las figuras 4.4 y 4.5 muestran vistas fotográficas de la ubicación de los elementos en la parte interior y exterior del panel respectivamente.

4.2.2 Motor eléctrico

Es un motor AC de inducción con rotor tipo jaula de ardilla totalmente cerrado y autoventilado. Tiene un diseño especial para cambio de velocidad con conexiones realizadas al exterior del estator para 4 y 2 polos que permite tener baja y alta velocidad respectivamente. La configuración de baja velocidad tiene una configuración en delta o triángulo y la de alta velocidad en doble estrella, adicionalmente posee un calefactor en el estator para quitar la humedad y un circuito de resistencias termodetectoras RTD distribuidas también en el estator para el monitoreo y protección por temperatura. El diseño es según el estándar británico BS261. La figura 4.6 muestra la instalación del motor en la turbina y la figura 4.7 muestra la caja de engranajes auxiliar que permite que el motor se encroche con el rotor de compresor. Las características eléctricas se indican en el anexo D.

4.2.3 Descripción del circuito original

En la figura 4.8 se muestra el circuito original en donde se observa que para una condición de pre - arranque se debe tener alimentación eléctrica de 110Vac y que los contactos del relé PFR1, SR1 y el del pulsador de parada deben estar cerrados, adicionalmente el TR1 energizado y todos los otros relés y contactores desenergizados.

Para el arranque en automático el selector MAN / AUTO debe estar en posición automático luego el PSW9 que está conectado a la entrada AUTO del control cierra cuando la garra de la caja auxiliar del motor de arranque se acopla con la del compresor permitiendo que se energice el relé NVR. El contacto NVR/1 cierra energizando el contactor de baja velocidad LSC siempre y cuando los contactores de alta velocidad HS1 Y HS2 estén desenergizados, asimismo se energiza el relé de temporización TDR1. El contacto UCR1 del solicontrol cierra cuando la corriente de

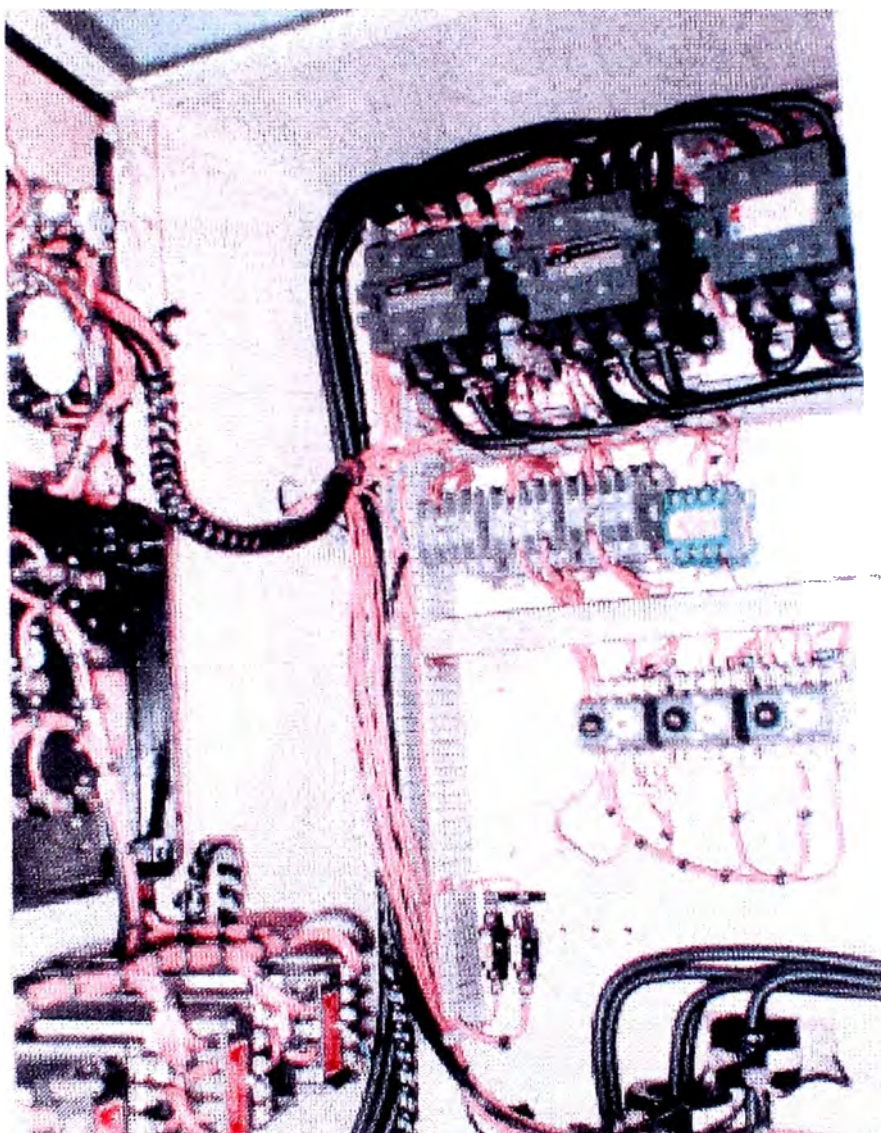


Figura 4.4 Componentes del circuito original del control del motor de arranque

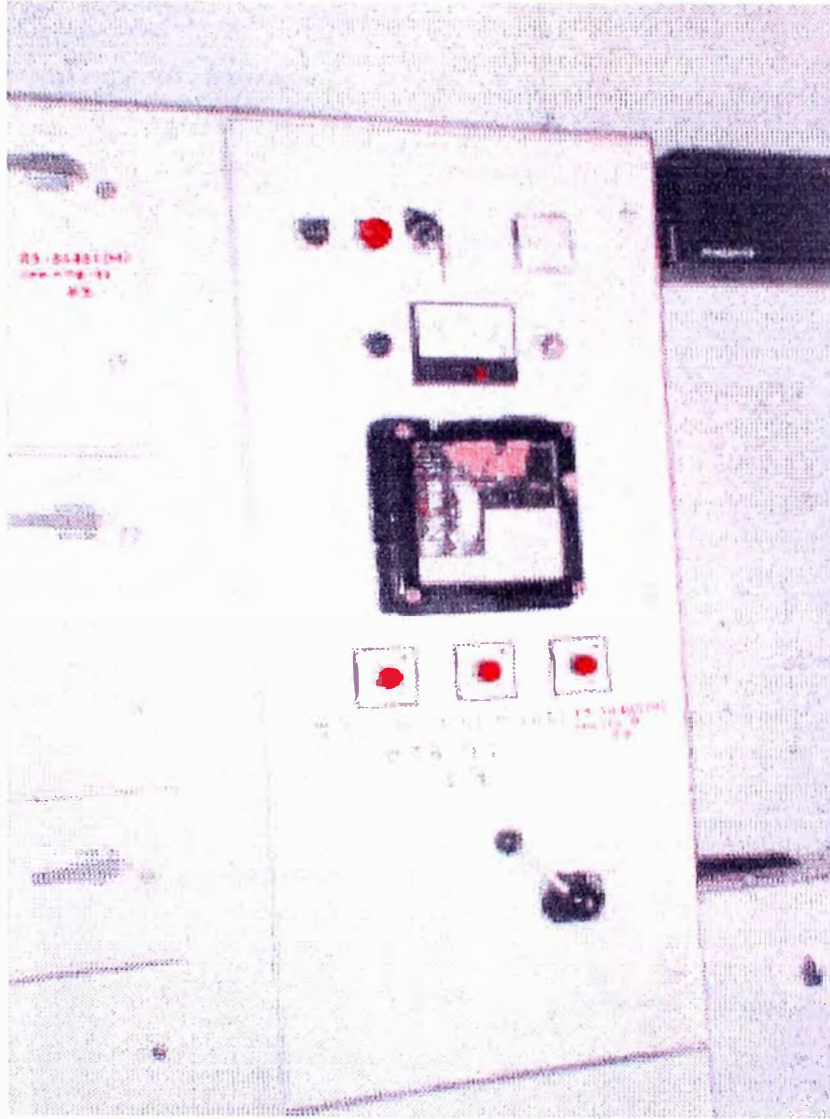


Figura 4.5 Vista frontal de panel original del control del motor de arranque

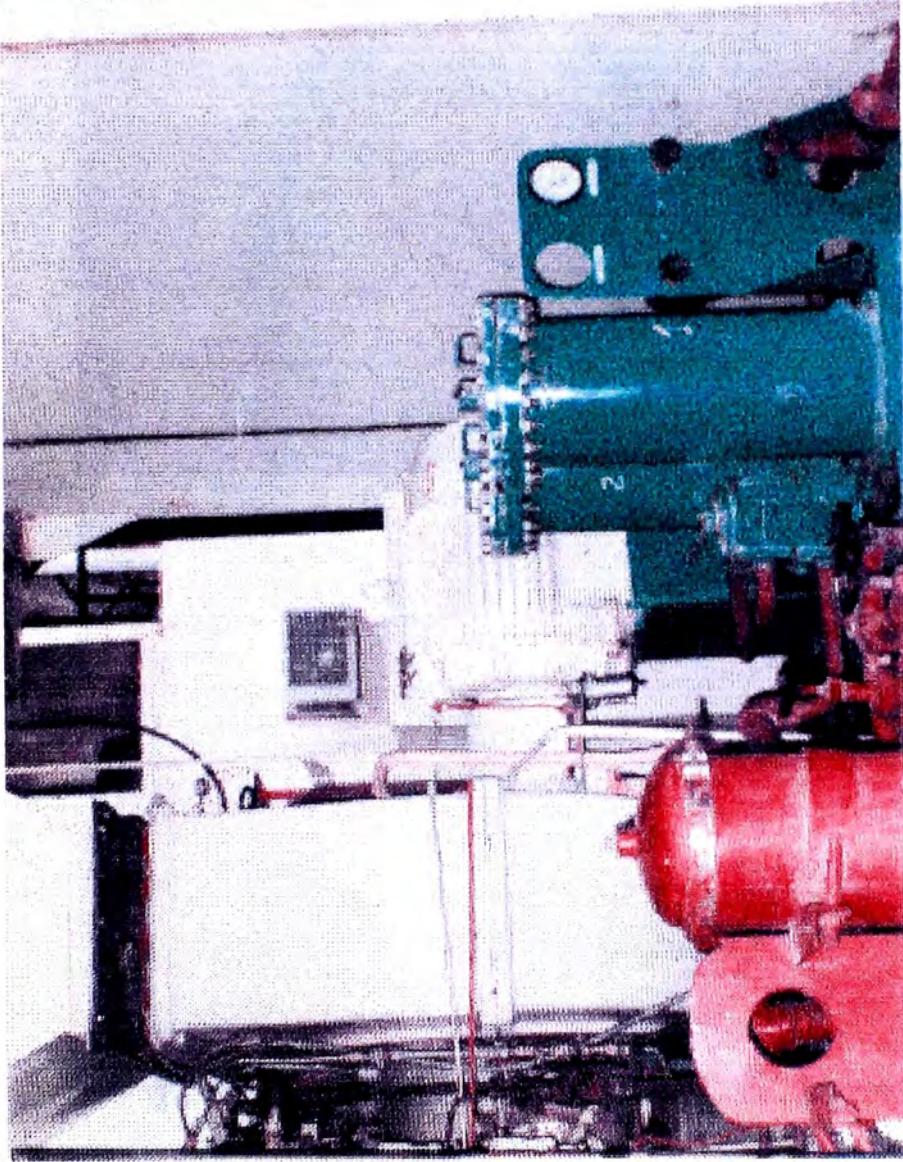


Figura 4.6 Motor de arranque

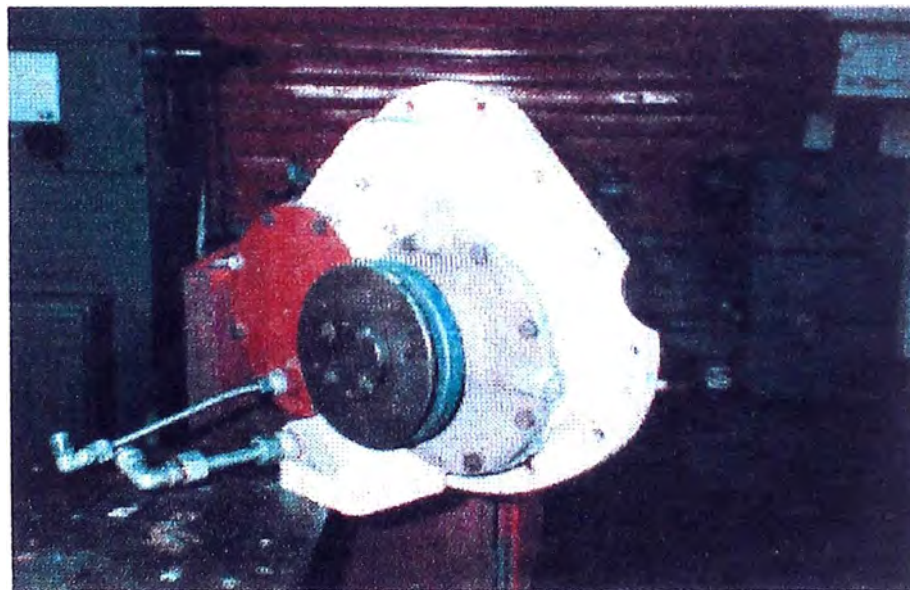
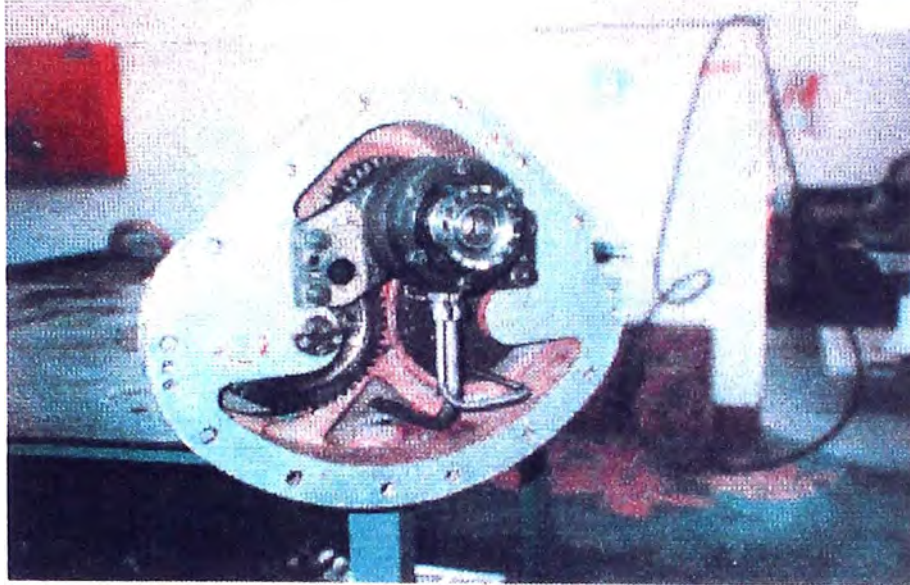


Figura 4.7 Caja de engranajes de motor de arranque

arranque se incrementa por encima de 34 A y energiza el relé UCR2. Las figuras 4.9 y 4.10 muestran la corriente y potencia en función del tiempo en el motor. A los 4 segundos de iniciada la secuencia abre el contacto TDR/1 quedando autoenclavado el contactor LSC vía el contacto UCR2/1 y prepara el circuito para TDR2. Cuando la corriente de arranque baja a 34 A, el contacto UCR1 se abre y desenergiza LSC permitiendo que TDR2 se energice cuando LSC/1 se cierre. El contacto TDR2 cierra después de un segundo y energiza los contactores de alta velocidad HS1 y HS2 permitiendo que HS2/3 cierre y energice el temporizador TDR3 el cual se autosostiene vía el contacto TDR3/2. El contacto UCR1 se cierra cuando vuelve a incrementar la corriente y energiza el relé UCR2. Al término de la temporización de 4 segundos del TDR3, el TDR3/1 abre quedando HS1 y HS2 autosostenidos vía el contacto UCR2/2. Cuando la corriente de arranque de la configuración de alta velocidad baja a 34 A, el contacto UCR2/2 abre y desenergiza HS1 y HS2, así los relés temporizados TDR1, TDR2 y TDR3 permanecerán energizados hasta que el PSW9 se abra permitiendo que todos los relés regresen a su condición de prearranque.

Para el arranque en manual el selector AUTO / MAN debe estar en posición manual de tal forma que al presionar el botón pulsador de arranque se energiza el relé H que se autosostiene vía H/3. El contacto H/1 energiza el relé NVR y la secuencia de arranque se repite igual que para un arranque en AUTO. El contacto H/2 puentea el contacto UCR2/2 permitiendo que los contactores HS1 y HS2 sigan autosostenidos cuando se desenergiza UCR2/2, el motor se desenergiza cuando se acciona el botón pulsador de parada.

4.3 Problemática

4.3.1 Fallas típicas del sistema de control

Uno de los problemas más comunes en los arranques de las turbinas era debido a la inoperatividad del panel de control de arranque del motor. A continuación se

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF TB 4000 AC STARTER MOTOR

SF1 - Trip if igniters fail to ignite main fuel valve after 48 seconds
(Digital Timer 64 seconds)

SF2 - Trip if governor fuel valve fails to open after 48 seconds
(Digital Timer 64 seconds)

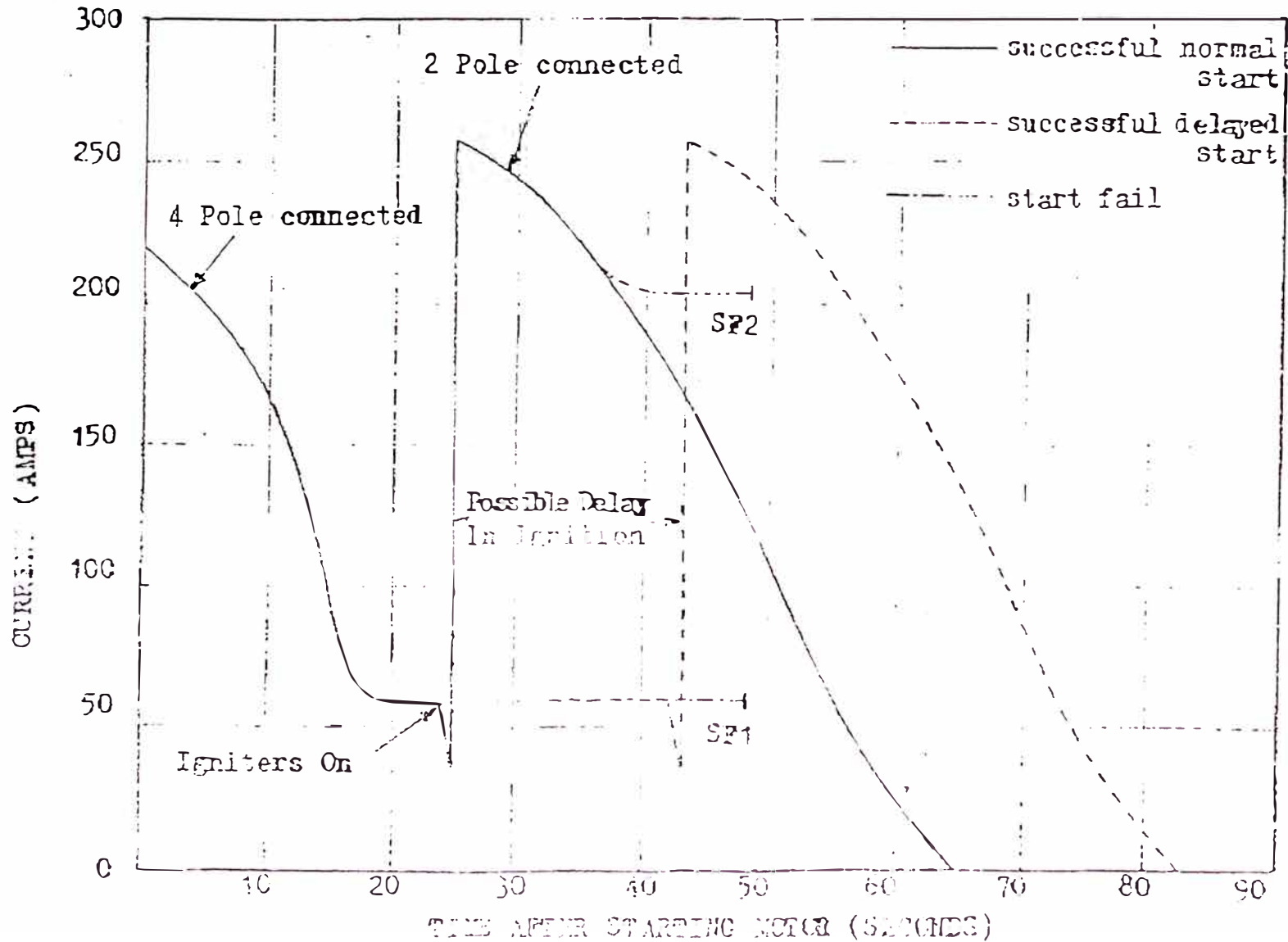


Figura 4.9

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF TE 4000 AC STARTER MOTOR

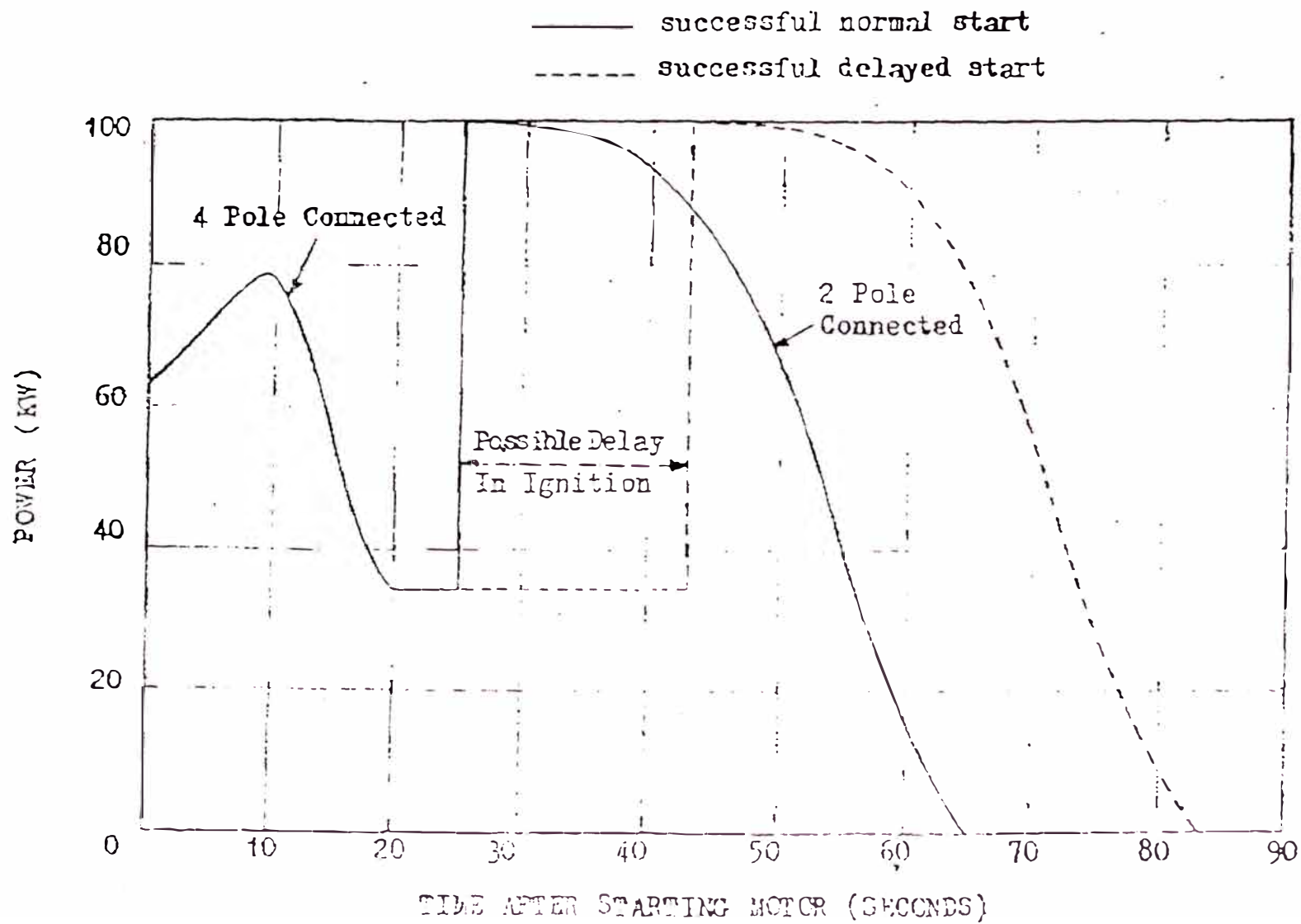


Figura 4.10

muestra un cuadro con información de las fallas típicas y la causa con datos que se extrajeron de las bitácoras de mantenimiento respectivas de cada turbina.

FALLA	CAUSA
No hay señal de lista para marcha	Inoperatividad del TR1/I
Motor no arranca	PSW 9 con aceite
Traqueteo de contactores principales	Inoperatividad de contactos auxiliares LSC, HS1
Segunda etapa ingresa antes de tiempo	Soliconrolador inoperativo
Contactos TA1, TA2 y TA3 se abren constantemente	Inoperatividad de amplificadores de temperatura
Motor sobrecalienta	Demasiados arranques y no hay control de temperatura
Relé de calado zumba	Inoperatividad del Relé
No hay protección por falla de fases	Relé desconectado por inoperatividad
Corriente de arranque no es normal	Contactos principales de contactores chisporroteados.
Motor vuelve a encrochar luego de terminada la secuencia	No desconecta NVR , problema en PSW9

4.3.2 Desabastecimiento y obsolescencia de repuestos

En el año 1995 el stock de repuestos necesarios para el control del motor de arranque que el Oleoducto mantenía en sus almacenes se vio seriamente desabastecido y se debió principalmente a los siguiente factores :

- Cambio más frecuente de elementos en mantenimientos correctivos, especialmente contactos auxiliares de relés y contactores, que se desgastaban o deterioraban por el incremento de arranques de turbina que fueron necesarios para cumplir con el programa de bombeo.

- Ante la circunstancia de que las turbinas tienen 20 años de operación y que existían fallas debido a soliconroles, amplificadores de temperatura ó relés de falla de fase fue necesario el cambio desabasteciendo el stock limitado en los almacenes de estos elementos.
- Logística no podía atender los requerimientos de material porque los proveedores ó fabricantes indicaban que dicho material estaba obsoleto.

4.3.3 Inconvenientes de mantenimiento

Para los mantenimientos programados de 5,000 Hrs y 15,000 Hrs que se realizan a las turbinas están considerado los repuestos en una lista típica por sistemas que son categorizados como críticos aquellos que son imprescindibles y no críticos aquellos que puede o no tener stock . Para el caso del sistema de control del motor, la lista típica se basaba principalmente en contactos principales y auxiliares de los contactores y relés como material crítico y los instrumentos se consideraban como material no crítico. Al no haber stock de este tipo de repuesto para los mantenimientos durante el desarrollo de los mismos se procedía en unos casos a colocar el mismo contacto auxiliar sellado o a realizar reparaciones no muy confiables en otro caso y puentear salidas de los instrumentos de protección como los casos del relé de falla de fase y el de los amplificadores de temperatura, lo que definitivamente dejaba sin protección al motor por estos factores.

Ante la circunstancia de un mantenimiento correctivo el problema se complicaba aún más considerando que se tenía que resolver el problema lo más pronto posible y muchas veces utilizando repuestos de condición 2, ya utilizados en otras unidades.

Adicionalmente no se tuvo información técnica de los amplificadores de temperatura y del relé de calado por lo que las calibraciones efectuadas no han sido muy confiables.

4.3.4 Deficiencias del circuito original

Referencia : Ver en la figura 4.8 el diagrama esquemático original.

El solicontrolador es un amperímetro con relación de transformación 300/5A que mide corriente alterna en una de las fases del motor y activa a su vez el contacto UCR1 al sobrepasar un valor de referencia de 34 A. Tiene un circuito fotoeléctrico que sensa luz, emitida por una pequeña lámpara, que se interrumpe cuando la aguja indicadora de corriente del solicontrolador pasa por el valor de referencia y el circuito activa el contacto UCR1 cerrándolo. Si la pequeña lámpara se quema no existe ninguna alarma que indique esta situación y crea el siguiente problema: cuando el PSW9 envía la señal de arranque se energiza el contactor de baja velocidad LSC incrementando la corriente a 240 amperios, pero el contacto UCR1 no cierra. Después de cuatro segundos el contacto TDR1/1 abre y al estar el UCR1 abierto se desenergiza el contactor LSC permitiendo vía LSC/1 que el contactor HS1 y HS2 se activen, energizando al motor en configuración de alta velocidad cuando el rotor de compresor todavía se encuentra en la etapa inicial de arranque. Esta situación provoca un torque alto al motor y desequilibrio en el flujo de aire del compresor pudiendo traer daños considerables. En ocasiones que este tipo de problema se ha presentado en el Oleoducto, los operadores se encontraban presentes durante el arranque y pararon la turbina de emergencia sin perjuicio alguno a la unidad.

El relé de calado tiene una entrada de relación 300 / 5A pero está alimentado por un transformador de corriente de relación 100 / 5A. Durante la corriente de arranque que es de 240 A en la primera etapa y 270 A en la segunda etapa el transformador de corriente zumba y el relé de calado no recibe la transducción correcta de corriente por encima de 100 A. No existe información técnica al respecto y el relé es un equipo obsoleto a la fecha.

Los amplificadores de temperatura TA1, TA2 y TA3 tienen una entrada cada uno de 2 x 120 ohmios lo que significa que hay dos RTD de 120 ohmios en serie por cada fase en el bobinado del estator del motor, por lo tanto no son equipos comerciales sino más bien de diseño especial. La figura 4.18 aclara este aspecto.

4.4 Justificación de modernización

El procedimiento utilizado para la justificación de la modernización está basado en los resultados de análisis estadísticos realizados con respecto a las fallas de arranque de las turbinas, conclusiones de la base técnica y monto de inversión estimada que son datos que usan para llenar un cuadro de resumen económico que es una hoja de cálculo ya desarrollado por la empresa para las justificaciones de inversiones.

4.4.1 Análisis estadístico de fallas de arranque

Con la finalidad de analizar estadísticamente la problemática de las fallas de arranque de las turbinas durante los reinicios de bombeo se procedió a realizar un muestreo de datos de los eventos de arranque desde el 06 de marzo al 03 de mayo de 1995 considerando un universo de 185 arranques de los cuales se obtuvieron los resultados que se muestran en la hoja de inspección de control de arranques y fallas de la figura 4.11. Se tomaron datos sobre 7 períodos de bombeo cada uno de 4 días de duración en promedio donde se muestra los arranques efectuados y fallidos por cada estación dando un total de arranques efectuados de 185 contra 86 arranques fallidos lo que da un 46,5 % de fallas en los reinicios que es un porcentaje muy elevado.

En la figura 4.12 se muestra el diagrama de Pareto de las fallas típicas en reinicios de bombeo con datos obtenidos de las bitácoras de operación. Según el diagrama las fallas más comunes en los arranques eran las categorizadas en el rubro de falla de arranque con 69 % y alta temperatura de operación (ATO) con 26 %. La figura 4.13 muestra el diagrama de Pareto de las causas de falla de arranque y la información analizada con respecto a este rubro indica que el 71 % son fallas por ignición , 19 % por fallas en el control del motor de arranque y 10 % en otros.

Para determinar que turbinas eran las que tenían mayor incidencia en las fallas del control del motor de arranque se profundizó el análisis y se evaluó el cuadro de inspecciones de la figura 4.14 cuyos resultados se muestran en el gráfico

**HOJA DE INSPECCIÓN DE ARRANQUES Y FALLAS EN EL PROCESO DE REINICIO BOMBEO
PERIODO 06/03 AL 03/05/95**

PERIODO	ARRANQUES	EST. 5	EST. 6	EST. 7	EST. 8	EST.9	TOTAL
06/03 al 10/03	Efectuados	9	2	8	4	22	45
	Fallidos	4	0	4	0	10	18
15/03 al 20/03	Efectuados	1	1	1	1	11	15
	Fallidos	0	0	0	0	7	7
25/03 al 29/03	Efectuados	11	6	4	7	6	34
	Fallidos	6	2	3	3	1	15
02/04 al 06/04	Efectuados	2	1	5	1	16	25
	Fallidos	1	0	4	0	8	13
12/04 al 17/04	Efectuados	11	1	1	2	13	28
	Fallidos	8	0	0	1	9	18
20/04 al 25/04	Efectuados	3	1	3	5	14	26
	Fallidos	1	0	2	3	7	13
28/04 al 03/05	Efectuados	1	1	1	2	7	12
	Fallidos	0	0	0	0	2	2
TOTAL ARRANQUES EFECTUADOS		38	13	23	22	89	185
TOTAL ARRANQUES FALLIDOS		20	2	13	7	44	86

Figura 4.11

DIAGRAMA DE PARETO : FALLAS TÍPICAS EN REINICIOS DE BOMBEO

TIPO DE FALLA	CANTIDAD
Falla de arranque	59
ATO	22
Falla de llama	3
Secuencia Valvulas	1
Otros	1
TOTAL :	86

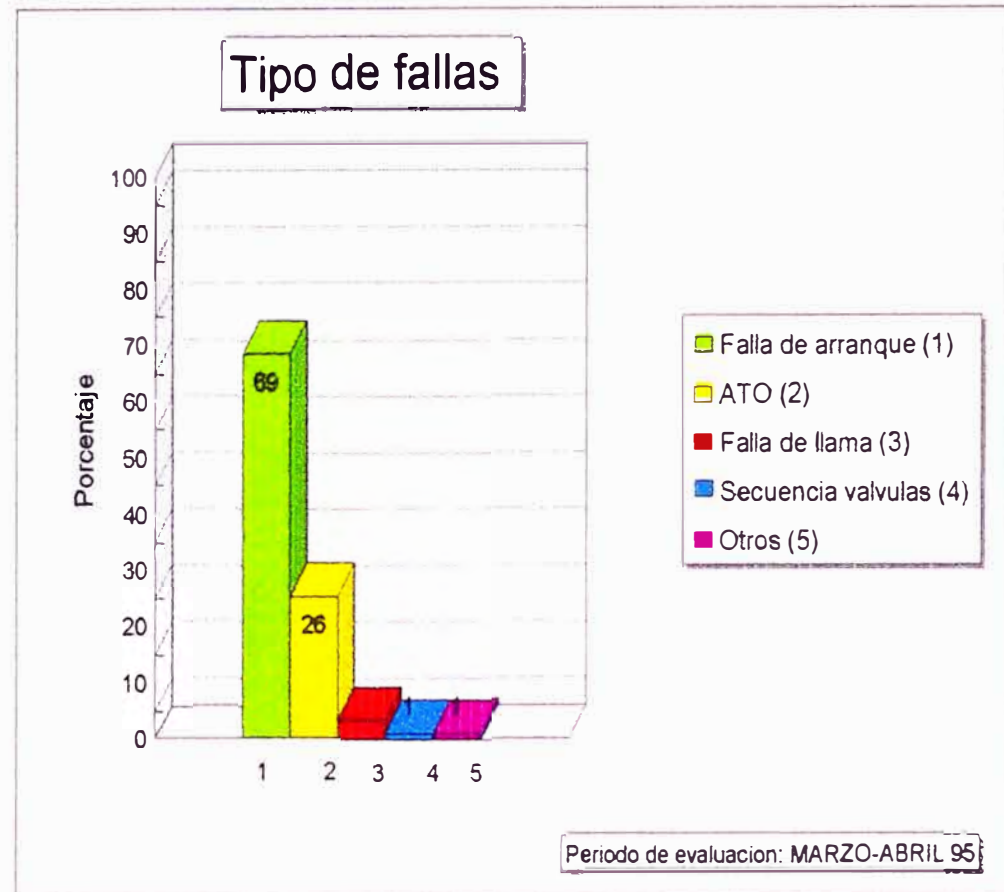
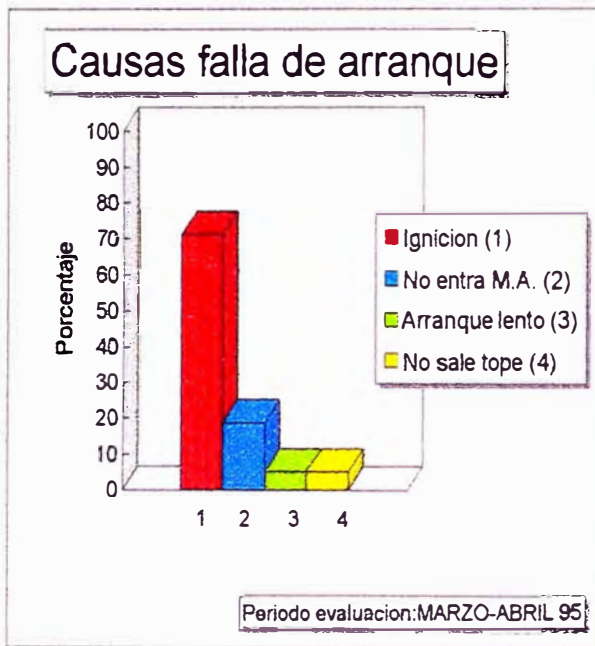


Figura 4.12

CAUSAS DE FALLA DE ARRANQUE

CAUSA	CANTIDAD
Ignicion	42
No entra motor de arranque	11
Arranque lento	3
No sale tope minimo	3
TOTAL:	59



CAUSAS DE FALLA POR A.T.O.

CAUSA	CANTIDAD
Doble desviacion	7
Maquina caliente	12
Rebombeo compresor	2
Apertura valvula venteo	1
TOTAL :	22

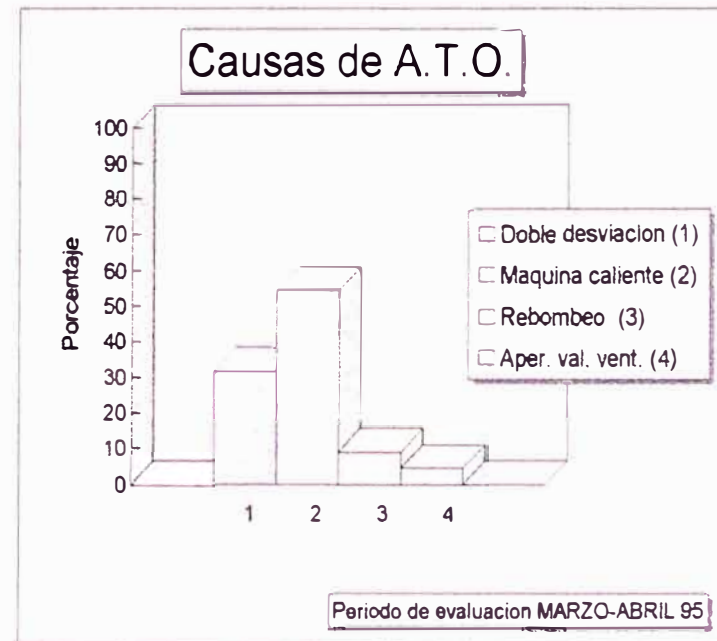


Figura 4.13

ESTADISTICA DE FALLAS DE ARRANQUES POR UNIDAD

		PERIODO MAR-ABR 95													
TIPO DE FALLA	5GT-1	5GT-2	5GT-3	6GT-1	6GT-2	7GT-1	7GT-2	8GT-1	8GT-2	9GT-1	9GT-2	9GT-3	9GT-4	9GT-5	TOTAL
IGNICION	5	4	3	1	1	2	4	2	1	1	4	4	6	4	42
NO ENTRA MOTOR / ARR	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	11
ARRANQUE LENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3
NO SALE TOPE MINIMO	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3
TOTAL	7	4	6	3	1	3	4	3	1	2	6	6	8	5	59

Figura 4.14

GRAFICO COMPARATIVO DE CAUSAS DE FALLA DE ARRANQUE POR TURBINAS

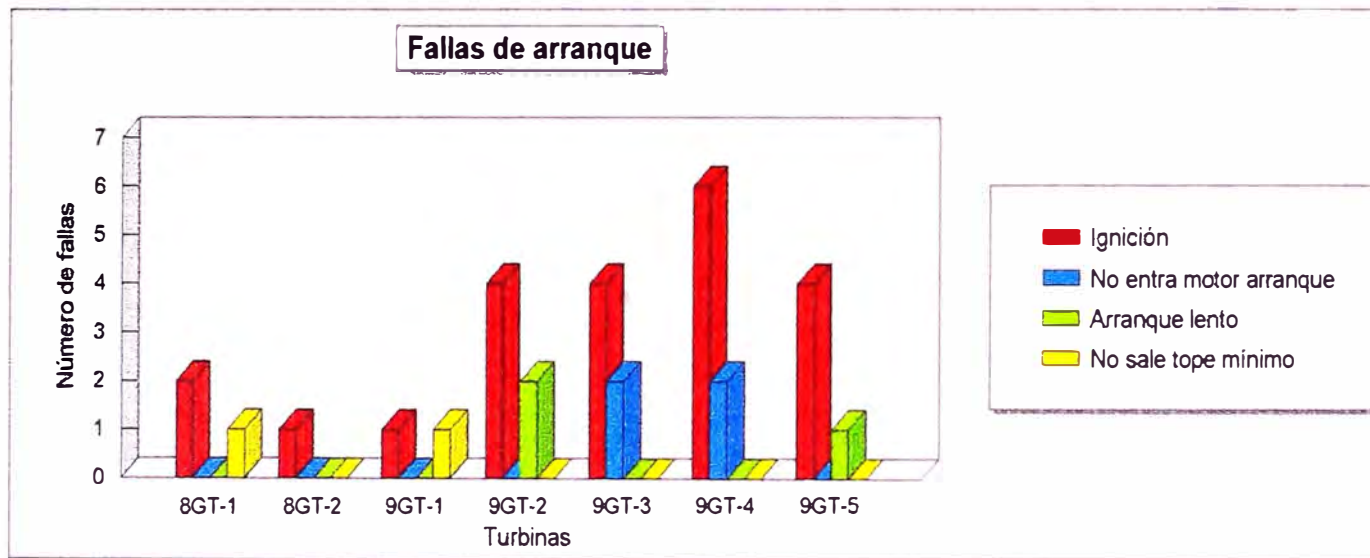
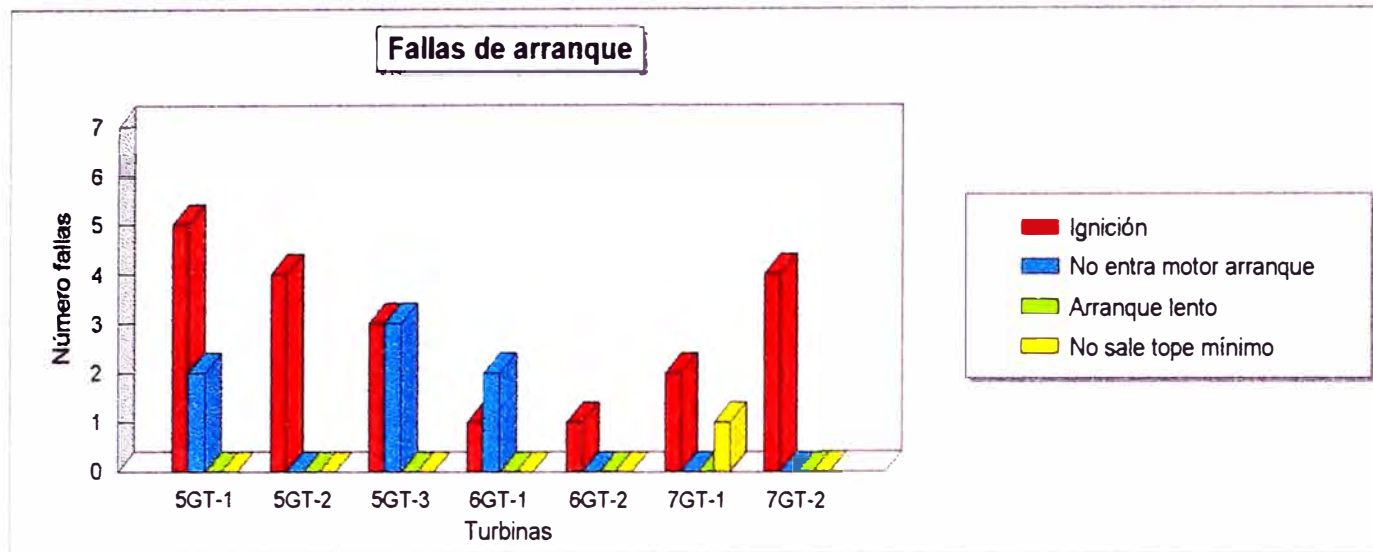


Figura 4.15

comparativo de la figura 4.15. Esta información determinó que cinco turbinas tenían la mayor cantidad de fallas en el control del motor de arranque para el periodo marzo - abril 95. Las conclusiones del análisis estadístico permitió que el departamento de mantenimiento tomara acción inmediata para la solución del sistema de ignición y falla por alta temperatura de operación en todas las turbinas. Para el caso del control del motor de arranque se decidió modernizar los controles en las turbinas 5GT-1, 5GT-3, 6GT-1, 9GT-3 y 9GT-4 con el presupuesto operativo del año 1996 considerando el resto de turbinas para el periodo 97 - 98.

4.4.2 Análisis técnico - económico

Para el análisis técnico - económico se ha utilizado el procedimiento que tiene la empresa para este tipo de análisis desarrollado en una hoja de cálculo. Se coloca el nombre del proyecto y el objetivo, se adjunta la base técnica , base estadística (si hubiera) y el monto de la inversión y adicionalmente se plantea un escenario para la justificación y finalmente se detallan los montos de ingreso y egreso que tendría el proyecto con los cuales se realizan unos cálculos automáticamente en la hoja de cálculo dando un cuadro resultado de resumen económico.

La base técnica se estableció considerando que el proyecto de la modernización del control del motor de arranque se basa principalmente en el reemplazo de la tecnología del sistema de control actual, el cual es obsoleto, por un sistema basado en PLC que reemplazará todas las funciones del sistema original y se podrá mejorar deficiencias del circuito original . Permitirá cambiar valores de referencia en forma simple para el operador, monitorear los parámetros de operación con un visualizador de datos, reactualizar protecciones por alta temperatura de estator y falla de fase, adicionar protección por sobrecorriente y simular el relé de calado vía software. Los equipos modernos a instalar darán mayor confiabilidad y se podrá tener stock de repuestos en el mercado. El circuito original tiene 20 años de operación y por consiguiente desgaste natural de contactos e inoperatividad por tiempo de vida de instrumentos que actualmente se consideran obsoletos por el fabricante.

La base estadística se planteó según las conclusiones del análisis estadístico descrito en el punto 4.4.1 que fue de 19% de incidencia en las fallas de arranque debido a problemas inherentes al control del motor de arranque de las turbinas.

La empresa consideró el proyecto para todas las turbinas teniendo una inversión inicial de modernización en cinco turbinas en el año 1996.

		MUSA \$
AÑOS		MONTO
Años anteriores	1995	0,0
Presente año	1996	40,0
Próximos años	1997	30,0
	1998	20,0
	1999	0,0

Ver cuadro de figura 4.16 con resúmen de información económica

En el escenario planteado para este proyecto se estimó que se continuaría el bombeo intermitente de 4 días por 3 días de parada, un horizonte de 6 años y una depreciación contable a 15 años. Para los detalles de ingresos se consideró un ahorro de USA \$ 12,500.00 por minimizar las fallas de arranque suponiendo que existiría un promedio de 50 fallas del control del motor de arranque al año a un costo de USA \$ 250,00. Además se asumió un costo de oportunidad por obsolescencia de repuestos considerando que las turbinas estarían con las protecciones por temperatura y falla de fase inoperativas. Se estimó que los costos de repuestos de los contactos auxiliares aumentarían de precio hasta cinco veces su valor actual por ser de stock limitado y tendencia a desaparecer. Se consideraron siete mantenimientos de turbinas al año con un costo de repuestos del control del motor por cada turbina de USA\$ 3,500.00 dando un monto de USA\$ 24,500.00 por año. Finalmente se consideró un ahorro al evitar transporte aéreo por falla del control considerando un

CUADRO RESUMEN DE INFORMACION ECONOMICA

	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	año 0	año 1	año 2	año 3	año4	año5
INVERSION	(40,00)	(30,00)	(20,00)			
INGRESOS						
Ahorro por evitar falla de arranques		12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Costo de oportunidad por obsolescencia		24,50	24,50	24,50	24,50	24,50
Ahorro al evitar transporte aéreo/ falla		37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
TOTAL INGRESOS:		74,50	74,50	74,50	74,50	74,50
EGRESOS						
Costos de Operación						
Costos de Mantenimiento		5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Total gastos operativos		5,25	5,25	5,25	5,25	5,25
Depreciación		2,67	4,67	6,00	6,00	6,00
TOTAL EGRESOS		7,92	9,92	11,25	11,25	11,25
UTILIDAD BRUTA		66,58	64,58	63,25	63,25	63,25
Impuesto (30%)		19,98	19,38	18,98	18,98	18,98
UTILIDAD NETA		46,61	45,21	44,28	44,28	44,28
Depreciación		2,67	4,67	6,00	6,00	6,00
Flujo de Fondos	(40,00)	19,28	29,88	50,28	50,28	50,28
VAN al 15%	(40,00)	16,76	22,59	33,06	28,74	25,00
VAN acumulado	(40,00)	(23,24)	(0,65)	32,41	61,15	86,15

VAN = 86,15 TIR = 72,46 %

PAY OUT 2 año(s) 0 mes(es)

Figura 4.16

promedio de 10 fallas del control del motor de arranque al año en estaciones que es necesario transporte aéreo no rutinario. El costo / hora helicóptero es de USA\$ 1,500.00 y el promedio de horas vuelo hacia Estación 5 ó Andoas es de 2.5 horas dando un costo estimado en transporte de personal técnico de USA\$ 37,500.00. Para los detalles de egresos se consideró el costo de mantenimiento del control moderno teniendo presente siete mantenimientos por año a un costo de USA \$ 750.00 por turbina dando un monto de USA \$ 5,250.00

El proyecto se aprobó de acuerdo a lo solicitado para el gasto operativo del periodo 1996 - 1998.

4.5 Filosofía del nuevo sistema de control

El sistema modernizado fue concebido para realizar diferentes funciones. En la figura 4.17 se muestra el diagrama funcional del sistema de control modificado.

La función permisiva no permite que se arranque la turbina si existiera alguna alarma enclavada en los dispositivos de protección del motor ó que el botón pulsador de parada esté en condición anormal

El solicontrolador UCR1 y el relé de calado SR1 del circuito original han sido reemplazados por la integración de un transductor de corriente, un visualizador de datos y el PLC que con el programa implementado permiten la posibilidad de una función de control total sobre la señal de corriente.

La función arranque en automático ante el requerimiento por intermedio del cierre del PSW9 permite que el motor se energiza con 460 Vac trifásico en configuración de 4 polos y cuando la corriente de arranque de la primera etapa de 240 A empieza a descender según la curva mostrada en la figura 4.9 y llegue a 34 A se desenergiza el motor y después de un segundo se vuelve a energizar con 460 Vac trifásico en configuración de 2 polos. Cuando el motor aceleró al rotor de compresor hasta 4,800 rpm ayudado por el sistema de combustible el PSW9 abre para desenergizar el motor y permitir que se tenga condición inicial de prearranque.

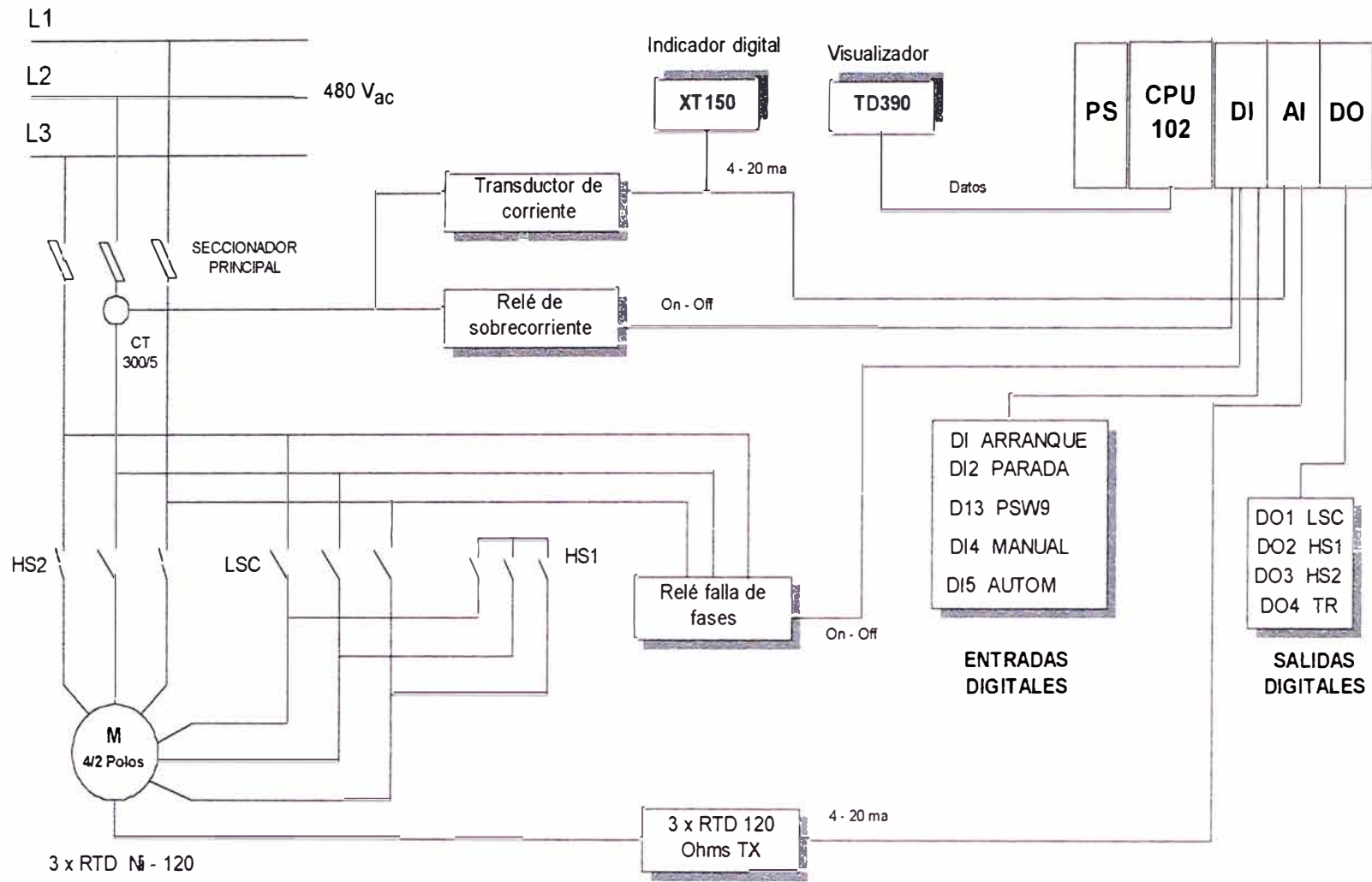


Figura 4.17 : Diagrama funcional del control del motor de arranque modificado

La función arranque manual permite que ante el requerimiento de arranque en manual por intermedio del botón pulsador de arranque, la secuencia se repita igual que para un arranque en automático con excepción de la parada que se realiza con el accionamiento del botón pulsador de parada.

La función indicación del sistema está implementado con indicaciones luminosas para baja y alta velocidad del motor, indicación de los valores de corriente de arranque de ambas etapas en un visualizador de datos digital y una interfase hombre - máquina que permite visualizar once mensajes de alarmas y seis de avisos de todo el proceso de arranque del motor.

La integración del sistema con diferentes equipos permite que el control proteja al motor en las siguientes condiciones

- Temperatura de bobinados de estator mayor a 80° C.
- Inversión de secuencia de fases
- Fases abiertas
- Desbalance de fases (5 %)
- Sobrecorriente con ajuste de tiempo de accionamiento de contacto
- Más de 100A en 35 seg. en primera etapa
- Más de 150A en 50 seg. en segunda etapa
- Inhibir arranque por 3 minutos luego de la desactivación del PSW9 cuando trabaja en automático para evitar que vuelva a energizarse el motor ante una eventual falla del PSW9.
- Inhibir el arranque por 3 minutos luego que se active el botón pulsador de parada, el relé de sobrecorriente , el relé de fallas de fase y el relé de calado.
- Humedad (calefactores en control y motor)

La función cambio de parámetros permite que el sistema muestre y modifique diferentes parámetros de temporización y de proceso. Se pueden modificar todos los temporizadores, los valores de referencia para cambio de velocidad y alta temperatura de bobinado.

Adicionalmente se estableció reutilizar ciertos componentes del control original porque estaban en buen estado. Al panel metálico sólo se le modificó la parte frontal para alojar los nuevos instrumentos y se reutilizó el seccionador principal, los fusibles y portafusibles principales, el transformador de corriente de 300/5 A y los calentadores eléctricos del cubículo y del motor. Para el caso de las resistencias termo detectoras (RTD) de los tres bobinados originalmente dos RTD marca Richardsons Wesgarth tipo G738 de 120 ohmios a 0°C estaban conectadas en serie en cada bobinado del estator del motor, este circuito de resistencias detectoras de 2 x 120 ohmios no es común para entradas de controladores de temperatura comerciales por lo que se decidió utilizar una sola RTD de 120 ohmios por bobinado tal como la figura 4.18 lo muestra.

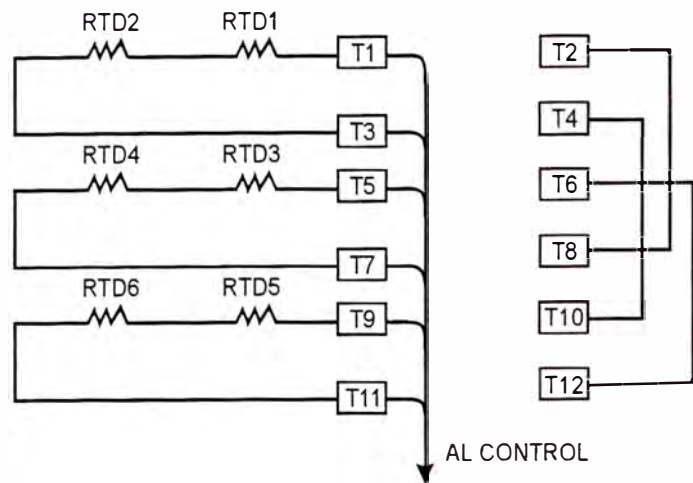
4.6 Ingeniería de detalle

4.6.1 Descripción del equipo utilizado

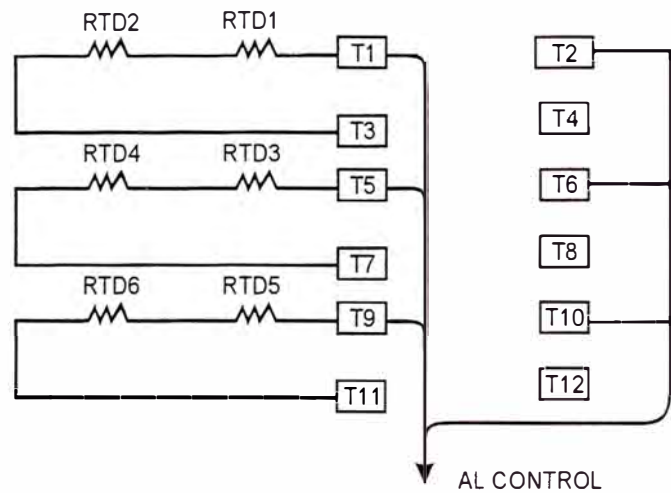
Para cumplir con las funciones planteadas en la filosofía de control y requisitos exigidos según lo expuesto en el acápite 4.5 el sistema se implementó con equipos de tecnología moderna que están listados en la figura 4.19 y el control secuencial basado en un controlador lógico programable PLC SIMATIC S5 - 100U CPU 102 de Siemens que se encarga mediante un programa de administrar la secuencia completa de arranque del motor. Para realizar esta operación el PLC cuenta con diferentes entradas y salidas.

Entradas:

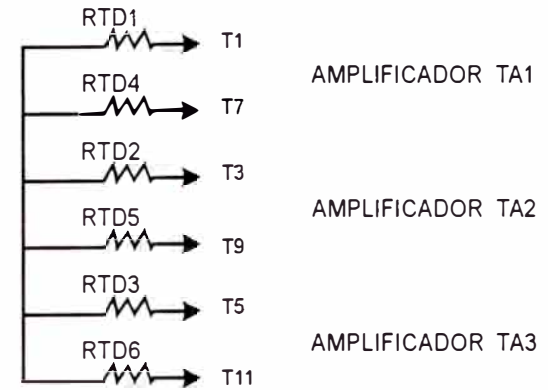
- Tres (03) señales análogas (4 - 20 ma) provenientes de tres transmisores de temperatura , marca Minco , modelo TT111 que reciben la variación de resistencia de tres RTD 's de 120 Ohmios a 0°C ubicadas en los bobinados del estator del motor con fines de protección.
- Una (01) señal análoga enviada por un transductor de corriente de estado sólido, marca Ohio Semitronis Inc., modelo CT5. Este equipo convierte la corriente de 0 - 5A proveniente de un transformador de corriente de 300 /5A instalado en la fase 2



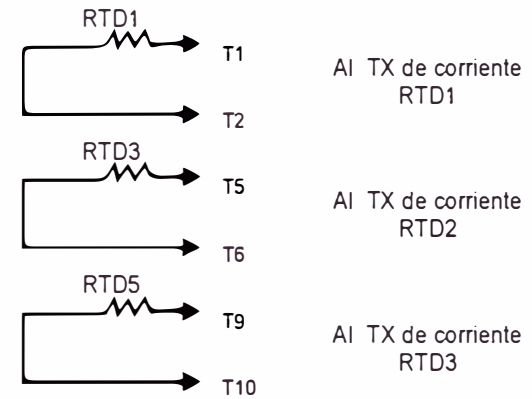
Conexión original de RTD 's en caja de borneras de motor



Conexión actual de RTD 's en caja de borneras del motor



Esquema Original



Esquema Actual

Figura 4.18

del motor a una señal de 4 -20 ma que es usada por el PLC para hacer la conmutación de baja a alta velocidad y simular la función del relé de calado con fines de protección. Adicionalmente esta misma señal es recibida por un visualizador de barras gráficas marca Endress + Hauser modelo XT150 con recorrido angular (180°) cuyo rango es completamente configurable y es ajustado de 0 - 300A.

- Cinco (05) señales digitales provenientes interruptores del modo manual, modo automático, arranque, parada y PSW9.
- Una (01) señal digital proveniente del relé de sobrecorriente marca Basler , modelo BE4-51-1E1A1. Este equipo permite programar el umbral de corriente, así como ajustar el tiempo de accionamiento del contacto.
- Una (01) señal digital que impide el arranque del motor cuando existe un desbalance de fase o inversión de la secuencia de fase, esta señal es proporcionada por el relé de balance de fase, marca Basler, modelo BE4-47N3D4N2 El desbalance es ajustado en 5 %.

Los módulos de la familia SIMATIC utilizados para estos tipos de entradas son :

- Módulo de entrada digital 8 x AC 115V, modelo 6ES5 431 - 8MC11.
- Módulo de entrada analógica 4 x 4 - 20 ma, modelo 6ES5 464 - 8ME11.

Salidas:

- Una (01) salida digital para accionamiento de la bobina del contactor de baja velocidad LSC.
- Una (01) salida digital para accionamiento de la bobina del contactor HS1 que puentea los terminales LC3 , LB3 y LA3 para formar la configuración estrella en 2 polos.
- Una (01) salida digital para accionamiento de la bobina HS2 del contactor de alta velocidad.
- Una (01) salida digital TR1 para señal de lista para la marcha en la turbina.

El módulo de la familia SIMATIC utilizado para este tipo de salida es

- Módulo de salida por relés 8 x 230 Vac, modelo 6ES5 451 - 8MR12.

El ajuste de las referencias para la conmutación de baja a alta velocidad , máxima temperatura de bobinado, cambio de tiempo de los temporizadores del proceso de arranque, la visualización de alarmas, avisos y valores de proceso se realizan con el visualizador de texto, marca Siemens, modelo TD390 que es un display de texto bilineal especialmente diseñado para PLCs de la familia SIMATIC S5 en el que se pueden visualizar mensajes, mostrar y modificar valores del proceso.

Las figuras 4.20 y 4.21 muestran como están instalados los equipos actualmente y las referencias técnicas están en el anexo D.

4.6.2 Estructura del programa del PLC Simatic S5 - 100U

La familia de PLCs SIMATIC S5 tiene desarrollado un lenguaje de programación llamado STEP 5. Con este lenguaje son posibles las siguientes formas de representación:

- Lista de instrucciones (AWL)
- Esquema de funciones (FUP)
- Esquema de contactos (KOP) también llamado diagrama escalera .

La dirección de las entradas / salidas se asignan de acuerdo al número del puesto de enchufe del módulo y el número de canal . Los módulos digitales E / S pueden enchufarse entre los puestos 0 - 31 mientras que los módulos analógicos de E / S sólo entre los puestos 0 - 7. El formato de dirección es de la forma X .Y donde la dirección del byte X coincide con el número del puesto en el que está enchufado el módulo y la dirección del bit Y coincide con el número del canal del módulo. Para el caso de módulos digitales E / S sólo es posible transmitir o recibir un “ 0 “ o un “ 1” o sea un bit , para el caso de módulos E / S analógicos se precisan 16 bits = 2 bytes = 1 palabra . Las informaciones procedentes de las entradas se depositan en una estructura de memoria denominada imagen de proceso de las entradas PAE y las de salidas en otra estructura de memoria denominada imagen de proceso de las salidas PAA. El PAE y PAA ocupan cada una 128 bytes en la memoria RAM y tienen la

EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN EL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE

Item	Descripción	Marca	Modelo	Unidad	Cantidad
1	CPU 102 SIMATIC S5-100U	Siemens	6ES5 102-8MA 02	EA	5
2	Módulo de entrada digital 8 Puntos	Siemens	6ES5 431-8MC11	EA	5
3	Módulo de entrada analógica 4 Puntos	Siemens	6ES5 464-8ME11	EA	5
4	Módulo de salida Relé 8 Puntos	Siemens	6ES5 451-8MR12	EA	5
5	Elemento de bus	Siemens	6ES5 700-8MA11	EA	10
6	Fuente de poder SITOP 2A	Siemens	6EP1 331-1SL11	EA	5
7	Software STEP 5	Siemens	6ES5886-OMA01	EA	1
8	Programador manual SIMATIC PG605	Siemens	6ES5 605-0UD12	EA	2
9	Cartucho de memoria EEPROM 2.048 inst.	Siemens	6ES5 375-OLC21	EA	2
10	Visualizador de texto TD390	Siemens	6ES5 390-OUA11	EA	5
11	Indicador de proceso CONTACTER	E + H	XT150 - BB11	EA	5
12	Transmisor de temperatura :Temptran	Minco	TT1-1NA1C	EA	15
13	Transductor de corriente	Ohio	MCT5-005E	EA	5
14	Relé de balance de fases	Basler	BE4-47N 3D4N2	EA	5
15	Relé de sobrecorriente	Basler	BE4-51 1E1A1	EA	5
16	Contactador principal	Siemens	3TF 4822-OAK1	EA	15
17	Selector de tres posiciones	Siemens	3LF12002BP11	EA	5

Sigue ...

Item	Descripción	Marca	Modelo	Unidad	Cantidad
18	Lámparas de indicación rojo.	Siemens	3SB1001-6BF06	EA	5
19	Lámparas de indicación verde.	Siemens	3SB1001-6BF06	EA	5
20	Pulsador 1NO	Siemens	3SB1202	EA	5
21	Pulsador 1 NC	Siemens	3SB1203	EA	5
22	DIN EN50022 rail mounting	Minco	AC805	MT	1
23	Carril normalizado de 35 mm	Siemens	6ES5 710-8MA11	EA	5
24	Marcador de cable 20 ,16 AWG PVC			EA	300
25	Cable multifilar 16 AWG			MT	50
26	Cable multifilar 22 AWG			MT	100
27	Plancha metalica 3 / 16 "			SQM	5
28	Perno 3/4" long x 3/8" con tuerca			EA	100
29	Canalita protectora de cables PVC			MT	15
30	Marcador de cable 2/0 PVC , L1 , L2 , L3			EA	50
31	Terminales tipo ojo 20 AWG			EA	200

Figura 4.19

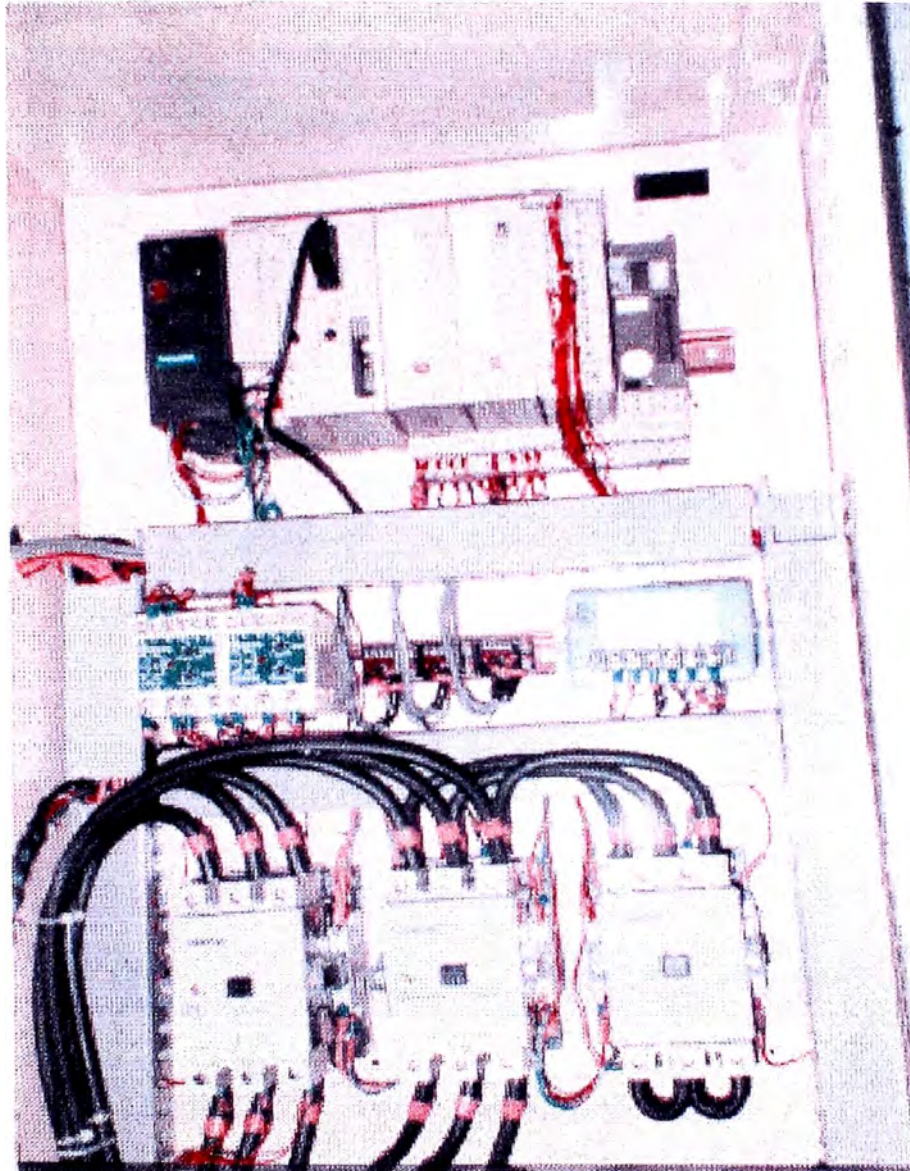


Figura 4.20 Componentes del control modernizado del motor de arranque

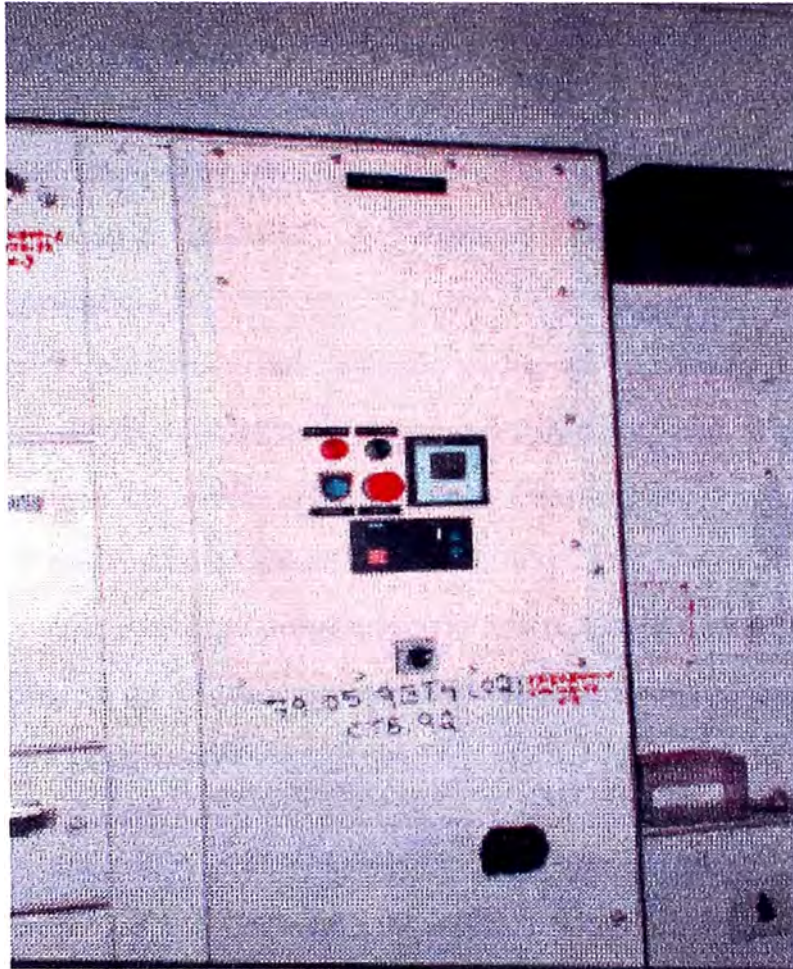


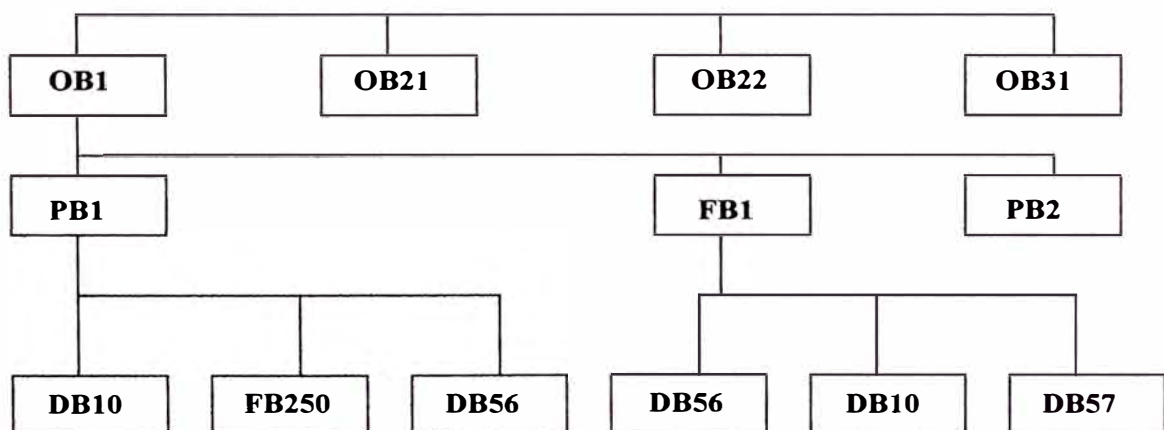
Figura 4.21 Panel frontal modernizado

misma estructura. La zona de direcciones comprendida entre los bytes 0 y 31 está reservada para informaciones que van o vienen de módulos que se direccionan como los de tipo digital. La zona de direcciones no ocupada del byte 32 al 63 sirve para almacenar resultados intermedios y la zona de direcciones comprendida entre los bytes 64 y 127 está reservada para informaciones que van o vienen de módulos que se direccionan como los de tipo analógico. En el anexo C se muestra una configuración posible del PLC y el almacenamiento de informaciones en las imágenes de proceso.

El esquema eléctrico del circuito original ha sido transformado en la representación KOP ó también diagrama escalera con algunos segmentos de programa escritos en AWL. El juego de instrucciones básicas utilizadas en el programa se muestran en el anexo A.

Se ha considerado una programación estructurada , esto quiere decir que el programa global se ha dividido en módulos de programación con entidad propia.

Estructura del programa



El OB1 realiza la ejecución cíclica del programa y como este es estructurado se tiene llamadas o saltos entre el PB1 , FB1 y PB2 que son módulos cerrados para aumentar la claridad del programa. El OB21 y OB22 realizan el tratamiento de procedimiento de arranque. El PB1 es el programa principal de mando y está escrito básicamente en diagrama escalera con algunos segmentos en AWL. Para realizar este

programa se siguió la secuencia del circuito eléctrico original. El FB1 es un módulo funcional que ha sido programado en AWL y sirve para modificar los tiempos de los temporizadores y puntos de referencia de corriente y temperatura máxima de bobinado, adicionalmente sirve para la visualización de la corriente y la temperatura. El OB31 en cada ejecución cíclica del programa arranca un tiempo de vigilancia , si el temporizador no vuelve a arrancar mientras transcurre el tiempo de vigilancia el PLC pasa a STOP y se bloquean todos los módulos de salida, es un módulo prefijado en el PLC. En el PB2 programó las alarmas y avisos que se adicionaron al control modernizado. El FB250 es un módulo de entrada analógica que se utiliza en el programa para digitalizar las señales analógicas provenientes de los tres transmisores de corriente 4 - 20 ma de señal de temperatura de bobinado de estator y del transductor de corriente de la fase 2. Tiene una opción de función por señalización de rotura de cable o falla en la entrada. Los módulos de datos son el DB10, DB56 y DB57 que sirven para almacenar datos , valores de tiempo y valores que se visualizan en el TD390 respectivamente. Hay tres módulos de datos que interactúan con el sistema operativo del PLC el DB0 que está reservado por el sistema operativo, el DB1 que está programado para parametrizar funciones internas y se evalúa cada vez que se arranca el PLC y el DB5 que es un módulo interno del visualizador de datos TD 390 En el anexo B se muestra el programa global y el de los módulos.

4.6.3 Esquemas eléctricos de conexiones

Las figuras 4.22 a 4.25 muestran los esquemas eléctricos de las conexiones entre los diferentes componentes del sistema modernizado del control del motor de arranque.

4.6.4 Diagramas de ubicación de equipo

Las figuras 4.26 y 4.27 muestran los diagramas de ubicación de equipo en la parte frontal e interior del sistema de control modernizado respectivamente.

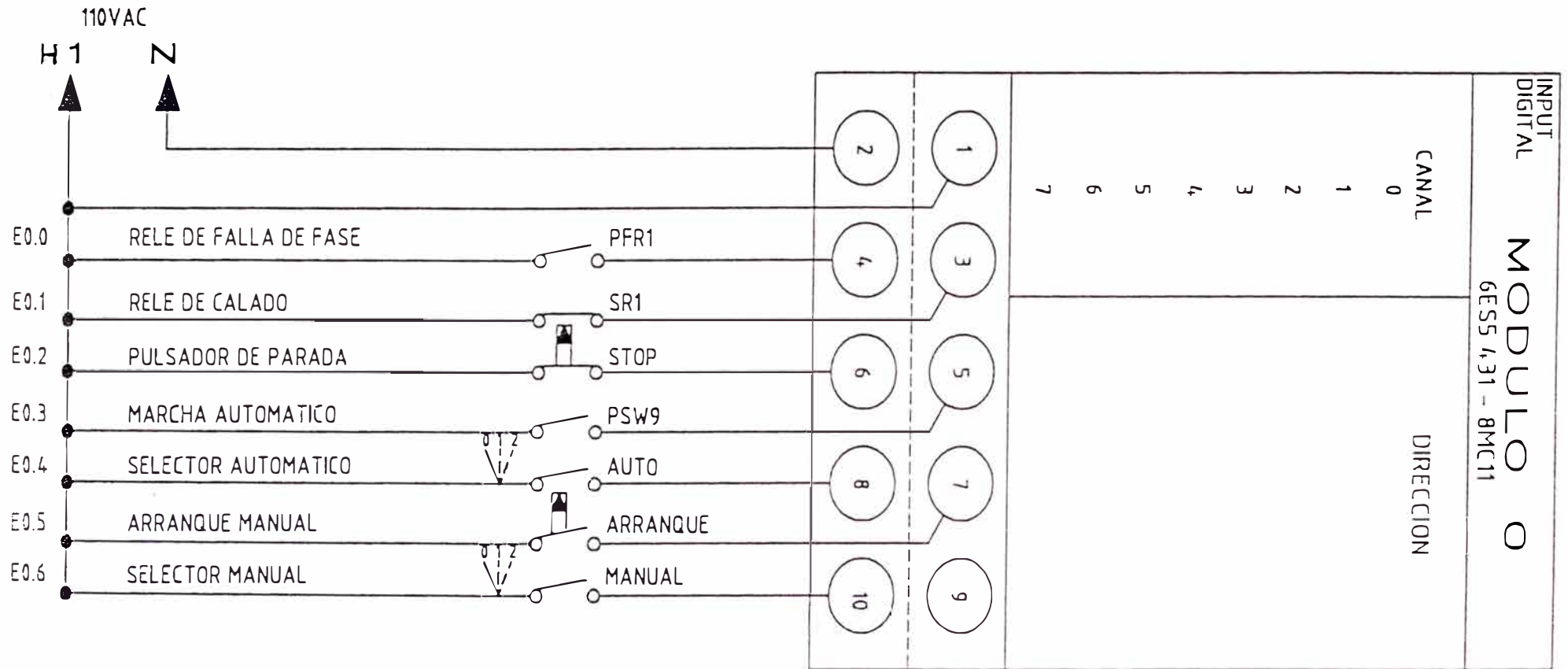


Figura 4.23 Esquema de conexiones eléctricas al módulo de entradas digitales

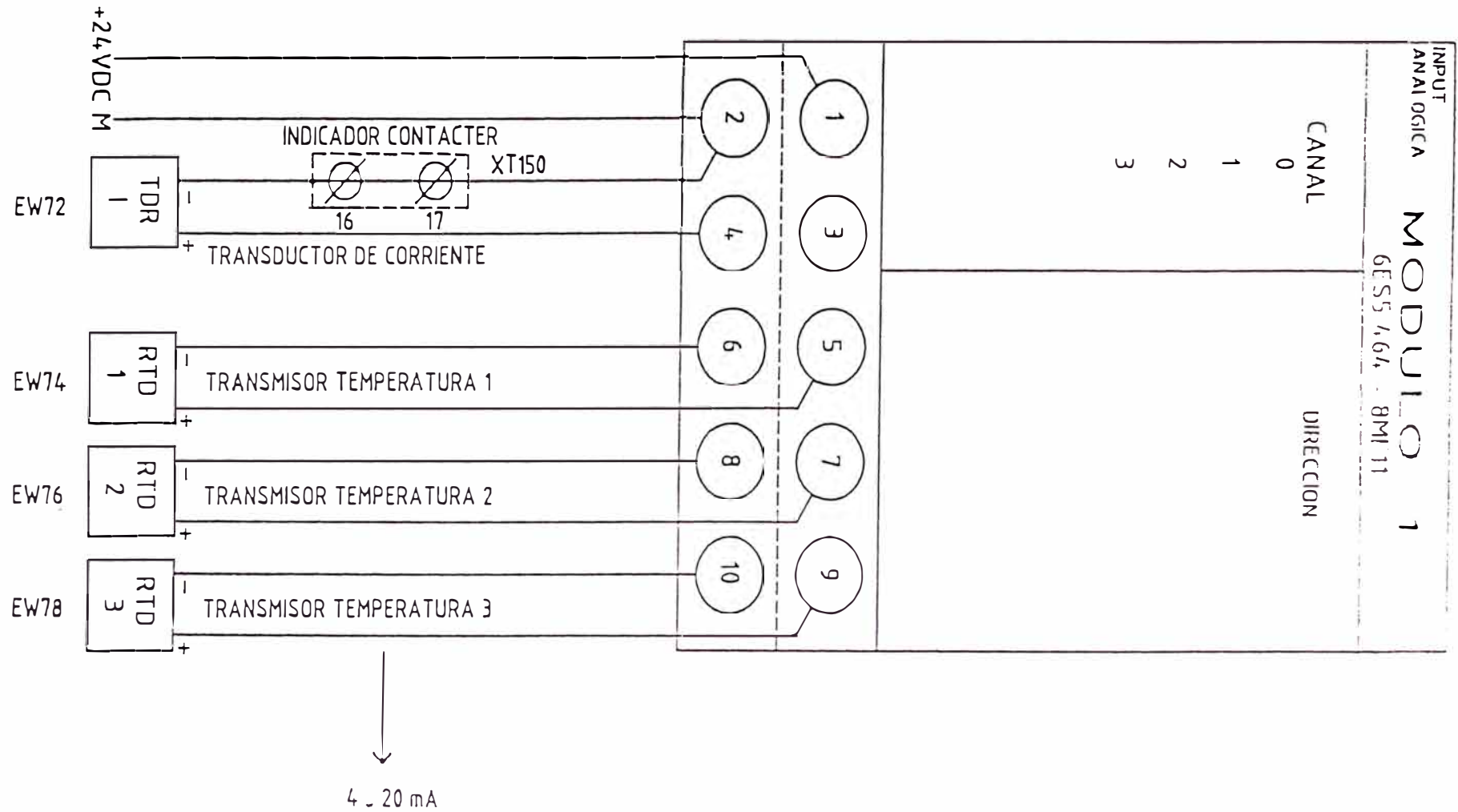


Figura 4.24 Esquema de conexiones eléctricas al módulo de entradas análogas

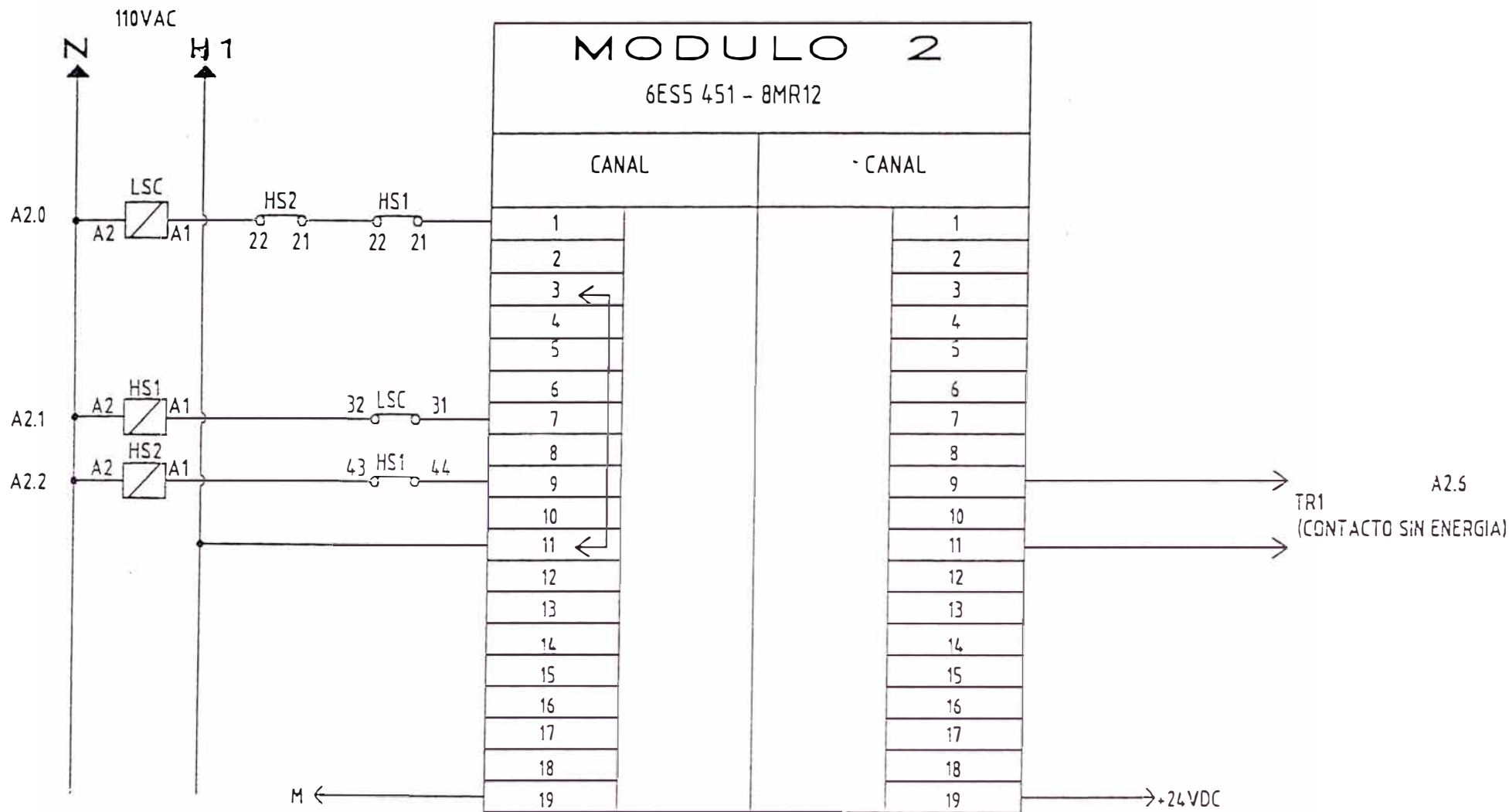
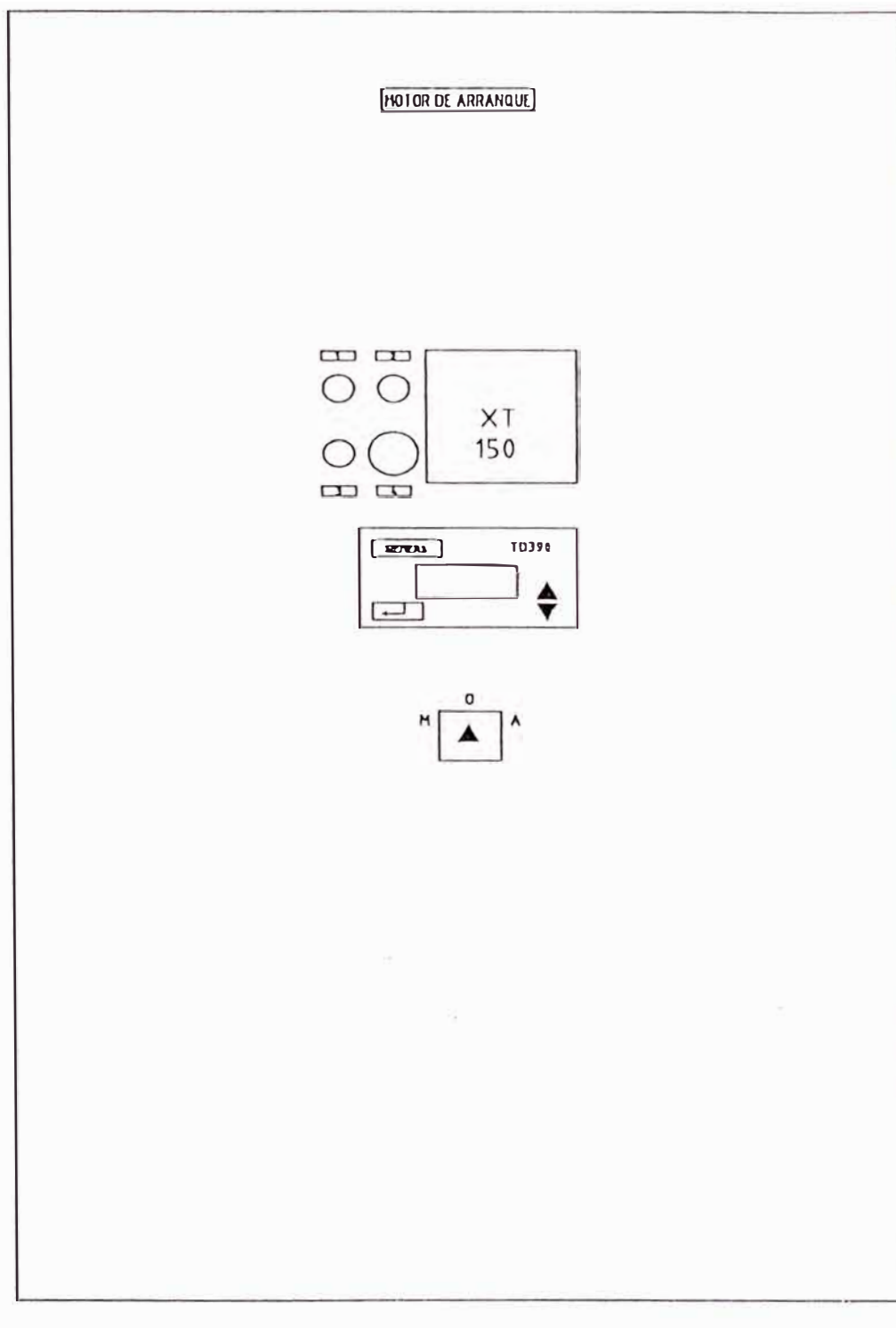


Figura 4.25 Esquema de conexiones eléctricas al módulo de salidas digitales



- MARCHA A ALTA VELOCIDAD
- MARCHA A BAJA VELOCIDAD
- ARRANQUE
- PARADA

Figura 4.26 Diagrama de ubicación de equipo en panel frontal

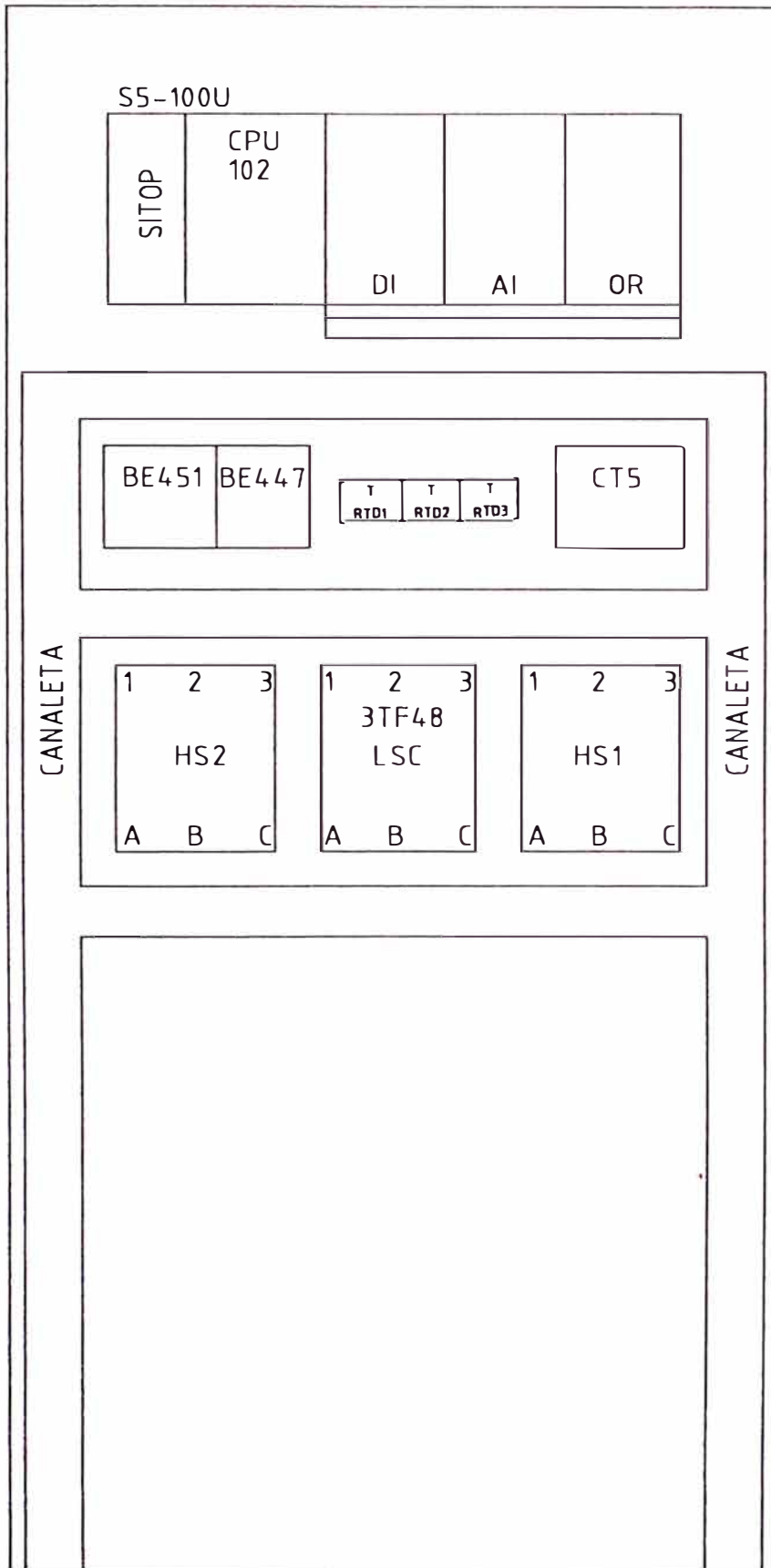


Figura 4.27 Diagrama de ubicación de equipo dentro del panel

4.7 Procedimientos de trabajo

4.7.1 Instalación de software

Antes de cargar el programa se debe ejecutar la función de borrado total. Con ello se borra la memoria del programa del PLC, todos los datos y todos los identificadores de error. Se carga el programa desde el programador manual SIMATIC PG65 conectado al PLC en modo on line y desde el cartucho de memoria EEPROM de 2,048 instrucciones 4K x 8 bits donde se guarda el programa global grabado anteriormente por un aparato de programación PG750. La forma que empleamos para cargar el programa en nuestro sistema es la del cartucho de memoria. Ver figura 4.28.

4.7.2 Respaldo del programa

El programa puede autoguardarse si está insertada la batería de litio. Durante la operación de autoguardado el programa contenido en la memoria de la CPU se copia en un cartucho de memoria EEPROM. Ver figura 4.29.

4.7.3 Reemplazo de EEPROM y pila tampón

En el caso de alguna modificación del programa éste será grabado en una EEPROM y se realiza el siguiente procedimiento para el cambio

- Apagar el PLC desde la llave general del panel.
- Retirar el cartucho de memoria EEPROM insertado en CPU del PLC.
- Insertar el cartucho de memoria EEPROM modificado.
- Encender el panel.
- Al encender el panel el PLC copiará el programa contenido en el cartucho de memoria en su RAM y el led del CPU del modo stop- run lucirá intermitente de color rojo lo que indica la carga del programa. Una vez finalizado el copiado el led lucirá de color verde lo que indica que el PLC se encuentra listo para realizar la secuencia de arranque.
- Insertar la batería de litio en el compartimiento del CPU. El led ámbar indicando batería baja dejará de lucir.

- Desconectar el panel.
- Retirar el cartucho de memoria previamente instalado.
- Encender el panel. El sistema queda operativo.

Es importante conocer los siguientes dos conceptos

1. Los cartuchos de memoria se insertan y se retiran con la energía desconectada.
2. Las baterías de litio se insertan y se retiran con la energía conectada.

4.7.4 Operación del nuevo sistema

La operación de arranque en manual y automático es igual al sistema anterior . La modernización contempla la instalación de un visualizador de datos TD390 que es la interfase hombre - máquina y permite las siguientes operaciones

1. Mostrar once mensajes de alarmas y seis de avisos
2. Mostrar y modificar 6 temporizadores y 1 contador
3. Mostrar y modificar 6 valores de proceso

Los avisos que se muestran en el display del TD390 son los de secuencia interrumpida, control del sistema en modo manual, control del sistema en modo automático, inicio de arranque, arranque finalizado con éxito y turbina apagada. Las alarmas serán mostrados en el display del TD390 cuando hubiese una ocurrencia de ellas teniendo las alarmas prioridad sobre los avisos. Si ocurriese más de una alarma a la vez ésta será indicada en el visualizador resplandeciendo el cursor hacia arriba ó hacia abajo de manera que indica el ir hacia una posición superior o inferior de la pantalla, si se presiona las teclas UP y DOWN se mostrará cualquiera de las siguientes alarmas : sobrecorriente en el sistema, falla de fase / secuencia, sobretemperatura en bobinado 1, sobretemperatura en bobinado 2, sobretemperatura en bobinado 3, rotura del TX de corriente, rotura del TX del RTD1, rotura del TX del RTD2, rotura del TX del RTD3, falla 1 etapa I>100A 35 s, falla 2 etapa I>150A 50 s. Para las operaciones de mostrar y modificar valores de temporizadores y valores de proceso se sigue un procedimiento establecido en el manual del TD390 que es de muy fácil aplicación.

CARGA DE PROGRAMA EN AUTOMATICO

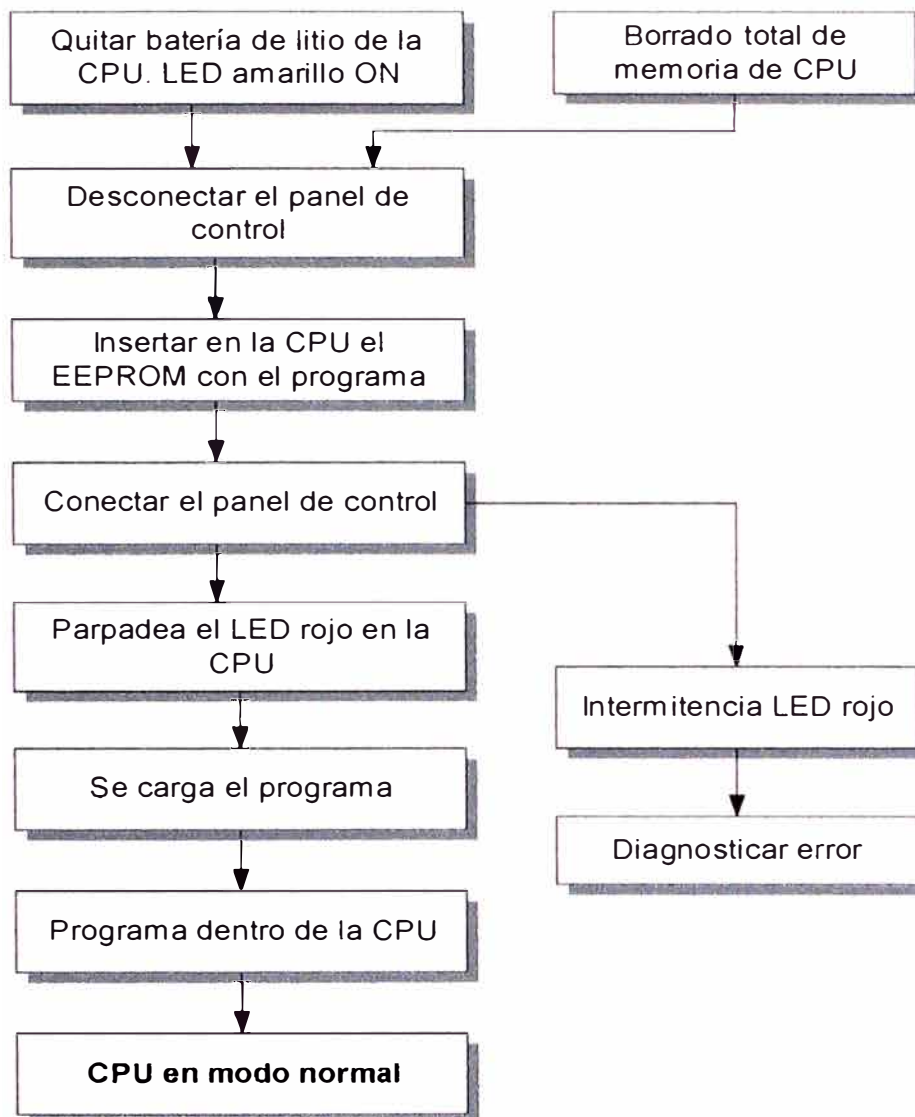


Figura 4.28

GRABAR EL PROGRAMA EN MEMORIA EEPROM

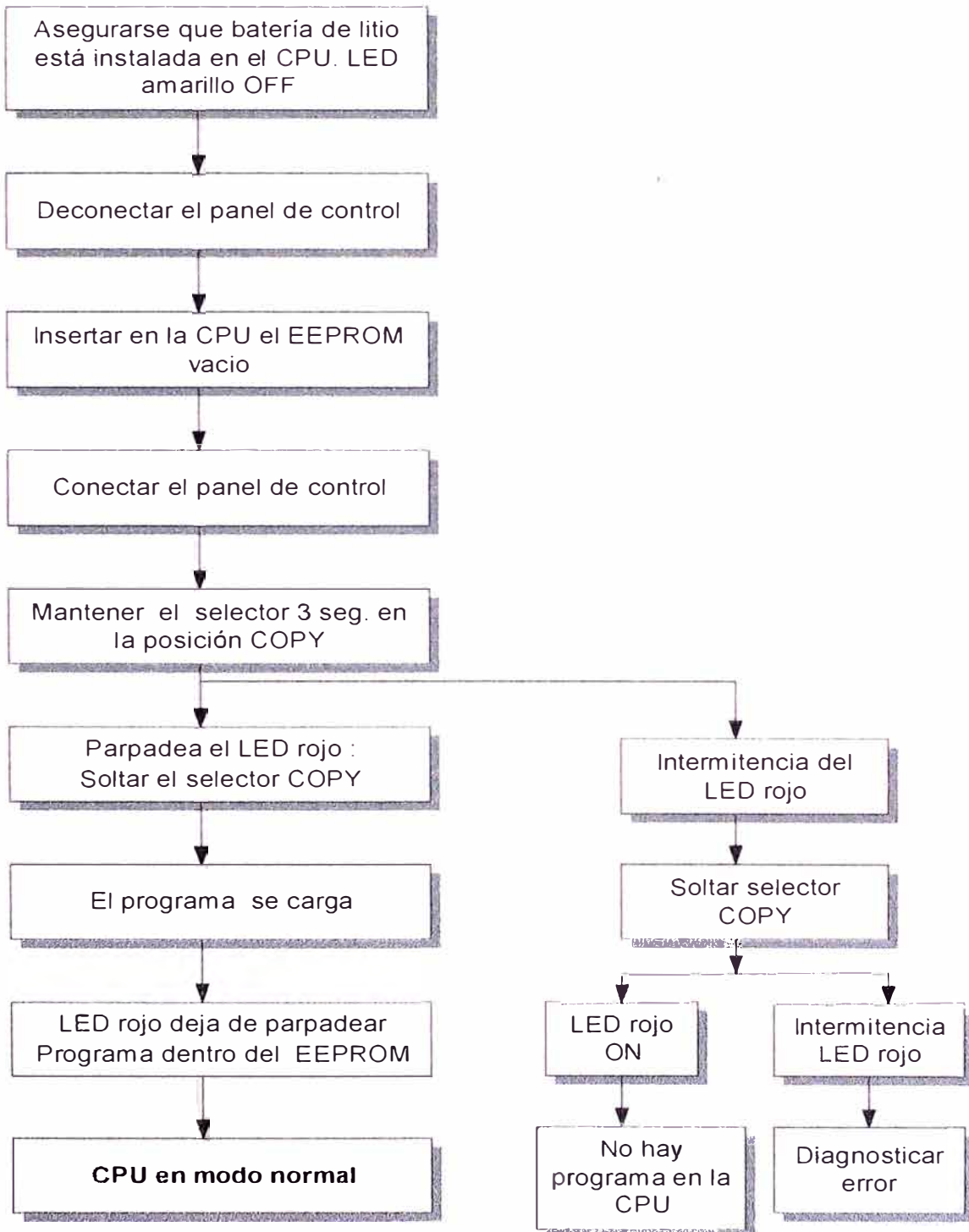


Figura 4.29

4.8 Mantenimiento preventivo

El sistema de control está basado en dispositivos de estado sólido por lo cual un servicio periódico de mantenimiento no es requerido. Para un buen funcionamiento de los equipos se debe tener en cuenta las consideraciones dadas en sus respectivas hojas de especificaciones. Para el caso de los contactores de potencia revisar el estado de los contactos principales, cámara apagachispa, bloques de contactos auxiliares y bobina en cada mantenimiento de 5,000Hrs de la turbina. Si es necesario sustituir.

4.9 Listado de repuestos recomendados

La figura 4.30 muestra un cuadro con la relación de repuestos recomendados para mantener el sistema ante la eventualidad de alguna falla.

REPUESTOS RECOMENDADOS PARA EL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE DE CINCO TURBINAS TB 4000

Item	Descripción	Marca	Modelo	Unidad	Cantidad
1	CPU 102 SIMATIC S5-100U	Siemens	6ES5 102-8MA 02	EA	1
2	Módulo de entrada digital 8 Puntos	Siemens	6ES5 431-8MC11	EA	1
3	Módulo de entrada analógica 4 Puntos	Siemens	6ES5 464-8ME11	EA	1
4	Módulo de salida Relé 8 Puntos	Siemens	6ES5 451-8MR12	EA	1
5	Fuente de poder SITOP 2A	Siemens	6EP1 331-1SL11	EA	1
6	Visualizador de texto TD390	Siemens	6ES5 390-OUA11	EA	1
7	Indicador de proceso CONTACTER	E + H	XT150 - BB11	EA	1
8	Transmisor de temperatura :Temptran	Minco	TT1-1NA1C	EA	2
9	Transductor de corriente	Ohio	MCT5-005E	EA	1
10	Relé de balance de fases	Basler	BE4-47N 3D4N2	EA	1
11	Relé de sobrecorriente	Basler	BE4-51 1E1A1	EA	1
12	Contactador principal	Siemens	3TF 4822-OAK1	EA	3
13	Lámparas de indicación rojo.	Siemens	3SB1001-6BF06	EA	1
14	Lámparas de indicación verde.	Siemens	3SB1001-6BF06	EA	1

Figura 4.30

CAPITULO V

MODERNIZACION DEL SISTEMA DE INDICACION Y PROTECCION POR TEMPERATURA DE BOMBA BINGHAM EN DIECISEIS TURBINAS RUSTON TB -4000

El sistema de indicación y protección por temperatura de las bombas Bingham está ubicado en el control de la turbina TB - 4000 e interactúa directamente parando la turbina si fuera necesario. Según las estadísticas el mayor índice de paradas de bombeo en el Oleoducto desde el inicio hasta el año 1994 fue debido a falsas señales provenientes de éste sistema que también se le conoce como chasis 2A . El impulso tomado por la empresa para la transformación a partir del año 1994 permitió la aprobación de los presupuestos para mejoras y modernizaciones en los procesos críticos , por lo que se aprobó la justificación técnica - económica realizada para la modernización de los chasis 2A de las dieciséis turbinas Ruston TB - 4000. La implementación de la modernización ha dado excelentes resultados permitiendo que no exista paradas de bombeo a partir del año 1995 solucionando uno de los grandes problemas que se tuvo con respecto a fallas por falsa señal.

5.1 Descripción del sistema original y su problemática

El sistema original de indicación y protección de temperatura de bomba Bingham consiste de tres resistencias termodetectoras RTD instaladas en la carcasa y los cojinetes interior y exterior de la bomba, cableado de 3 hilos por RTD entre la zona de bomba y el chasis 2A, circuitos de indicación y comparación análogica, circuito de parada de turbina ubicado en el chasis 3 y circuito de alarma alojado en el chasis 2 del control de la turbina.

Las bombas Bingham tienen la opción para instalar RTDs directamente sin termopozo a los cojinetes babitados interior y exterior a través de un agujero de 3 / 4

de pulgada en los alojamientos de los cojinetes de la bomba, adicionalmente hay un termopozo de 1 / 2 pulgada ubicado en la parte inferior de la carcasa donde se instala otra RTD para sensar la temperatura de carcasa. Las RTD son arrollamientos de niquel de 120 ohmios para 0°C marca Edison tipo 7 de 3 hilos y de 7 / 32 pulgadas de diámetro, la longitud es variable dependiendo la instalación. Se usan accesorios para su instalación como: cabezales de detección, sujetadores de RTD, férulas de nylon y niples y reducciones.

En la figura 5.1 se muestra el diagrama funcional del sistema original en donde se observa que las señales procedentes de las tres RTD se seleccionan a través del selector SW29 y se direccionan hacia un amplificador analógico denominado Kompac 8 marca MTE que se encarga de procesar individualmente cada señal y enviar una señal única de temperatura por cada canal hacia un indicador análogo de 0 - 1ma rotulado de 0 - 150 °C, adicionalmente se puede seleccionar la señal procedente de un potenciómetro exterior con fines de calibración del *zero y span* del amplificador. En funcionamiento normal cada señal de entrada proveniente de las tres RTD es comparada con un valor de referencia en tres amplificadores Kompac 1 marca MTE que accionan un relé ante la existencia de sobrepasado de señal.. El SW30 permite la calibración de estos amplificadores individualmente comparando la señal del valor de referencia con la de un potenciómetro exterior. El circuito utiliza un cuarto amplificador KOMPAC 1 como reserva quedando los contactos de los relés de accionamiento de sobrepasado de señal de cada amplificador en serie y ante el evento de una alarma en cualquiera de los amplificadores se envía una señal de 0 Vdc al chasis 3 generando una parada de turbina por alta temperatura de bomba. La figura 5.2 muestra el esquema eléctrico del circuito original.

Las fallas más comunes se enumeran a continuación de acuerdo a su importancia y repetición

1. La señal correspondiente al valor de referencia de las Kompac 1 disminuía aleatoriamente igualando a la señal proveniente de las RTD y paraba la turbina sin existir alta temperatura físicamente. Un 50 % de las fallas eran de este tipo.
2. La señal correspondiente al valor de referencia de las Kompac 1 subía aleatoriamente de su punto de calibración, esta falla no paraba la turbina pero la dejaba sin protección. Un 25 % de las fallas eran de este tipo.
3. La señal de indicación daba valores erráticos por problemas en el amplificador Kompac 8 y la turbina se paraba. Un 14 % de las fallas fueron de este tipo.
4. Cables quebrados o falsos contactos en los terminales de las RTD que causaban que la turbina se pare. Un 10 % de las fallas fueron de este tipo.
5. Algunas RTD Edison tipo 7 trabajaban correctamente hasta 70°C de temperatura, pero por encima de este valor daban una señal no lineal. Esta falla paraba la turbina y el 1 % de las fallas fueron de este tipo.

Para poder determinar la causa de las fallas y del constante corrimiento de los valores de referencia se realizó un análisis empezando por los rangos de entrada de los amplificadores. Las RTD tipo 7 marca Edison tienen 142.06 ohmios para 30°C y 182.85 ohmios para 80°C que son valores de las resistencias para las temperaturas de trabajo en condiciones normales de la carcasa de bomba y los cojinetes de entrada y salida. Los amplificadores comparadores Kompac 1 inicialmente instalados en los chasis 2A tenían un rango de entrada de 200 ohmios a 300 ohmios según datos de placa y aunque posteriormente se adquirió un lote de Kompac 1 con rango de entrada de 200.6 ohmios a 303.8 ohmios no se cubría todo el rango de operación. De esta información, se deduce muy fácilmente que los amplificadores Kompac 1 que se adquirieron desde los inicios de la operación no han sido especificados con el rango de entrada adecuado por lo que los circuitos funcionaban erráticamente y presentaban fallas inesperadas, luego de un tiempo de operación. Adicionalmente se comprobó el envejecimiento de las RTD debido al continuo manipuleo de estos sensores en los mantenimientos de bomba ya que presentaban roturas de cable, de

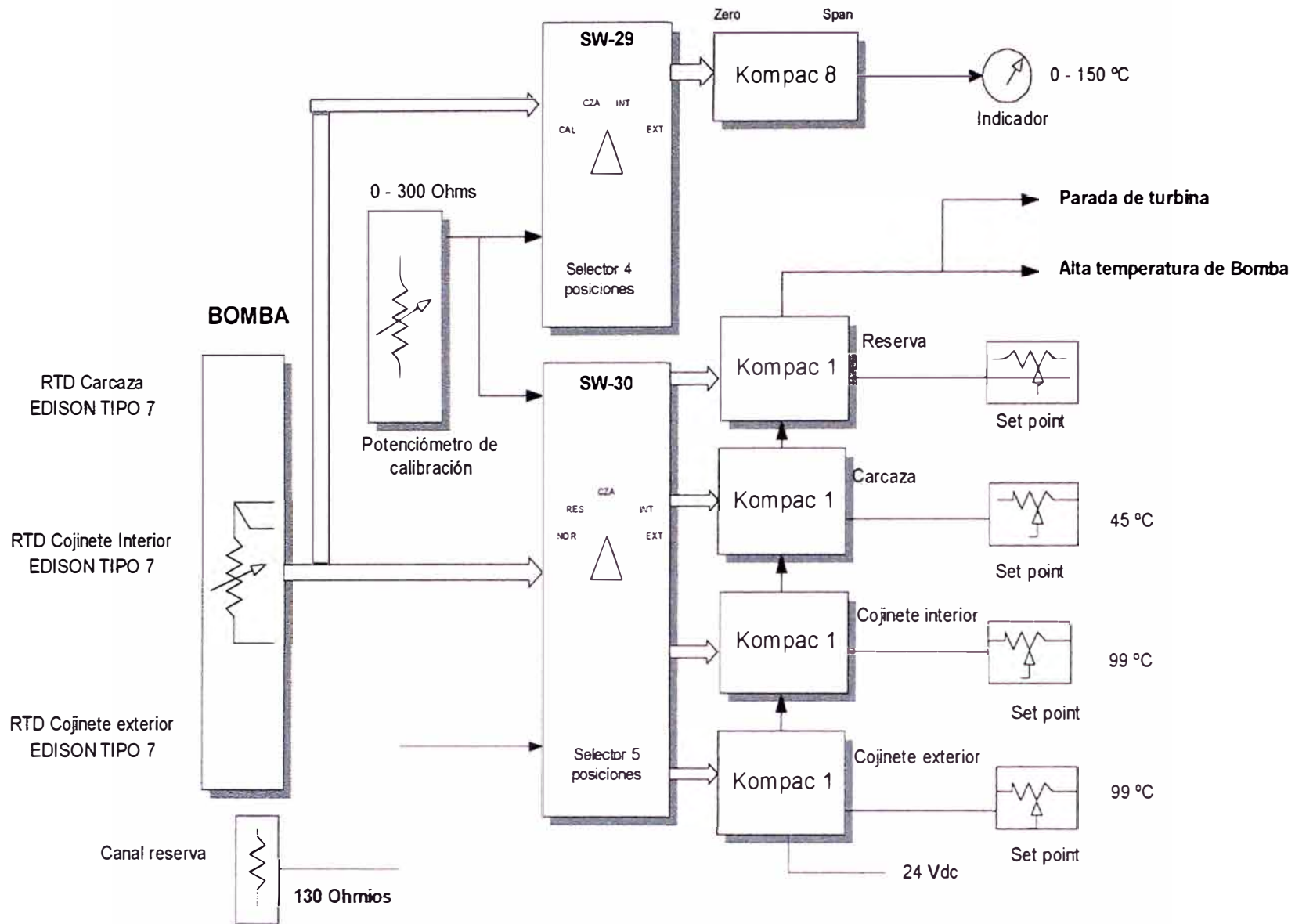


Figura 5.1 : Diagrama funcional del Chasis 2A original

DRAWING No.
T74-02293

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF BUSHN GAL TURBINES LTD. IT MUST NOT BE REPRODUCED NOR ITS CONTENTS DIVULGED WITHOUT PERMISSION

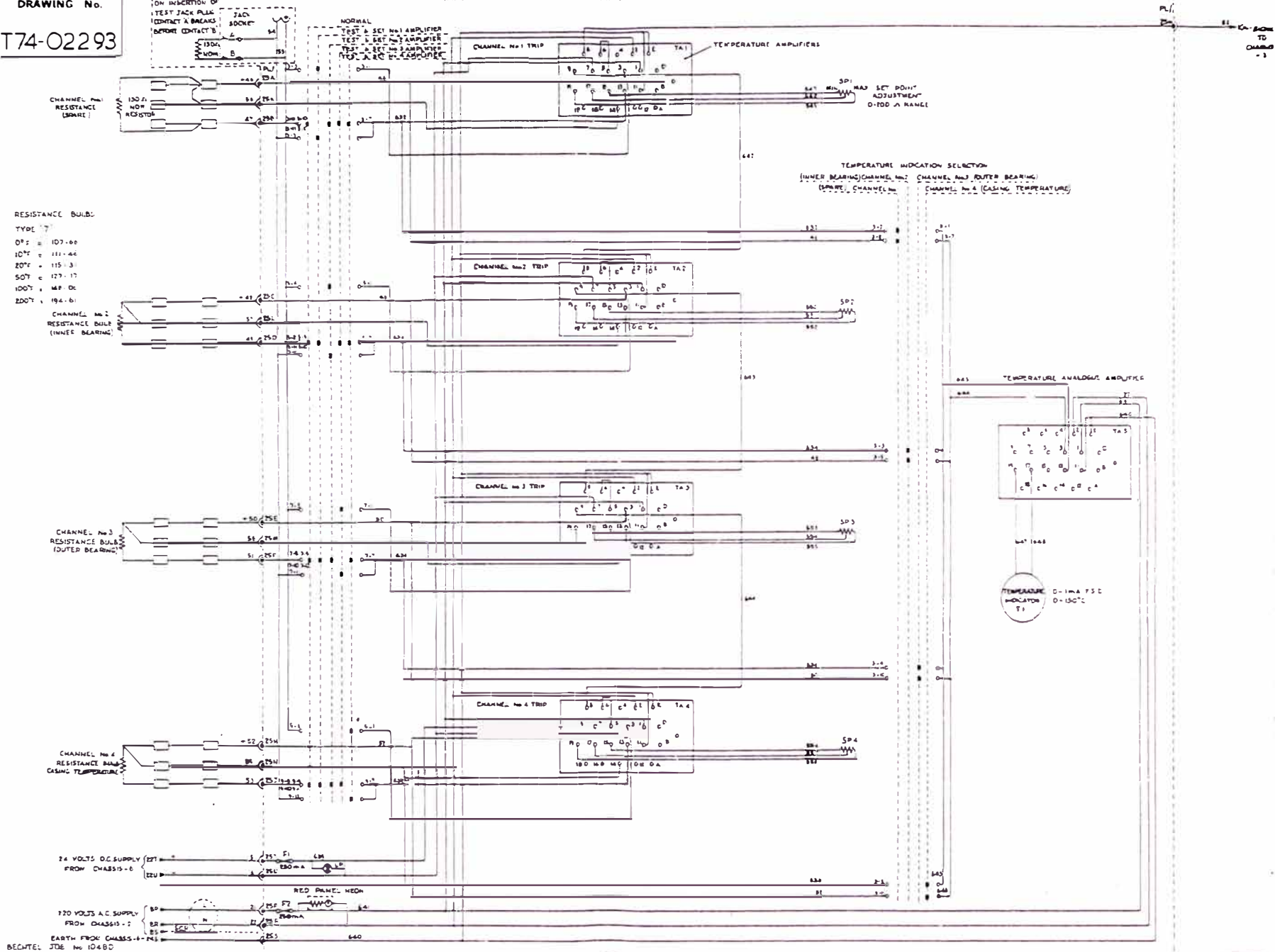


Figura 5.2 Esquema eléctrico del circuito original del Chasis 2 A

terminales y los sujetadores del tubo de la RTD estaban inoperativos. También se comprobó el desgaste de los potenciómetros de calibración de los set points así como del switch selector de indicación los cuales producían falsas señales al momento de su operación. Se demostró en el laboratorio electrónico que en los amplificadores Kompac 1 cuando la señal de entrada estaba muy cerca de la señal del set point, cualquier accionamiento de algún contactor cercano al chasis 2A producía que el relay interno se active y cuando había cambios de temperatura en la cabina de control, por ejemplo con aire acondicionado inoperativo los valores de indicación y set point cambiaban por inoperatividad en los circuitos de compensación de temperatura de los amplificadores.

El sistema también presentaba deficiencias desde el punto de vista circuital y funcional y que se detallan a continuación:

- No se tiene una alarma de parada de turbina independiente para señales de alta temperatura de carcasa, cojinete interior y cojinete exterior. Esto es un gran inconveniente desde el punto de vista de mantenimiento y operativo ya que dificulta la detección de falla.
- No se tiene lecturas de temperatura en tiempo real.
- El circuito principal depende de un amplificador de reserva.
- Hay dos tipos de amplificadores para una misma señal de entrada, uno que compara la señal y otro que la amplifica para la indicación.
- Los potenciómetros de calibración son muy sensibles a la humedad, suciedad y vibración modificando aleatoriamente los parámetros.
- Los amplificadores KOMPAC 1 no tienen especificado correctamente el rango de entrada para los valores del proceso.
- Ambos tipos de amplificadores son muy sensibles a los cambios de temperatura ambiente e interferencia electromagnética.
- Las RTD no son muy comerciales por el diámetro (7/32 pulgadas) y por su configuración de 120 Ohmios para 0°C.

- Los sujetadores de RTD también no son muy comerciales y difícil de conseguir en el mercado nacional.
- A la fecha este sistema es considerado obsoleto por el fabricante de la turbina.

5.2 Justificación de modernización

5.2.1 Análisis estadístico de fallas

La figura 5.3 muestra en la parte superior el cuadro de la hoja de inspecciones con la cantidad de paradas de bombeo por falsa señal que se empleó para la justificación de la modernización del sistema de indicación y protección por temperatura de las bombas Bingham, con datos de las bitácoras de operación de las turbinas desde el año 1988 al año 1993. Se debe tener en cuenta que en este periodo se tenía bombeo continuo a un caudal de 155,000 barriles/día. La figura 5.3 también muestra un diagrama que indica el porcentaje de cada una de las fallas por falsa señal del sistema de control de las turbinas, que se presentaron en el periodo 88-93 y que pararon el bombeo. Con éstos gráficos se demostró que la mayor cantidad de paradas de bombeo fueron causa de fallas en el sistema de indicación y protección de bomba Bingham.

5.2.2 Análisis técnico - económico

A continuación se detalla el análisis que se presentó al departamento de mantenimiento del Oleoducto para la justificación técnico - económica de la modernización. La justificación técnica se consolidó planteando las siguientes desventajas si se siguiera usando el mismo sistema :

- Se continuaría con las fallas más comunes 1, 2 ,3 y 4 detalladas en el acápite 5.1
- No hay stock de repuestos de Kompac 1 y Kompac 8 en los almacenes.
- Al ser un sistema con tendencia a desaparecer Ruston ya no envía a fabricar estos amplificadores y los repuestos que tiene todavía en stock los ofrecen a un precio de USA \$ 500.00, precio FOB.

CANTIDAD DE PARADAS DE BOMBEO POR FALSA SEÑAL
Periodo 1988 - 1993

Parada de bombeo por :	1988	1989	1990	1991	1992	1993	TOTAL
ATO	4	3	5	3	4	2	21
Falla de sello	1	2	1	0	1	0	5
Incendio	2	1	0	3	2	1	9
Alta temperatura aceite	2	3	1	2	0	0	8
Alta temperatura de bomba	6	7	6	5	8	10	42
Alta presión de descarga	2	1	0	1	0	1	5
Alta vibración de bomba	1	0	1	0	0	1	3
Parada de emergencia	3	1	2	3	2	0	11
TOTAL FALLAS POR AÑO :	21	18	16	17	17	15	104

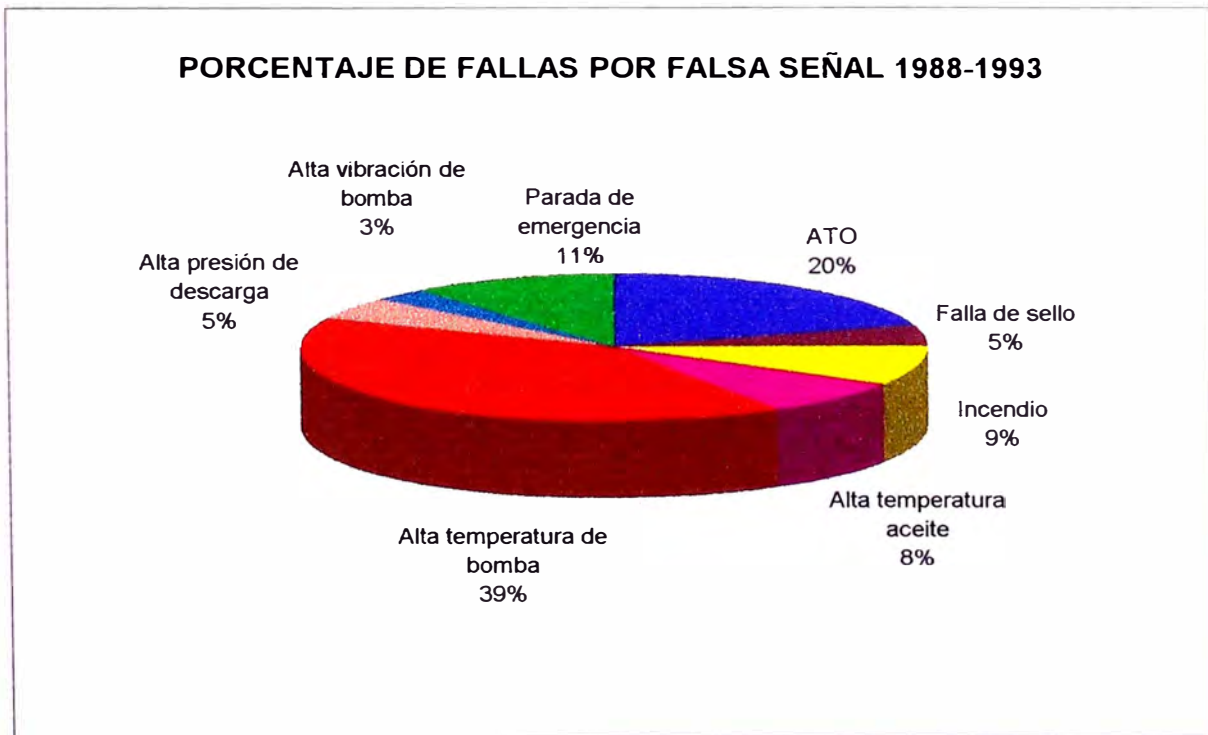


Figura 5.3

- Existen muchos amplificadores Kompac 1 y Kompac 8 para reparación en el laboratorio electrónico de Estación 9, pero se necesita rediseñar el circuito de entrada para ponerlos operativos.
- Continuar solucionando transitoriamente los problemas de falsa señal puenteando las paradas por alta temperatura de bomba, lo cual es **condición insegura** de funcionamiento.
- Continuar con tecnología análoga de hace 23 años.
- Las RTD utilizadas no son comerciales en el mercado nacional.

Comparación de un controlador moderno con los amplificadores Kompac

	CONTROLADOR PROPUESTO	CONTROLADOR EXISTENTE
Precio USA \$ (FOB)	185	500
Fabricación	Moderna / 1992	OBSOLETA
Monitoreo	Tiempo real	Selectable por switch
Comunicaciones	Posible	NO
Tecnología	Microprocesador	Analógico
Cantidad en el sistema	3 / EA	4 / EA más indicador
RTD	Acepta PT 100	No acepta PT100
Estabilidad	Excelente	Mala
Versatilidad	Programación digital	Calibración con potenciómetros

La inversión estimada es de USA \$ 31.040,00 considerando equipo, accesorios y personal para implementación y montaje. El costo unitario estimado por turbina sería de USA \$ 1.940,00

La justificación económica se realizó considerando un escenario de parada de bombeo por falsa señal del chasis 2A de la turbina BA-2A en Andoas. La turbina

BA-2B reinicia bombeo pero la estación se queda sin stand by. El costo de transporte de personal ida y vuelta en helicóptero hasta Andoas se calculó de la siguiente forma: $3 \text{ h } 20' \times 1,500.00 \text{ \$ / Hr} = \$ 3.500,00$. El costo de repuesto suponiendo que la falla sea un amplificador Kompac 1 es de USA\$ 500.00 lo que nos da un costo total de USA \$ 4.000,00. Suponiendo 10 fallas de este tipo al año se tendría que gastar aproximadamente USA\$ 40.000,00 por concepto de transporte básicamente.

5.3 Filosofía del nuevo sistema de control

El nuevo sistema de protección e indicación de la bomba Bingham se basa en el diagrama funcional de la figura 5.4 y la siguiente filosofía

A. Utilización de tres microcontroladores marca Omega modelo CN76030 basados en microprocesador que permite tener al sistema indicación digital individual en display de color rojo para las señales de temperatura procedentes de los cojinetes interior, exterior y carcasa de bomba, así como proveer de indicación digital en display de color verde para el valor de referencia de máxima temperatura de cada una de las señales. Además el sistema tiene protección independiente por alta temperatura de cojinetes y carcasa permitiendo que la turbina se pare y brinde la alarma correspondiente. El sistema se caracteriza por su simplicidad ya que sólo se utilizan tres controladores on - off y la calibración es desde el panel frontal y vía un menú que aparece en los mismos displays y con códigos de acceso. Los controladores CN76030 incorporan tecnología de microprocesador con características estándares que incluyen autodiagnóstico e indicación de falla, memoria no volátil que mantiene los parámetros de calibración y configuración. El panel frontal es resistente al polvo, vibración, humedad y para instalación en chasis o gabinete con corte de una dimensión cuadrada de 45mm : 1 / 16 DIN.

B. La modernización del sistema contempla el cambio de las RTDs que cumplen la especificación IEC 751, clase B, según se muestra en el anexo D. El cambio de los sujetadores de RTD que son del tipo ajuste con resorte que nos asegura un buen sellado hacia la zona del cojinete bañado en aceite y un buen contacto de la punta

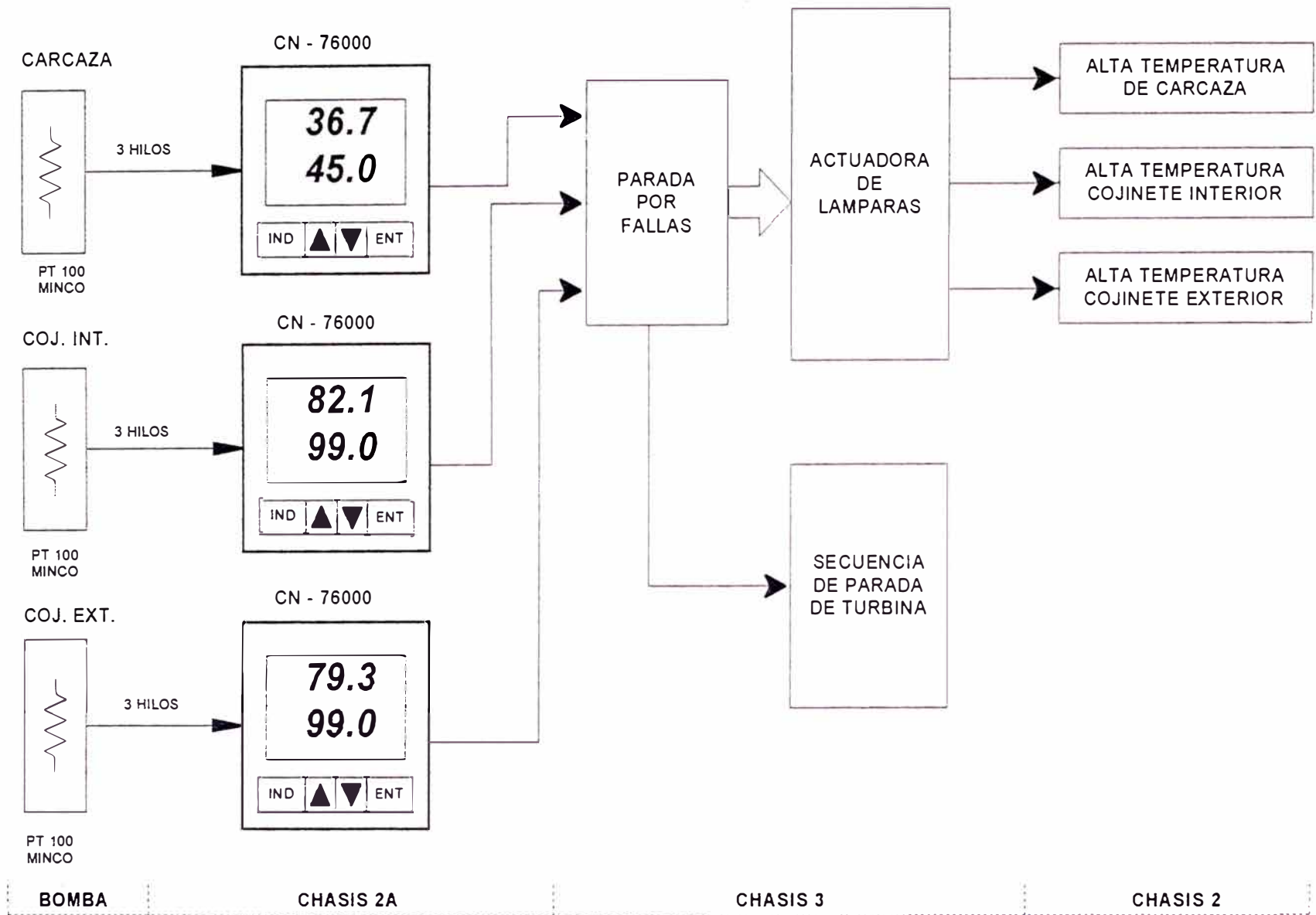


Figura 5.4 Diagrama funcional del sistema de protección e indicación de Bomba Bingham

del sensor con el cojinete. El cambio de cabezales de conexión que tienen borneras y son a prueba de ambiente exterior.

C. La reutilización de componentes considerando que algunos componentes del sistema original se encontraban en buen estado tales como el cableado entre los sensores y el chasis 2A , caja de paso con bornera ubicada en la zona de bomba, conector multipolo de 34 vías ubicado en el chasis 2A, estructura del chasis con excepción de la plancha frontal.

D. La reubicación del chasis ya que luego de un análisis se determinó que la temperatura irradiada por el chasis 3 hacia el chasis 2A original era de un promedio de 41° C, considerando que los controladores del sistema modernizado son encapsulados y para una temperatura ambiente máxima de 55° C y ante la eventualidad de una falla en el sistema de aire acondicionado de la cabina de la turbina, lugar donde se encuentran ubicados los chasis, es que se prefirió intercambiar la posición del chasis 2A modificado con el del chasis 1 que originalmente se ubicaba en la parte superior del panel y es de la misma dimensión y la temperatura ambiente en esta posición es de máximo 34 °C. El chasis 1 sólo tiene cuatro tarjetas instaladas verticalmente y con mayor posibilidad de ventilación y disipación por lo que trabaja sin ningún problema en su nueva ubicación que se muestra en la figura 5.11.

5.4 Ingeniería de detalle

5.4.1 Equipo y material utilizado

La figura 5.5 muestra un cuadro con los equipos y materiales utilizados en este proyecto y las especificaciones técnicas detalladas se encuentran en el anexo D.

En los controladores marca Omega modelo CN 76030 la entrada está especificada para sensores tipo RTD y la salida para relay tipo SPST. En el circuito original la salida era para relay tipo SPDT y permitía llevar 24 Vdc ó 0 Vdc hacia la tarjeta lógica de control de parada de la turbina. Para el caso de los controladores especificados el estándar de fabricación no considera salida de relay tipo SPDT,

EQUIPOS Y MATERIALES USADOS EN LA MODERNIZACION DEL CHASIS 2A DE DIECISEIS
TURBINAS TB-4000

Item	Descripcion	Marca	Modelo	Unidad	Cantidad
1	1/16 " DIN Controller RTD Input, Relay SPST output	Omega	CN76030-485	EA	48
2	RTD , PT100 , TCR = 0.00385 , 3 hilos, diámetro = 0.215 "	Minco	S851PD110Z18	EA	48
3	Fluid seal spring-loaded holder	Minco	FG110-1	EA	48
4	Cast iron connection heavy - duty weatherproof head	Minco	CH102P1T4	EA	48
Item	Descripcion	Distribuidor	Numero stock	Unidad	Cantidad
5	Polythene preformed spiral cable wrapping	RS	543-103	MT	20
6	DIN rail mounted terminal asymetric Klippon SAK 2.5	RS	425-594	PK (10EA)	7
7	End stops for SAK series terminals	RS	425-780	PK (10EA)	3
8	Markers for terminals pre-numbered	RS	425-392	KT	5
9	Asymetric mounting rail , DIN 46277-1	RS	423-728	EA (0.5mt)	16
10	Quick - blow fuse 20mm length , 250ma , 250Vac	RS		PK (10EA)	10
11	Fuse holder 20 x 5mm MP1 BELL ING-LEE 720G 5238	RS		PK (10EA)	10
12	Nylon Self Adhesive base, cable clamp	RS	666-436	PK (10EA)	1
13	PVC cable marker kit : O.D. size 1.3mm - 1.7mm	RS	557-001	KT	1

Segue ...

Item	Descripción	Distribuidor	Numero stock	Unidad	Cantidad
14	PVC cable marker kit : O.D. size 1.7mm - 2.8mm	RS	557-017	KT	1
15	Indicator Neon 220 Vac	EGT	CT-91010/7	EA	16
16	Lamp holder neon red	EGT	CT-91010/6	EA	16
17	Lamp miniature 28 Vdc, 0.04 amp LES.TI 3 / 4	EGT	CT-91010/40	EA	16
18	Lamp assembly red	EGT	CT-91010/6	EA	16
19	Cable PVC single core 1/0.6mm white	EGT	CT-91032/2	MT	50
20	Plancha de aluminio 3 / 16 "			SQM	1.5
21	Terminales en ojo 20 AWG			EA	400

Figura 5.5

sólo SPST por lo que en nuestro sistema la salida sólo permite llevar señal de 24 Vdc y circuito abierto hacia la tarjeta de parada. Este inconveniente no perjudica la señal por la siguiente razón ya que el circuito electrónico de la figura 5.6 muestra el esquema de la etapa de entrada de un circuito NOR de 3 entradas que utiliza la tarjeta lógica 16 del Chasis 3 N° CT 90009. Si cualquiera de las entradas es un " 1 " la salida es un " 0 " y si cualquiera de las entradas es un " 0 " ó circuito abierto la salida es un " 1 " ya que a través de R4 la base del transistor se pone a cero voltios, por lo tanto con los relays de salida tipo SPST de los controladores CN76000 que llevan 24 Vdc ó circuito abierto el sistema funciona correctamente de tal forma que ya no fue necesario adaptar relays exteriores tipo SPDT a los controladores.

5.4.2 Diagramas esquemáticos de interconexión y cableado

Los diagramas esquemáticos de la figuras 5.7 hasta 5.9 muestran el esquema eléctrico, el diagrama de interconexión y de cableado del chasis 2A modificado respectivamente.

5.4.3 Diagrama de ubicación frontal de componentes

La figura 5.10 muestra la forma del corte de la plancha de aluminio para la ubicación de componentes en el panel frontal del chasis 2A modificado.

5.4.4 Detalles de instalación

Las figuras 5.11 a 5.15 muestran los detalles de ubicación final del chasis 2A , comparación con el panel anterior, implementación en el laboratorio y montaje e instalación de RTDs.

5.5 Procedimientos de trabajo

Los procedimientos de trabajo para el personal de operaciones y de mantenimiento se han simplificado sustancialmente de tal forma que no es necesario ninguna operación complicada para leer los valores de proceso y de referencia. Los controladores CN 76000 tienen la facilidad de configuración vía teclado siguiendo un menú que aparece en los displays, se puede acceder a los menús primario, menú de seguridad, menú secundario y menú de configuración. Para el caso específico de

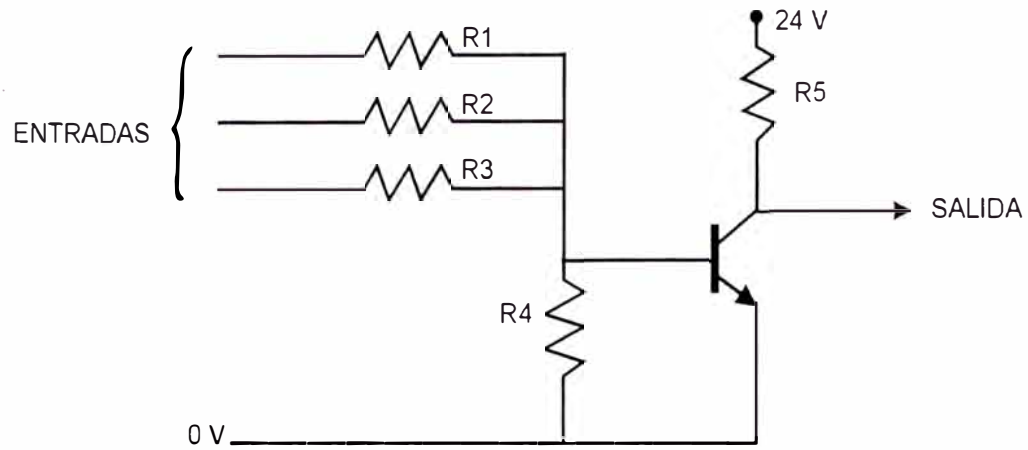


Diagrama esquemático de un circuito NOR utilizado en tarjeta N° 16 del Chasis 3 (Unidad Norbit)

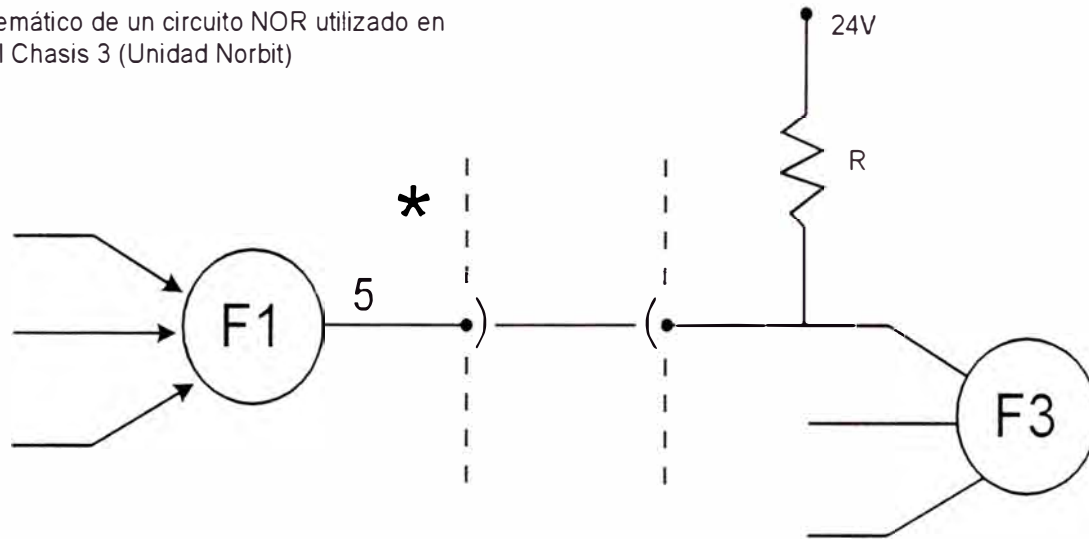
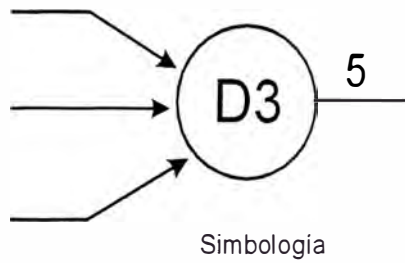


Diagrama de conexión entre dos tarjetas lógicas del Chasis 3

Figura 5.6

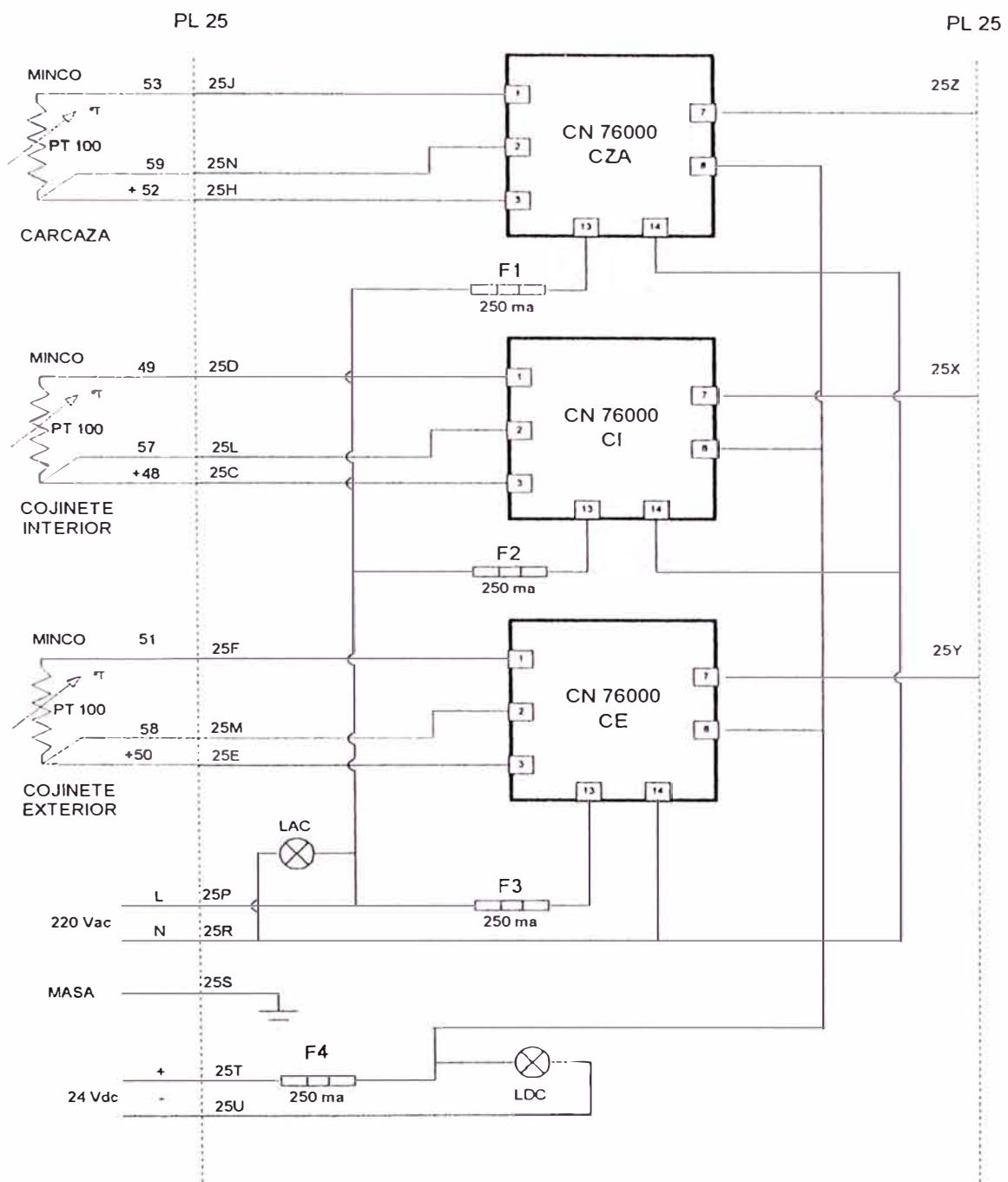


Figura 5.7 · Diagrama esquemático de Chasis 2A

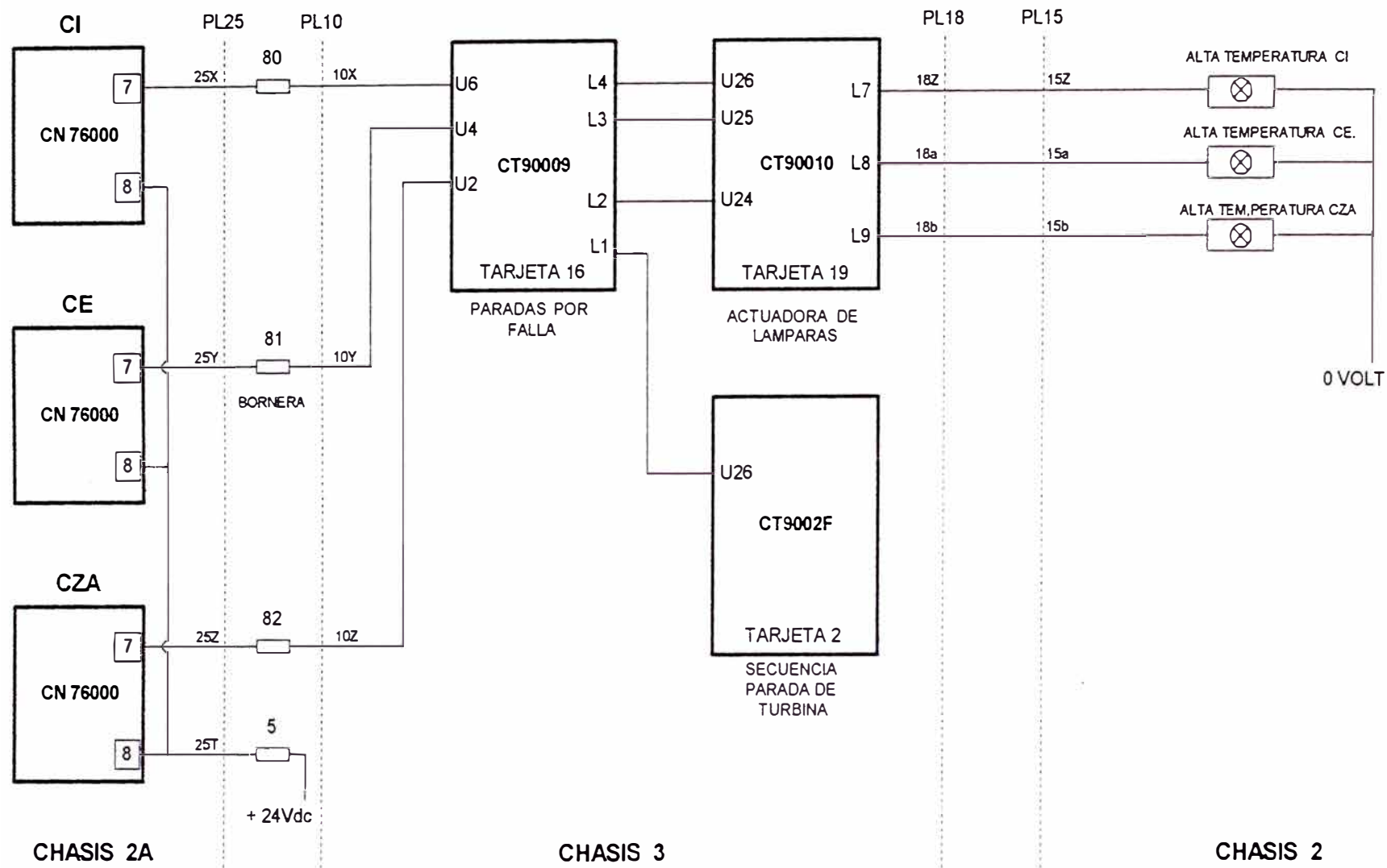


Figura 5.8 : Diagrama de interconexionado del Chasis 2A modernizado con los chasis 3 y 2 de la turbina TB - 4000

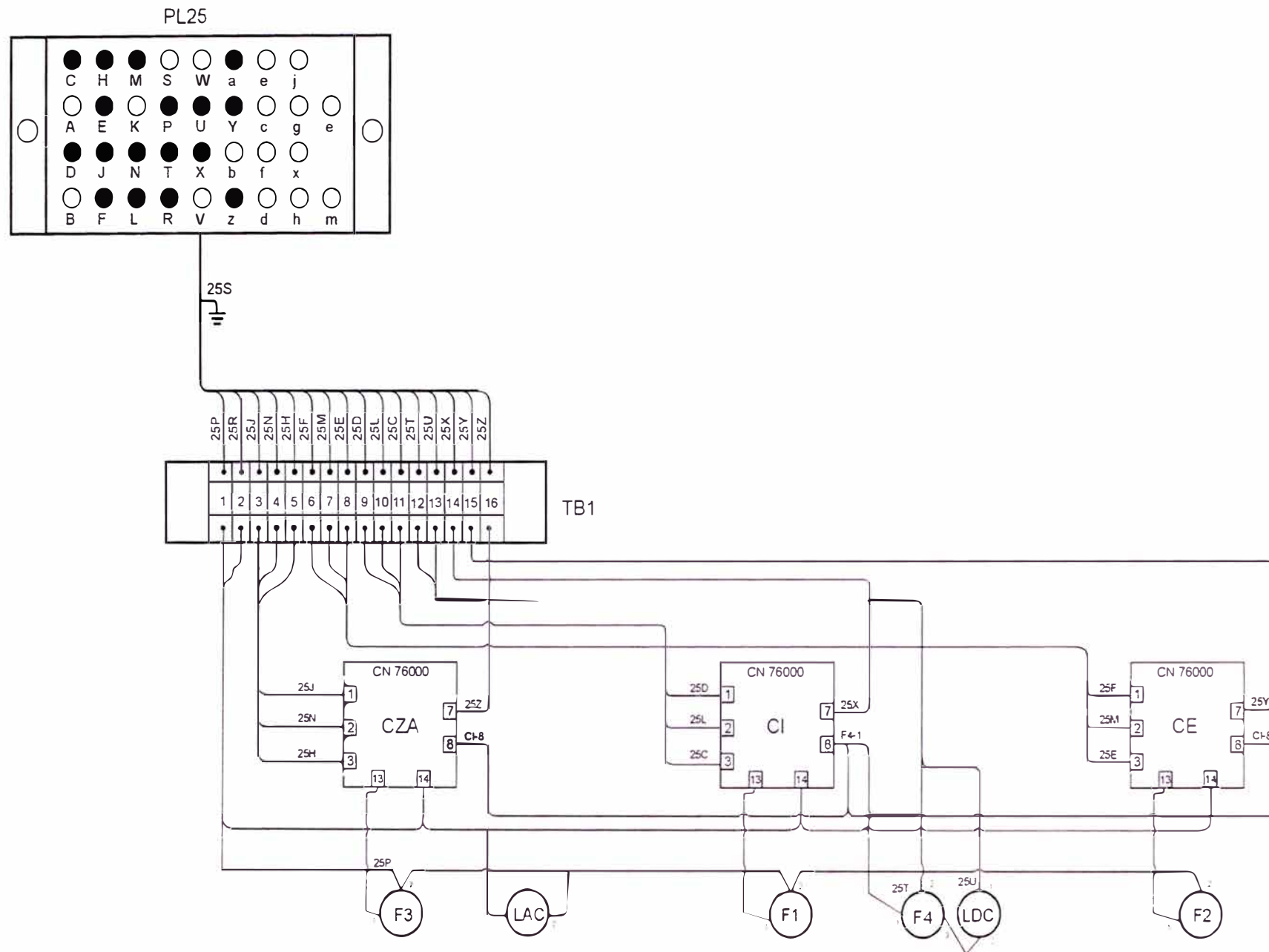


Figura 5.9 Diagrama de Cableado CH -2A

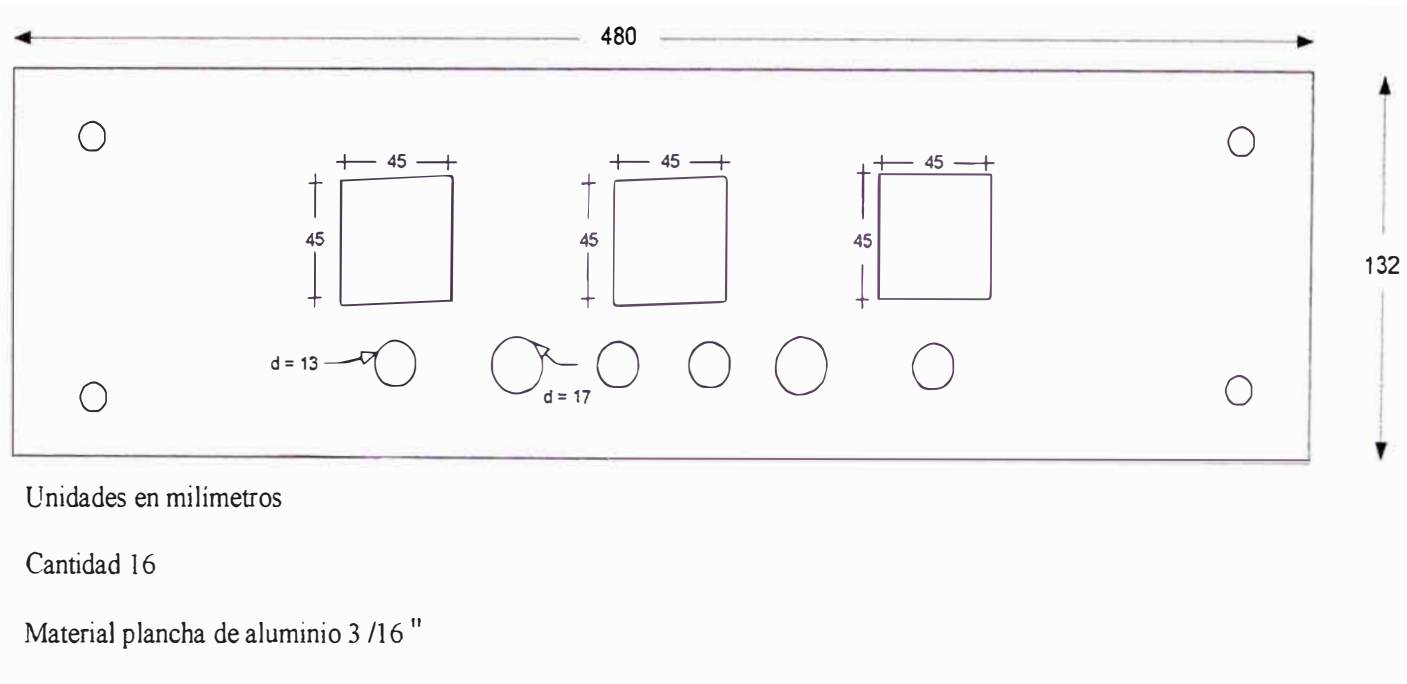


Figura 5.10 Diagrama de corte de plancha de Chasis 2A modernizado

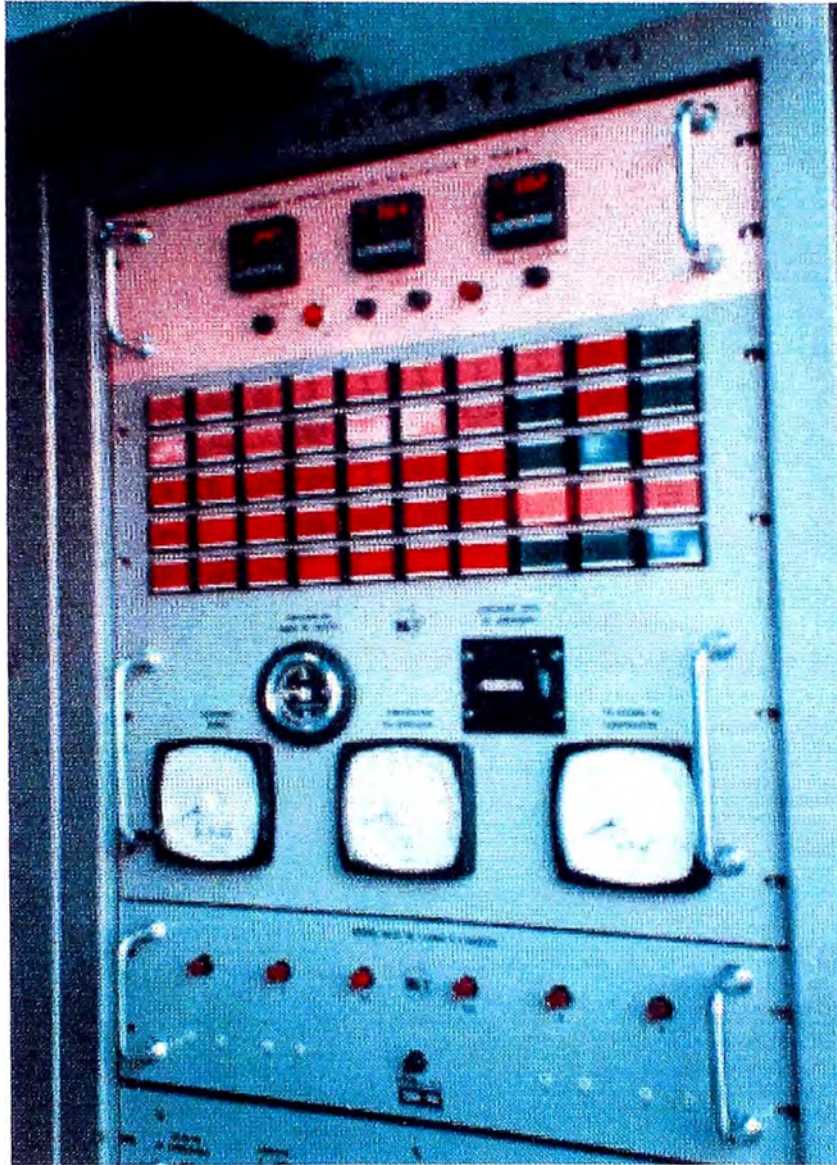


Figura 5.11 Ubicación de Chasis 2A modernizado

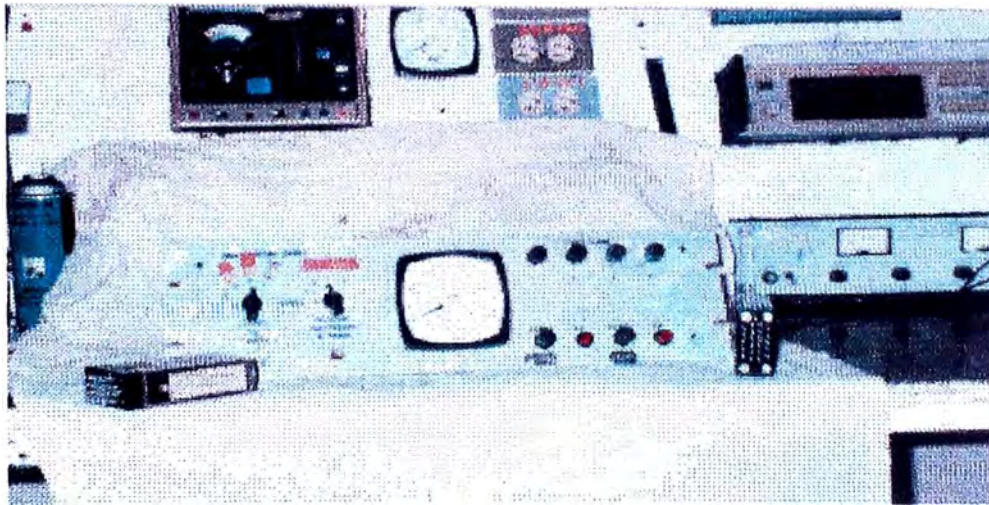
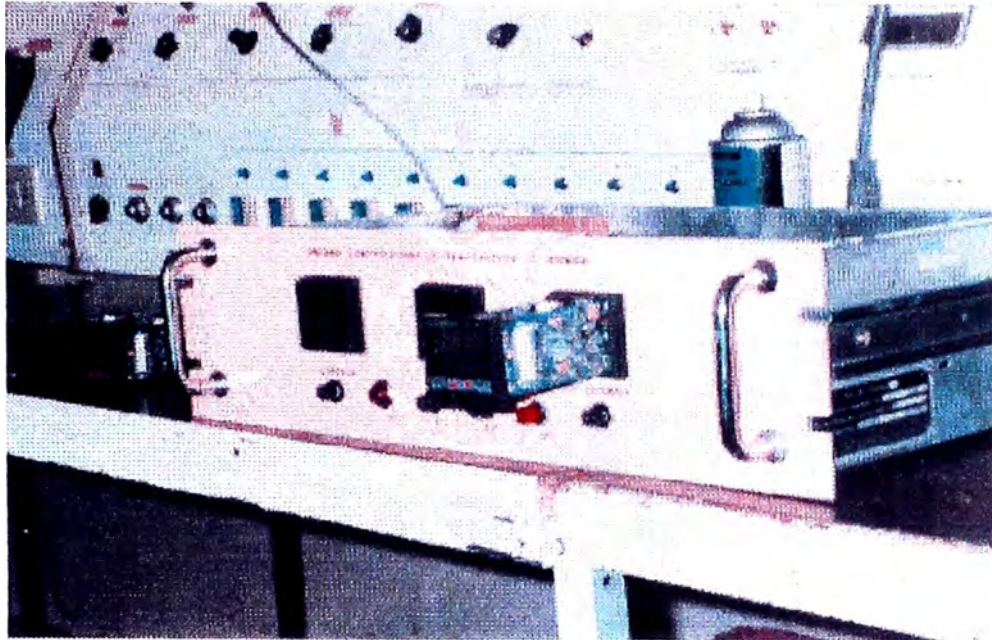


Figura 5.12 Chasis 2A modernizado (foto superior) y antiguo

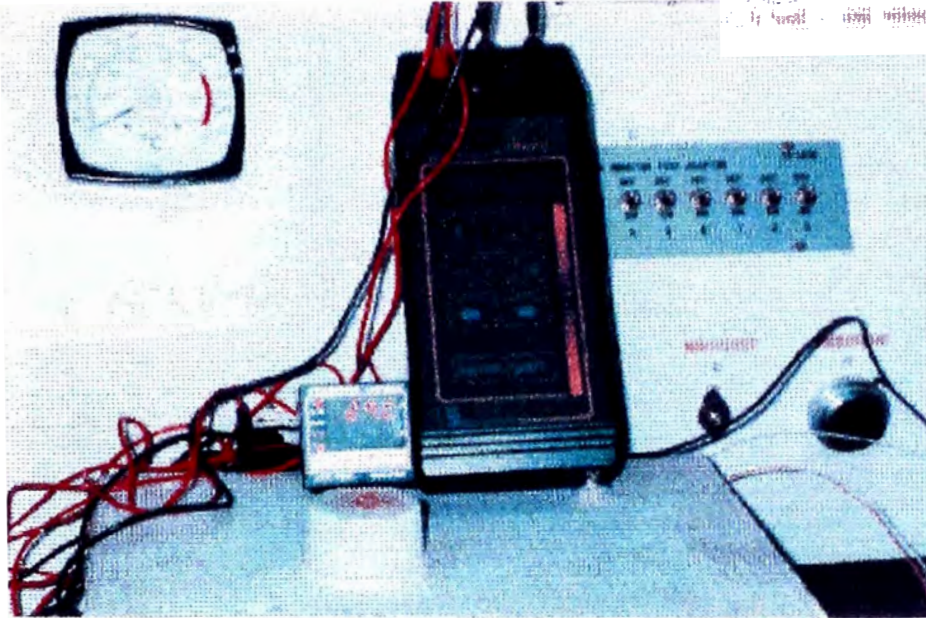


Figura 5.13 Equipos de calibración del Chasis 2A modernizado

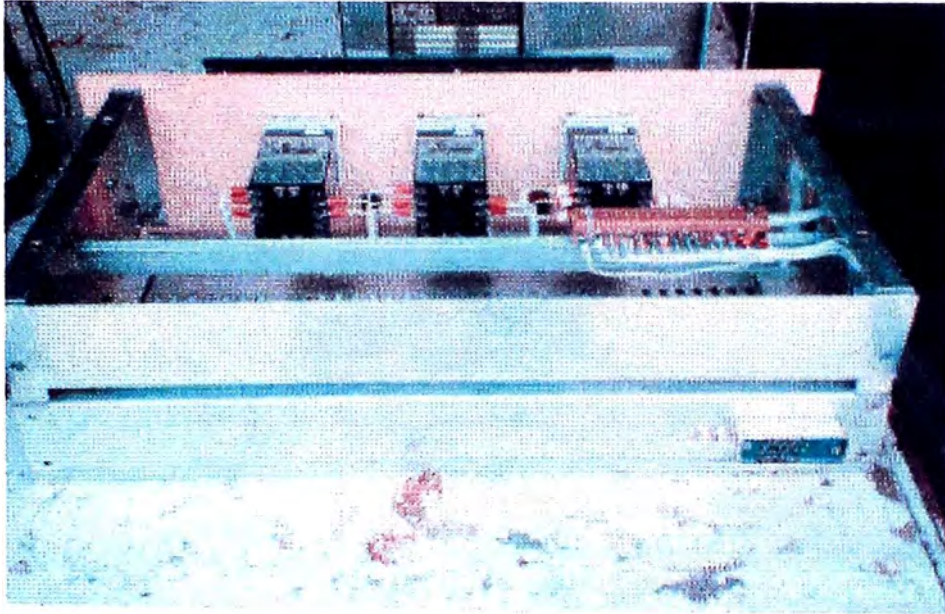


Figura 5.14 Detalles de montaje final del Chasis 2A y RTD

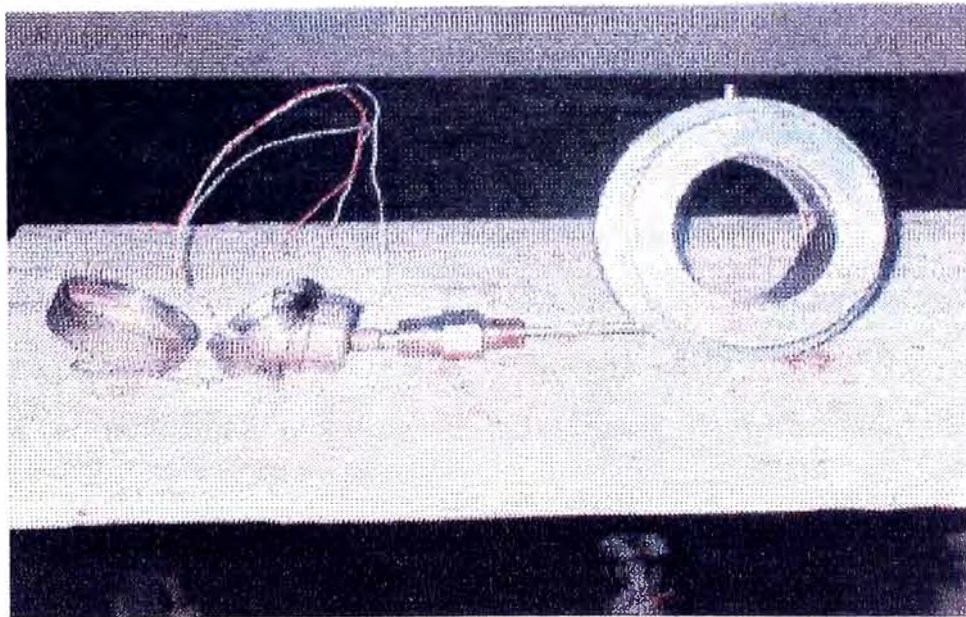
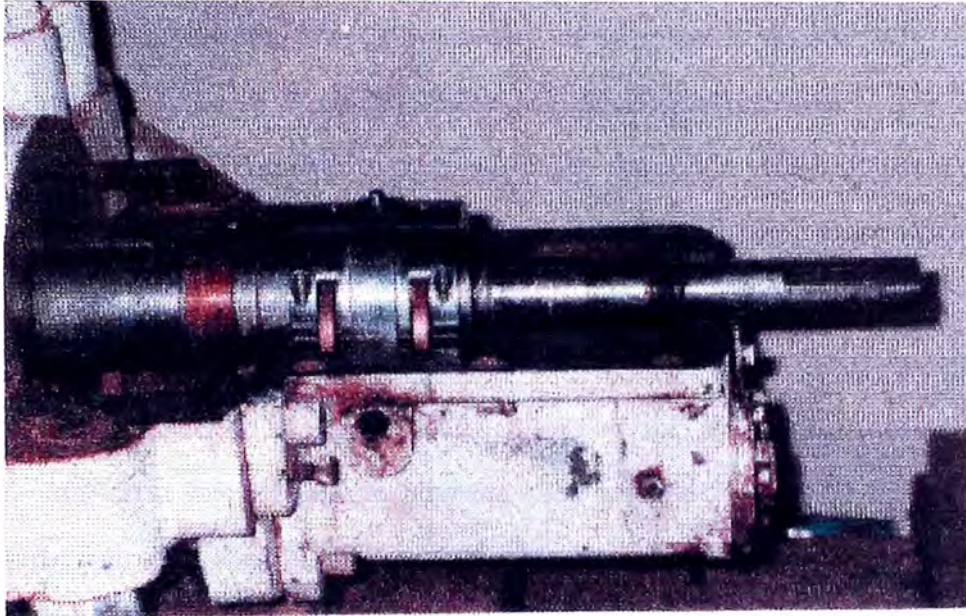


Figura 5.15 Detalles de instalación de RTD en cojinete exterior

nuestra aplicación no es necesario acceder al menú secundario ni al menú de configuración ya que viene de fábrica de acuerdo a la especificación de equipo. El menú primario nos permite cambiar el valor de referencia de una forma muy fácil. El menú de seguridad permite seleccionar las diferentes opciones que nos brinda el controlador on - off y los niveles de seguridad. Antes de cambiar los parámetros con los menús siguientes hay que asegurarse que la selección del sensor de entrada sea la correcta que para nuestro caso es del tipo RTD y se verifica en el DIP switch que se encuentra en la parte lateral izquierda del controlador. El segundo switch empezando por la izquierda debe estar en posición hacia arriba mientras que los demás hacia abajo. El ingreso a los diferentes niveles está protegido con códigos de acceso que previamente hay que desbloquearlos. En las características técnicas del controlador que se adjunta en el anexo D se muestran los pasos necesarios para el cambio de niveles y de valores de referencia.

5.6 Mantenimiento preventivo

Los trabajos de mantenimiento preventivo del Chasis 2A se resumen en una verificación funcional cada 5,000 Hrs de funcionamiento de la turbina. Se simula señal de entrada con el MicroCalc +1, calibrador portátil en base a microprocesador de sistemas de control con RTD que se muestra en la figura 5.13 y se verifica la exactitud de indicación y actuación del sistema de protección. Se realiza una inspección a las tres RTD , caja de paso en la zona de bomba, cableado y limpieza al chasis 2A. Los controladores son libres de mantenimiento.

5.7 Repuestos recomendados

A continuación se detalla los repuestos recomendados que se adquirieron para mantener en stock ante cualquier eventualidad de fallas en el sistema.

Item	Descripción	Marca	Modelo	Cantidad
1	Controlador	Omega	CN76030	12 / EA
2	RTD , PT100	Minco	S851PD110Z18	6 / EA

CAPITULO VI EVALUACION ECONOMICA

6.1 Costos de modernizaciones

La figura 6.1 muestra los costos detallados de adquisición de equipo, materiales y mano de obra que se utilizaron para la modernización del control del motor de arranque de cinco turbinas TB - 4000. Los montos están en dólares americanos sin IGV y fueron cargados al gasto operativo de las estaciones del año 1996 proporcionalmente a la cantidad de turbinas a las cuales se les realizó la modernización. La inversión programada para los años 1997 y 1998 según la justificación técnico- económica indicada en 4.4.2 no se llevó a cabo por disposiciones internas de la empresa según las normas de extrema austeridad que se indicaron para el año 1997. El monto total actualmente gastado asciende a la suma de USA\$ 37,870.00 (treinta y siete mil ochocientos setenta con 00 / 100 dólares) sin IGV.

La figura 6.2 muestra los costos detallados de adquisición de equipo y materiales que se utilizaron para la modernización del sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham en dieciséis turbinas TB - 4000 y que fueron cargados al presupuesto operativo del año 1994 de las estaciones proporcionalmente a la cantidad de turbinas por estación. Los montos están en dólares americanos y asciende a la suma de USA \$ 31,951.50 (treinta y un mil novecientos cincuenta y uno con 50 / 100 dólares) sin IGV.

COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA MODERNIZACIÓN DEL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE DE CINCO TURBINAS TB - 4000

USA \$

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	CPU 102 SIMATIC S5-100U	EA	5	850.00	4250.00
2	Módulo de entrada digital 8 Puntos	EA	5	350.00	1750.00
3	Módulo de entrada analógica 4 Puntos	EA	5	400.00	2000.00
4	Módulo de salida Relé 8 Puntos	EA	5	310.00	1550.00
5	Elemento de bus	EA	10	280.00	2800.00
6	Fuente de poder SITOP 2A	EA	5	200.00	1000.00
7	Software STEP 5	EA	1	300.00	300.00
8	Programador manual PG605	EA	2	300.00	600.00
9	Cartucho EEPROM	EA	2	80.00	160.00
10	Visualizador de texto TD390	EA	5	360.00	1800.00
11	Indicador de proceso CONTACTER	EA	5	553.00	2765.00
12	Transmisor de temperatura :Temptran	EA	15	232.00	3480.00
13	Transductor de corriente	EA	5	200.00	1000.00
14	Relé de balance de fases	EA	5	218.00	1090.00
15	Relé de sobrecorriente	EA	5	176.00	880.00
16	Contactador principal	EA	15	410.00	6150.00
17	Selector de tres posiciones	EA	5	40.00	200.00

Sigue...

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
18	Lámparas de indicación rojo.	EA	5	12.00	60.00
19	Lámparas de indicación verde.	EA	5	12.00	60.00
20	Pulsador 1NO	EA	5	20.00	100.00
21	Pulsador 1 NC	EA	5	30.00	150.00
22	DIN EN50022 rail mounting	MT	1	5.00	5.00
23	Carril normalizado de 35 mm	EA	5	5.00	25.00
24	Marcador de cable 20 .16 AWG PVC	EA	300	0.50	150.00
25	Cable multifilar 16 AWG	MT	50	0.50	25.00
26	Cable multifilar 22 AWG	MT	100	0.50	50.00
27	Plancha metalica 3 / 16 "	SQM	5	10.00	50.00
28	Perno 3/4" long x 3/8" con tuerca	EA	100	0.50	50.00
29	Canaleta protectora de cables PVC	MT	15	5.00	75.00
30	Marcador de cable 2/0 PVC . L1 . L2 . L3	EA	50	1.00	50.00
31	Terminales tipo ojo 20 AWG	EA	200	0.30	60.00
SUB-TOTAL EQUIPOS Y MATERIALES					32,685.00

COSTO DE INSTALACIÓN Y
TRANSPORTE

SUB-TOTAL COSTO INSTALACIÓN	5,185.00
-----------------------------	----------

Realizado con personal contratado

COSTO TOTAL :	USA \$	37,870.00
---------------	--------	-----------

Figura 6.1

COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES USADOS EN LA MODERNIZACION DEL
CHASIS 2A DE 16 TURBINAS TB - 4000

USA \$

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	1/16 " DIN Controller RTD Input, Relay SPST output	EA	48	340.00	16,320.00
2	RTD , PT100 , TCR = 0.00385 , 3 hilos, diámetro = 0.215 "	EA	48	130.00	6,240.00
3	Fluid seal spring-loaded holder	EA	48	50.00	2,400.00
4	Cast iron connection heavy - duty weatherproof head	EA	48	30.00	1,440.00
5	Polythene preformed spiral cable wrapping	MT	20	0.70	14.00
6	DIN rail mounted terminal asymmetric Klippon SAK 2.5	PK (10EA)	7	10.00	70.00
7	End stops for SAK series terminals	PK (10EA)	3	5.00	15.00
8	Markers for terminals pre-numbered	KT	5	7.00	35.00
9	Asymmetric mounting rail , DIN 46277-1	EA (0.5mt)	16	5.00	80.00
10	Quick - blow fuse 20mm length , 250ma , 250Vac	PK (10EA)	10	2.00	20.00
11	Fuse holder 20 x 5mm MP1 BELL ING-LEE 720G.5238	PK (10EA)	10	12.00	120.00
12	Nylon Self Adhesive base, cable clamp	PK (10EA)	1	45.00	45.00
13	PVC cable marker kit : O.D. size 1.3mm - 1.7mm	KT	1	90.00	90.00
14	PVC cable marker kit : O.D. size 1.7mm - 2.8mm	KT	1	90.00	90.00
15	Indicator Neon 220 Vac	EA	16	0.50	8.00
16	Lamp holder neon red	EA	16	2.00	32.00

Sigue...

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
17	Lamp miniature 28 Vdc, 0.04 amp LES.TI 3 / 4	EA	16	0.50	8.00
18	Lamp assembly red	EA	16	2.00	32.00
19	Cable PVC single core 1/0.6mm white	MT	50	1.00	50.00
20	Plancha de aluminio 3 / 16 "	SQM	1.5	25.00	37.50
21	Terminales en ojo 20 AWG	EA	400	0.30	120.00
SUB -TOTAL COSTO EQUIPOS Y MAT.					27,266.50

COSTO DE INSTALACIÓN DE LA MODERNIZACIÓN DEL CHASIS 2A DE 16 TURBINAS TB - 4000

Nota : La implementación del Chasis y la instalación del sistema fue realizado con personal Petro Perú

Item	Personal	USA \$ / HR	H -h	Costo
1	Ingeniero: diseño , especificación, supervisión, Ing. detalle	17.6	100	1,760.00
2	Técnico electrónico : implementación chasis, instalación	11.7	250	2,925.00
SUB-TOTAL INSTALACIÓN :				4,685.00

COSTO TOTAL USA \$: 31,951.50

Figura 6.2

CONCLUSIONES

Luego de los trabajos realizados se tienen las siguientes conclusiones

- Para poder cuantificar los resultados de la modernización del control del motor de arranque de las 5 turbinas se preparó una información estadística que se adjunta en el anexo E y que demuestran que ha existido una reducción del índice de fallas del control del motor de arranque (IFCMA) en los reinicios de bombeo de 0,09 a 0,03 para los años 1996 y 1997 respectivamente.
- Todavía no se logra la eliminación total de las fallas del control porque queda pendiente la modernización de once turbinas pero existe la tendencia de la disminución del índice de fallas si se compara el IFCMA mensualmente durante los años 1996 y 1997. En el anexo E se muestra un gráfico comparativo del IFCMA.
- Se ha logrado que el IFCMA sea cero para las turbinas 5GT-1 , 5GT-3 , 6GT-1 , 9GT-3 y 9GT-4 en donde se realizaron las modernizaciones .
- Con la modernización realizada al sistema de indicación y protección por temperatura de bomba Bingham se logró que a partir del año 1995 no exista ninguna parada de bombeo por falsa señal.
- Se ha obtenido la visualización digital individual y la implementación de un sistema de protección independiente por alta temperatura de cojinete interior, cojinete exterior y carcaza de bomba Bingham en 16 turbinas TB - 4000.
- Se ha logrado mejoramientos al diseño original del control del motor de arranque de 5 turbinas TB - 4000 en donde se empleó lógica programada en lugar de lógica cableada, la simulación del relé de calado vía software, adición de protección para reingreso de motor luego de arrancado, se instaló un visualizador de datos que

permite interface amigable hombre - máquina y que permite calibración de set points via teclado.

- Se ha instalado equipos de tecnología de punta y se han estandarizado los sensores de temperatura (RTD) en el chasis 2 A.
- Se tiene mayor exactitud en las lecturas horarias de temperaturas de bomba.
- No se ha tenido ninguna falla en los equipos modernizados logrando un ahorro significativo en transporte de personal por vía aérea a las diferentes estaciones. A la fecha no se tiene cuantificado dicho ahorro.
- Se ha logrado solucionar el problema de obsolescencia y falta de repuestos que se tenía con los controles anteriores.
- Se ha conseguido que el personal de operaciones acepte la confiabilidad de los sistemas modernizados.
- Se ha capacitado al personal técnico en tecnología de microprocesador y PLC.

ANEXO A

LISTA DE OPERACIONES DEL PLC S-5 100U

A Lista de operaciones, código máquina e índice de abreviaturas

A.1 Lista de operaciones

A.1.1 Juego de operaciones básicas

- para módulos de organización (OB) para módulos funcionales (FB)
 para módulos de programa (PB) para módulos de paso (SB)

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en µs				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02 | MA03		
Operaciones combinacionales (lógicas)									
U	E, A	N	S	N	típ. 70	4	1,6	0,8	Combinación Y: Consulta al estado de señal "1"
	M	N	S	N		7			
	T	N	S	N					
	Z	N	S	N					
UN	E, A	N	S	N	típ. 75	4	1,6	0,8	Combinación Y: Consulta al estado de señal "0"
	M	N	S	N		9			
	T	N	S	N					
	Z	N	S	N					
O	E, A	N	S	N	típ. 75	4	1,6	0,8	Combinación O: Consulta al estado de señal "1"
	M	N	S	N		7			
	T	N	S	N					
	Z	N	S	N					
ON	E, A	N	S	N	típ. 80	4	1,6	0,8	Combinación O: Consulta al estado de señal "0"
	M	N	S	N		9			
	T	N	S	N					
	Z	N	S	N					
O		N	S	S	41	7	1,6	0,8	Combinación O de funciones Y
U(		N	S	S	61	6	1,6	0,8	Combinación Y de expresiones entre paréntesis (6 niveles)
O(		N	S	S	64	6	1,6	0,8	Combinación O de expresiones entre paréntesis (6 niveles)
)		N	S	N	51	13	1,6	0,8	Cerrar paréntesis (conclusión de una expresión entre paréntesis)
Operaciones de memoria (biestables)									
S	E, A	S	N	S	típ. 70	7	1,6	0,8	Poner el operando a "1" (activar el operando)
	M	S	N	S					

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en µs				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02 | MA03		
Operaciones de memoria (biestables) (continuación)									
R	E, A	S	N	S	tip. 70	7	1,6	0,8	Poner el operando a "0" (borrar el operando)
	M	S	N	S					
=	E, A	N	N	S	tip. 70	6	1,6	0,8	Asignar al operando el valor del VKE
	M	N	N	S					
Operaciones de carga									
L	EB	N	N	N	59	14	1,6	0,8	Cargar un byte de entrada de la PAE en el AKKU 1
L	AB	N	N	N	63	14	1,6	0,8	Cargar un byte de salida de la PAA en el AKKU 1
L	EW	N	N	N	59	17	1,6	0,8	Cargar una palabra de entrada de la PAE en el AKKU 1: Byte n→AKKU 1 (Bits 8-15); Byte n + 1→AKKU 1 (Bits 0-7)
L	AW	N	N	N	63	17	1,6	0,8	Cargar una palabra de salida de la PAA en el AKKU 1: Byte n→AKKU 1 (Bits 8-15); Byte n + 1→AKKU 1 (Bits 0-7)
L	PB / PY (depende del PG)	--	--	N	--	--	91	68	¡Solo admisible en los OB2 y OB 13! Cargar de la PAE de alarmas en el AKKU 1 un byte de entrada de los mód. de entrada dig./análog.
L	PW	--	--	N	--	--	92	69	¡Solo admisible en los OB2 y OB 13! Cargar de la PAE de alarmas en el AKKU 1 un byte de entrada de los mód. de entrada dig./análog.
L	MB	N	N	N	64	14	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 un byte de marcas
L	MW	N	N	N	71	17	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una palabra de marcas Byte n→AKKU 1 (Bits 8-15); Byte n + 1→AKKU 1 (Bits 0-7)
L	DL	N	N	N	65	39	82	1,7	Cargar en el AKKU 1 una palabra de datos (byte izquier- do) del módulo de datos actual
L	DR	N	N	N	65	41	83	1,7	Cargar en el AKKU 1 una pa- labra de datos (byte derecho) del módulo de datos actual
L	DW	N	N	N	66	43	85	2,0	Cargar en el AKKU 1 una palabra de datos del DB actual Byte n→AKKU 1 (Bits 8-15); Byte n + 1→AKKU 1 (Bits 0-7)

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en µs				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02 | MA03		
Operaciones de carga (continuación)									
L	KB	N	N	N	54	7	59	1,45	Cargar en el AKKU 1 una constante (nº de un 1 byte)
L	KC	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (2 caracteres en código ASCII)
L	KF	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (nº en coma fija)
L	KH	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (hexadecimal)
L	KM	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (configuración binaria)
L	KY	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (nº de dos bytes)
L	KT	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (temporización codificada en BCD)
L	KZ	N	N	N	57	7	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una constante (ajuste de contador codif. en BCD)
L	T, Z	N	N	N	tip. 70	19	1,6	0,8	Cargar en el AKKU 1 una temporización o un ajuste de contador (codificados en binario)
LC	T	N	N	N	125	69	154	1,8	Cargar en el AKKU 1 una temporización o un ajuste de contador (codificados en BCD)
	Z	N	N	N					
Operaciones de transferencia									
T	EB	N	N	N	51	5	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a un byte de entrada (a la PAE)
T	AB	N	N	N	54	5	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a un byte de salida (a la PAA)
T	EW	N	N	N	53	11	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a una palabra de entrada (a la PAE): AKKU 1 (Bits 8-15) → Byte n; AKKU 1 (Bits 0-7) → Byte n + 1
T	AW	N	N	N	56	11	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a una pal. de salida: AKKU 1 (Bits 8-15) → Byte n; AKKU 1 (Bits 0-7) → Byte n + 1
T	PB / PY (depende del PG)	--	--	N	--	--	60	37	¡Solo admisible en los OB2 y OB 13! Transferir el contenido del AKKU 1 a la PAA de alarmas con actualización de la PAA.

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en µs				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02 | MA03		
Operaciones de transferencia (continuación)									
T	PW	--	--	N			67	51	¡Solo admisible en los OB 2 y OB 13! Transferir el contenido del AKKU 1 a la PAA de alarmas con actualización de la PAA.
T	MB	N	N	N	55	5	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a un byte de marcas
T	MW	N	N	N	64	11	1,6	0,8	Transferir el contenido del AKKU 1 a una palabra de marcas (a la PAA): AKKU 1 (Bits 8-15)→Byte n; AKKU 1 (Bits 0-7)→Byte n + 1
T	DL	N	N	N	53	31	75	1,15	Transferir el contenido del AKKU 1 a una palabra de datos (byte izdo.)
T	DR	N	N	N	57	33	78	1,15	Transferir el contenido del AKKU 1 a una palabra de datos (byte dcho.)
T	DW	N	N	N	59	36	81	1,4	Transferir el contenido del AKKU 1 a una pal. de datos
Operaciones de tiempo									
SI	T	S↑	N	S	125	74	147	1,9	Arrancar como impulso una temporización (depositada en el AKKU 1) (limitación temporal de la señal)
SV	T	S↑	N	S	125	74	147	1,9	Arrancar como impulso prolongado una temporización (dep. en el AKKU 1) (lim. y prolong. de la señal)
SE	T	S↑	N	S	127	76	150	1,9	Arrancar como retardo a la conexión una temporización (depositada en el AKKU 1)
SS	T	S↑	N	S	127	76	150	1,9	Arrancar como retardo a la conexión memorizada una temporización (depositada en el AKKU 1)
SA	T	S↓	N	S	125	74	144	1,9	Arrancar como retardo a la desconexión una temporización (depositada en el AKKU 1)
R	T	S	N	S	126	75	96	1,9	Reponer (borrar) una temporiz.
Operaciones de contaje									
ZV	Z	S↑	N	S	79	42	105	1,9	Contaje hacia adelante en 1
ZR	Z	S↑	N	S	92	31	117	1,9	Contaje hacia atrás en 1

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en μ s				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02	MA03	
Operaciones de tiempo (continuación)									
S	Z	S	N	S	118	67	141	1,9	Activar (ajustar) un contador
R	Z	S	N	S	69	12	96	1,9	Borrar (reponer) un contador
Operaciones aritméticas									
+F		N	N	N	55	26	1,6	0,8	Sumar dos números en coma fija: AKKU 1 + AKKU 2. Resultado evaluable a través de ANZ 1/ANZ 0/OV.
-F		N	N	N	58	23	1,6	0,8	Restar dos números en coma fija: AKKU 2 - AKKU 1. Resultado evaluable a través de ANZ 1/ANZ 0/OV.
Operaciones de comparación									
!=F		N	S	N	79	24	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a igualdad: Si AKKU 2 = AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.
><F		N	S	N	82	27	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a desigualdad. Si AKKU 2 \neq AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.
>F		N	S	N	79	24	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a superioridad: Si AKKU 2 > AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.
>=F		N	S	N	79	24	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a superioridad o igualdad: Si AKKU 2 \geq AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.
<F		N	S	N	82	27	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a inferioridad: Si AKKU 2 < AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.
<=F		N	S	N	82	27	1,6	0,8	Comparar dos números en coma fija respecto a inferioridad o igualdad: Si AKKU 2 \leq AKKU 1, entonces VKE = "1". El resultado afecta a ANZ 1/ANZ 0.

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en μ s				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02	MA03	
Operaciones de llamada de módulo									
SPA	PB	N	N	S	125	49	185	3,35	Salto absoluto (incondicional) a un módulo de programa
SPA	FB	N	N	S	147	49	187	3,35	Salto absoluto (incondicional) a un módulo funcional
SPA	SB	N	N	S	--	--	185	3,35	Salto absoluto (incondicional) a un módulo de paso
SPB	PB	S	S ¹⁾	S	130	53	190	3,35	Salto condicional a un módulo de programa
SPB	FB	S	S ¹⁾	S	152	53	196	3,35	Salto condicional a un módulo funcional
SPB	SB	S	S ¹⁾	S	--	--	194	3,35	Salto condicional a un módulo de paso
A	DB	N	N	N	70	28	79	1,75	Llamada de un mód. de datos
E	DB	N	N	S	--	--	233	182	Crear o borrar un módulo de datos
Operaciones de retorno									
BE		N	N	S	88	36	119	2,5	Terminar módulo (fin de módulo)
BEB		S	S ¹⁾	S	90	38	121	2,5	Terminar módulo de forma condicional
BEA		N	N	S	88	36	119	2,5	Terminar mód. de forma absoluta (incondicional) (no utilizables en módulos de organización)
Operaciones nulas									
NOP 0		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Operación nula (todos los bits borrados)
NOP 1		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Operación nula (todos los bits activados)
Operación Stop									
STP		N	N	N	35	1	53	25	Stop: el ciclo es aún terminado. Se activa en el USTACK el identificador de error STS
Operaciones de estructuración de imagen									
BLD 130		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Instrucción de estructuración de imagen para el PG: Crear una línea libre a través de Carriage Return
BLD 131		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Instrucción de estructuración de imagen para el PG: Cambiar a lista de instrucciones (AWL)

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

1) VKE se pone a "1"

Operación (AWL)	Operandos admisibles	VKE*			Tiempo de ejecución en μ s				Descripción de la función
		1	2	3	CPU 100	CPU 102	CPU 103 MA02 | MA03		
Operaciones de estructuración de imagen (continuación)									
BLD 132		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Instrucción de estructuración de imagen para el PG: Cambiar a esquema de funciones (FUP)
BLD 133		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Instrucción de estructuración de imagen para el PG: Cambiar a esquema de contactos (KOP)
BLD 255		N	N	N	35	0	1,6	0,8	Instrucción de estructuración de imagen para el PG: Terminar segmento

* 1 ¿Depende del VKE? 2 ¿Influencia el VKE? 3 ¿Inhibe el VKE?

ANEXO B
PROGRAMAS DE MANDO

- B.1 Software STEP 5 - diagrama escalera del programa
- B.2 Programación de módulos

SOFTWARE STEP 5 DIAGRAMA ESCALERA DEL PROGRAMA

Segmento 1 : Llamada al módulo de datos



DB10 = DATOS (Referencias y valores)

Segmento 2 : Enclavar Relé de sobrecorriente



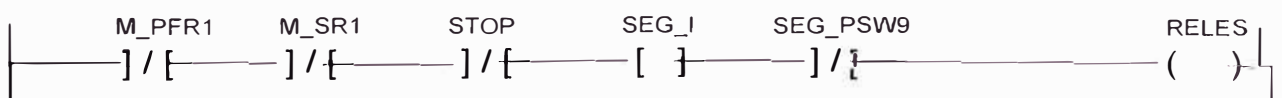
E0.1 = SR1 Relé de Calado
M11.6 = M_SR1 Marca de sobrecorriente
E0.2 = STOP Pulsador de parada

Segmento 3 : Enclavar Relé Falla de fase



E0.0 = PFR1 Relé de falla de fase
M11.7 = M_PFR1 Marca de falla de fase
E0.2 = STOP Pulsador de parada

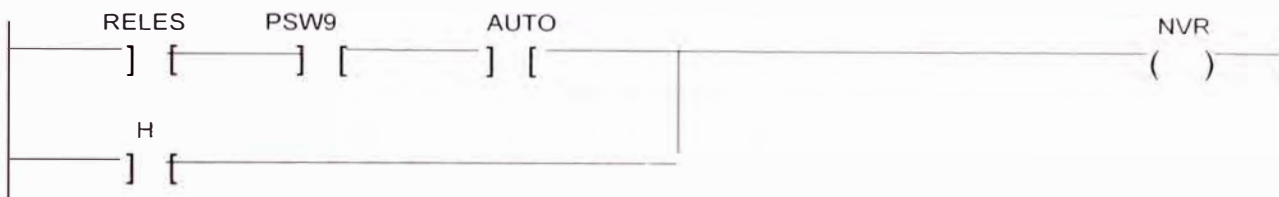
Segmento 4 : Seguridades



M11.7 = M_PFR1 Marca de falla de fase
M11.6 = M_SR1 Marca de sobrecorriente
E0.2 = STOP Pulsador de parada
M11.5 = SEG I Seguridad corriente alta

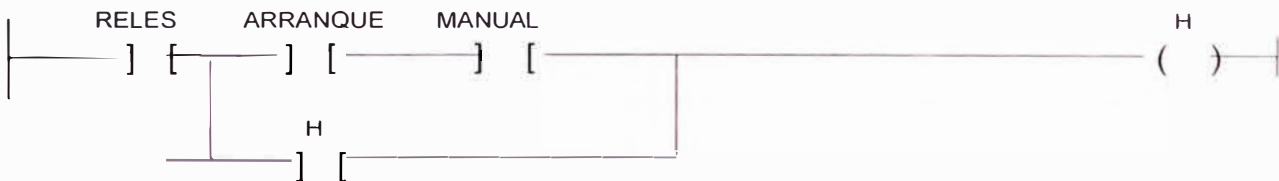
M13.0 = SEG PSW9 Seguridad del PSW - 9
M 0.0 = RELES Seguridad inicial

Segmento 5 : Arrancar modo Auto / Manual



M0.0 = RELES Seguridad inicial
E0.3 = PSW9 Marcha en automático
M0.2 = H Habilita marcha manual
M0.1 = NVR Habilita inicio secuencia

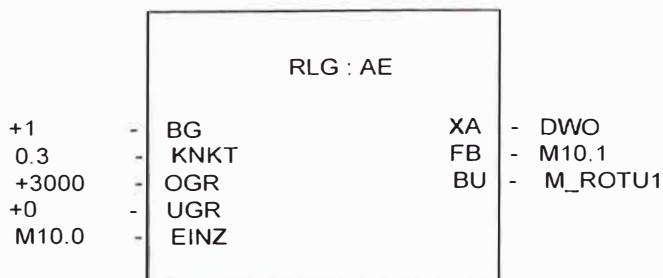
Segmento 6 : Activación modo manual



M0.0 = RELES Seguridad inicial
E0.5 = ARRANQUE Arranque en manual
E0.6 = MANUAL Selector manual
M0.2 = H Habilita marcha manual

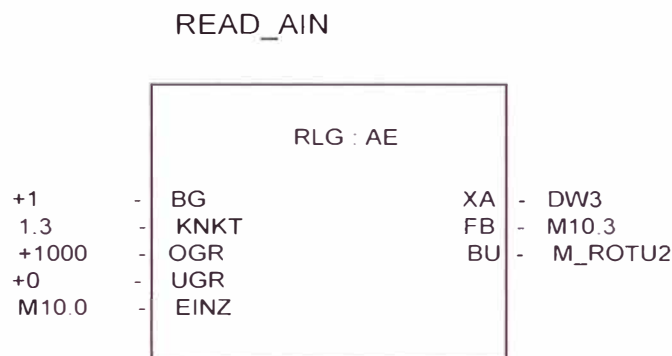
Segmento 7 : Lectura de corriente del motor

READ_AIN



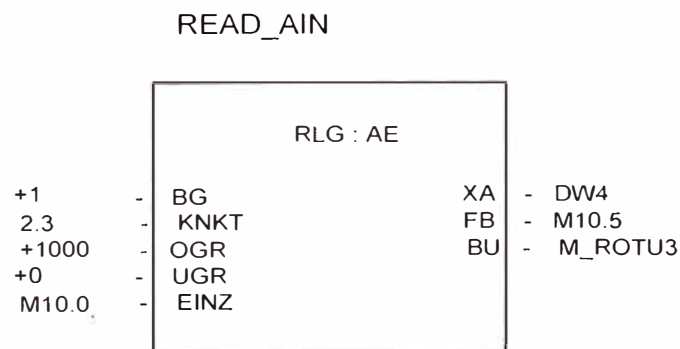
M10.0 = M10.0 Auxiliar
 DW0 = DW0
 M10.1 = M10.1 Auxiliar
 M10.2 = M ROTU1 Marca margen sobrepasado
 DB250= READ_AIN Leer entrada analógica

Segmento 8 : Lectura RTD1 del bobinado del motor



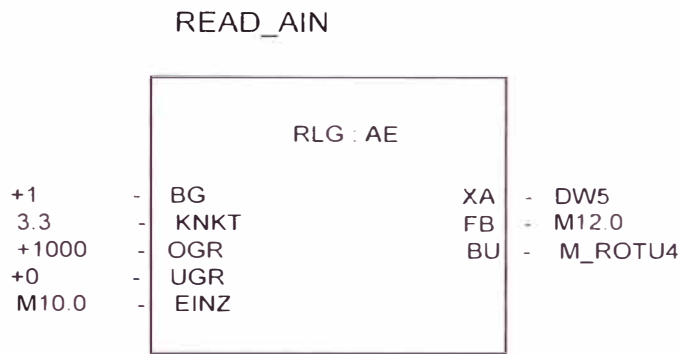
M10.0 = M10.0 Auxiliar
 DW3 = DW3
 M10.3 = M10.3 Auxiliar
 M10.4 = M_ROTU2 Marca margen sobrepasado
 DB250= READ_AIN Leer entrada analógica

Segmento 9 : Lectura RTD2 del bobinado del motor



M10.0 = M10.0 Auxiliar
 DW4 = DW4
 M10.3 = M10.5 Auxiliar
 M10.4 = M_ROTU3 Marca margen sobrepasado
 DB250= READ_AIN Leer entrada analógica

Segmento 10 : Lectura RTD3 del bobinado del motor



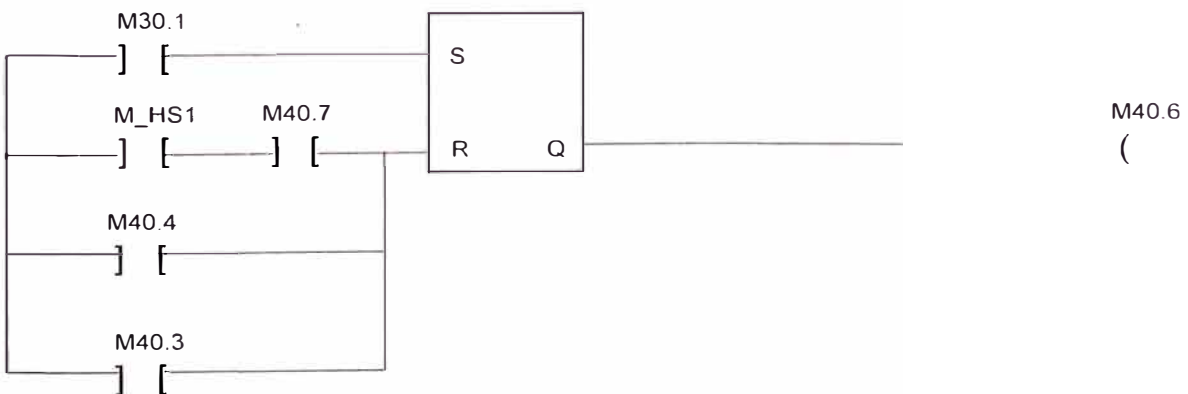
M10.0 = M10.0 Auxiliar
 DW5 = DW5
 M12.0 = M12.0 Auxiliar
 M12.1 = M_ROTU3 Marca margen sobrepasado
 DB250= READ_AIN Leer entrada analógica

Segmento 11 : Primera activación de interruptor de corriente



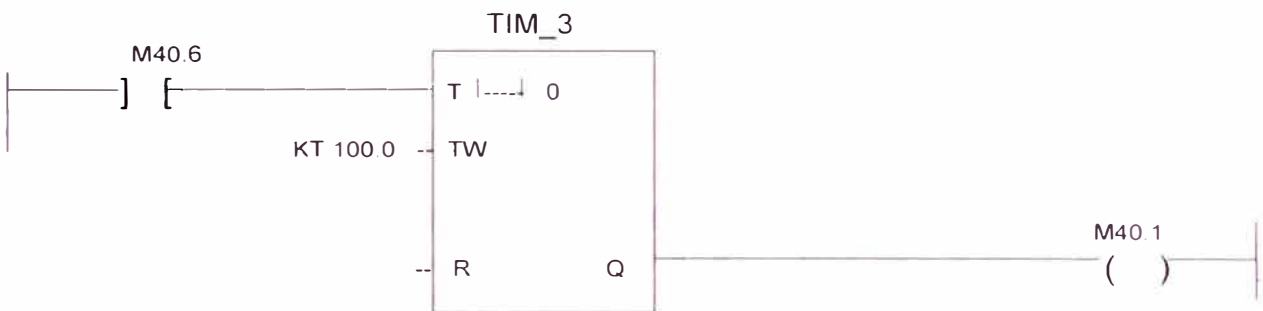
DW0 = DW0
 DW2 = DW2
 M30.1 = M30.1 Activar cambio segunda etapa

Segmento 12 : Activar cambio a segunda etapa



M30.1 = M30.1	Activar cambio a segunda etapa
M40.6 = M40.6	Cambio a segunda etapa
M2.1 = M HS1	Marca alta velocidad 1
M40.7 = M40.7	Auxiliar
M40.4 = M40.4	Auxiliar
M40.3 = M40.3	Auxiliar

Segmento 13 : Temporización de 1 segundo



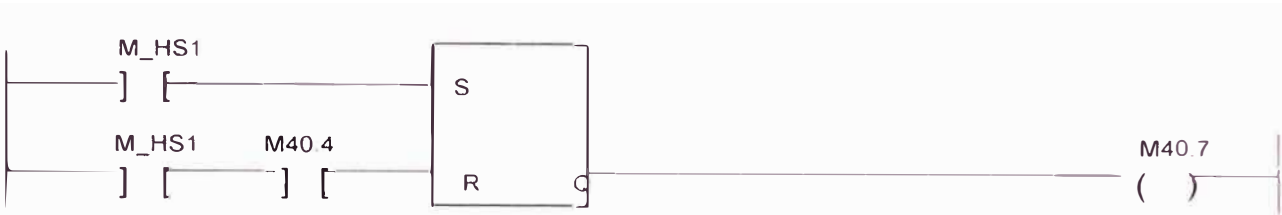
M40.6 = M40.6	Cambio a segunda etapa
T3 = TIM_3	Tiempo auxiliar
M40.1	Auxiliar

Segmento 14: Segunda activación de interruptor de corriente



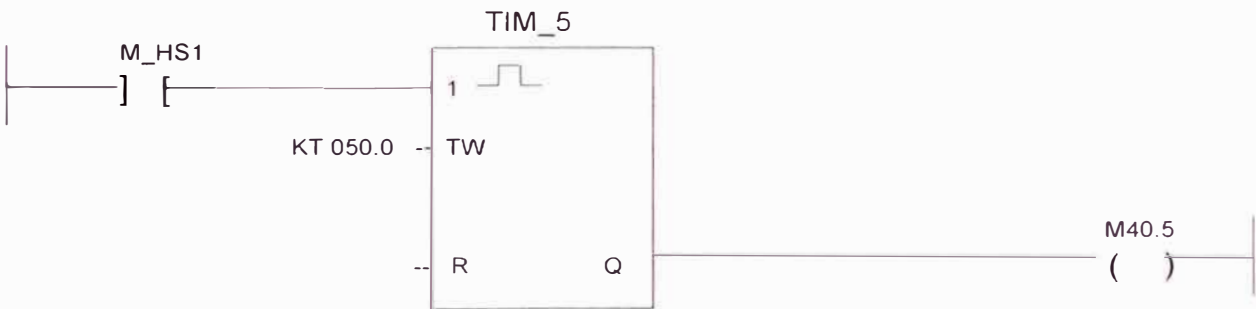
DW0 = DW0	
DW2 = DW2	
M40.2 = M40.2	Auxiliar

Segmento 15 : Activar cambio a segunda etapa



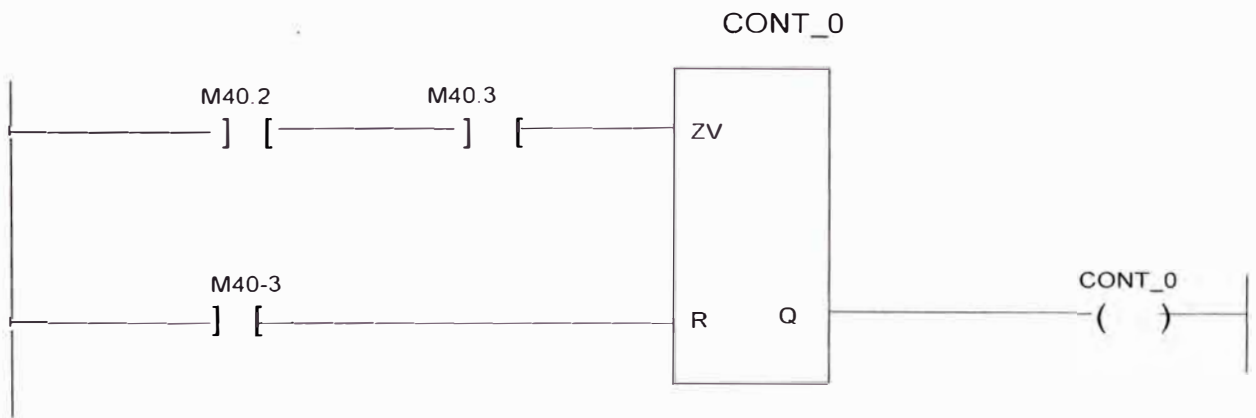
M2.1 = M_HS1 Marca alta velocidad 1
M40.7 = M40.7 Auxiliar
M40.4 = M40.4 Auxiliar

Segmento 16 : Temporización de 1 segundo



M2.1 = M_HS1 Marca alta velocidad 1
T4 = TIM_5 Tiempo auxiliar
M40.5 Auxiliar

Segmento 17 : Contador



M40.2 = M40.2 Auxiliar
M40.3 = M40.3 Auxiliar
Z0 = CONT 0 Contador auxiliar

Segmento 18 : Habilitación del inicio



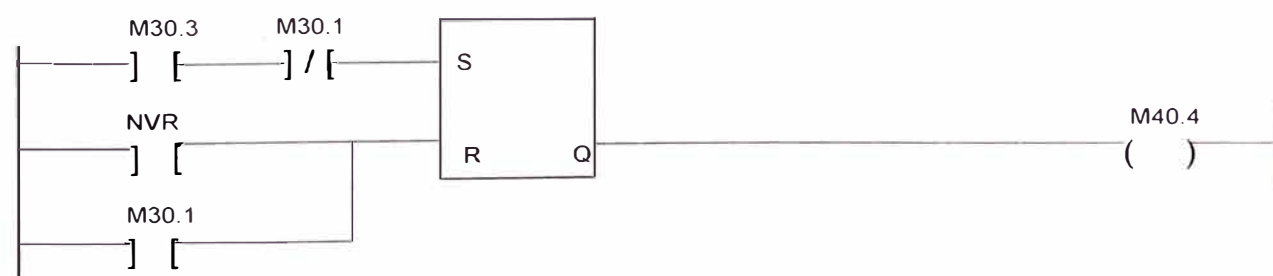
M0.1 = NVR Habilita inicio de secuencia
M40.3 = M40.3 Auxiliar
M40.4 = M40.4 Auxiliar

Segmento 19 : Comparación



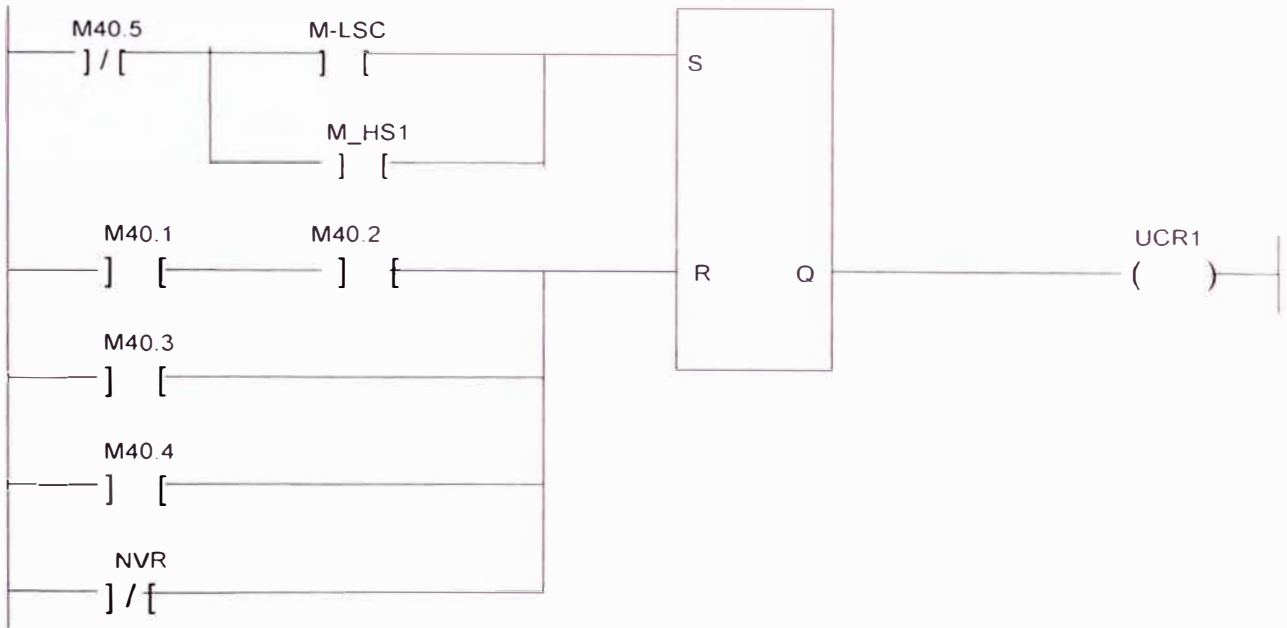
Z0 = CONT_0
M30.3 = M30.3 Auxiliar
KF +2 Constante

Segmento 20 :



M30.3 = M30.3 Auxiliar
 M30.1 = M30.1 Activar cambio a segunda etapa
 M40.4 = M40.4 Auxiliar
 M0.1 = NVR Habilita inicio de secuencia

Segmento 21



M40.5 = M40.5 Auxiliar
 M2.0 = M_LSC Marca baja velocidad
 M2.1 = M_HS1 Marca alta velocidad 1
 M0.3 = UCR1 Solicontrol 1
 M40.1 = M40.1 Auxiliar
 M40.2 = M40.2 Auxiliar
 M40.3 = M40.3 Auxiliar
 M40.4 = M40.4 Auxiliar
 M0.1 = NVR Habilita inicio secuencia

Segmento 22 : Comparación de temperatura RTD1 con set point



DW3 = DW3 Temperatura de bobinado 1
 DW6 = DW6 Set point

M0.4 = TA1 Temperatura de bobina 1 alta

Segmento 23 : Comparación de temperatura RTD2 con set point



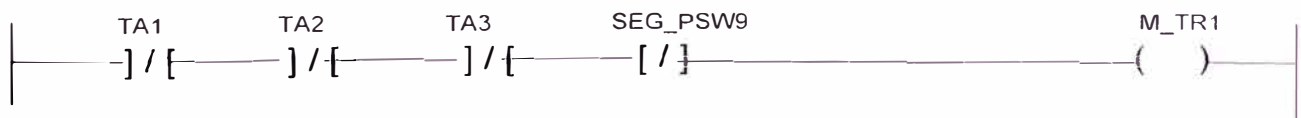
DW4 = DW4 Temperatura de bobinado 2
DW6 = DW6 Set point
M0.5 = TA2 Temperatura de bobina 1 alta

Segmento 24 : Comparación de temperatura RTD3 con set point



DW5 = DW5 Temperatura de bobinado 3
DW6 = DW6 Set point
M0.6 = TA3 Temperatura de bobina 3 alta

Segmento 25 : Lista para la marcha



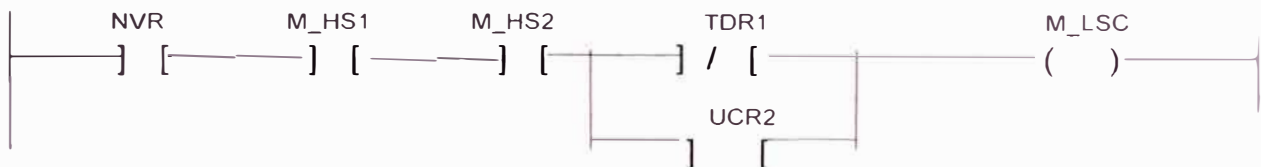
M0.4 = TA1 Temperatura bobinado 1 alto
M0.5 = TA2 Temperatura bobinado 2 alto
M0.6 = TA3 Temperatura bobinado 3 alto
M13.0 = SEG_PSW9 Seguridad del PSW - 9
M0.7 = M_TR1 Lista para la marcha

Segmento 26 : Accionamiento de solicontrol



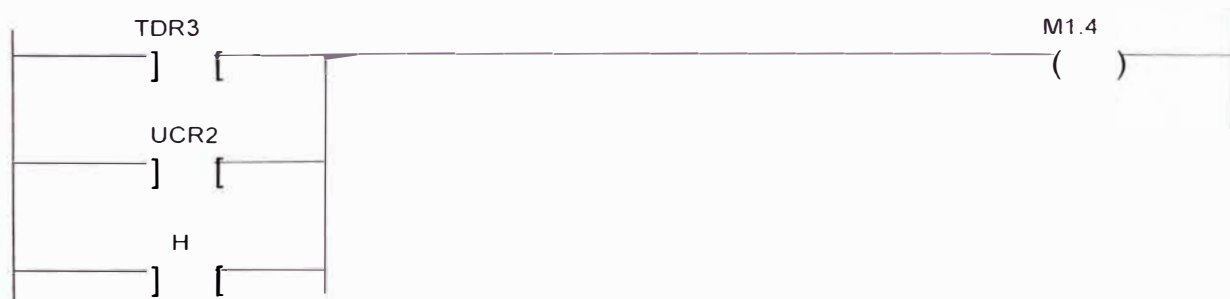
M0.1 = NVR	Habilita inicio de secuencia
M0.3 = UCR1	Solicontrol 1
M1.0 = UCR2	Solicontrol 2

Segmento 27 : Contactor baja velocidad



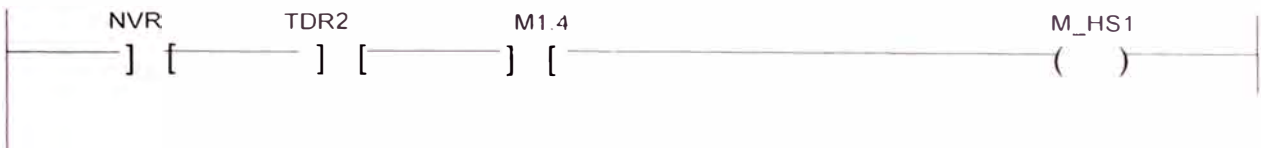
M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
M2.1 = M_HS1	Marca alta velocidad 1
M2.2 = M_HS2	Marca alta velocidad 2
M1.1 = TDR1	Temporizador 1
M1.0 = UCR2	Solicontrol 2
M2.0 = M_LSC	Marca baja velocidad

Segmento 28 :



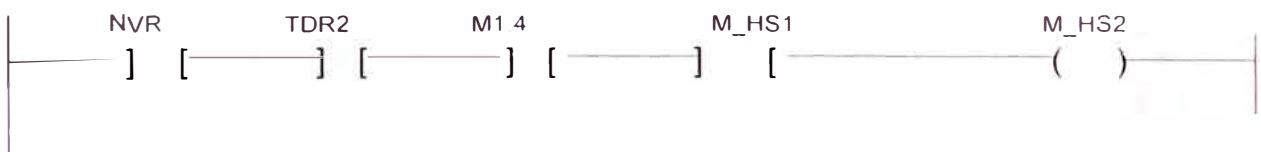
M1.3 = TDR3	Temporizador 3
M1.0 = UCR2	Solicontrol 2
M0.2 = H	Habilita marcha manual
M1.4 = M1.4	Auxiliar

Segmento 29 : Contactor de velocidad alta 1



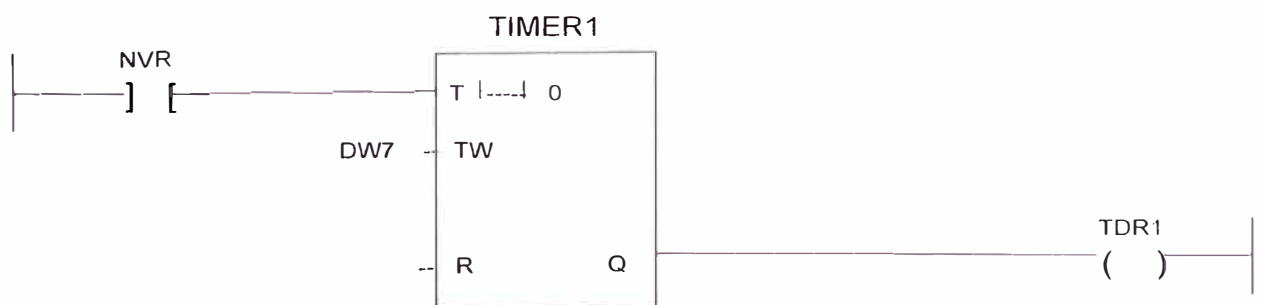
M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
M1.2 = TDR2	Temporizador 2
M1.4 = M1.4	Auxiliar
M2.1 = M_HS1	Marca alta velocidad 1

Segmento 30 : Contactor de velocidad alta 2



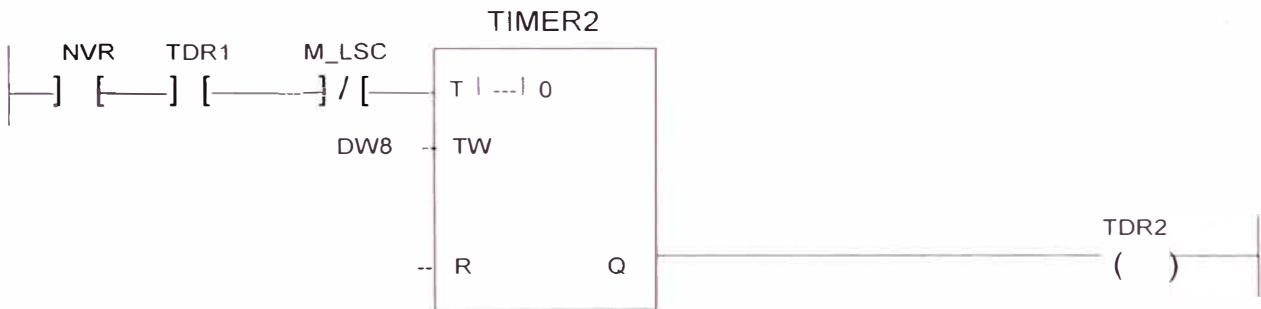
M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
M1.2 = TDR2	Temporizador
M1.4 = M1.4	Auxiliar
M2.1 = M_HS1	Marca alta velocidad 1
M2.2 = M_HS2	Marca alta velocidad 2

Segmento 31 : Temporizador 1



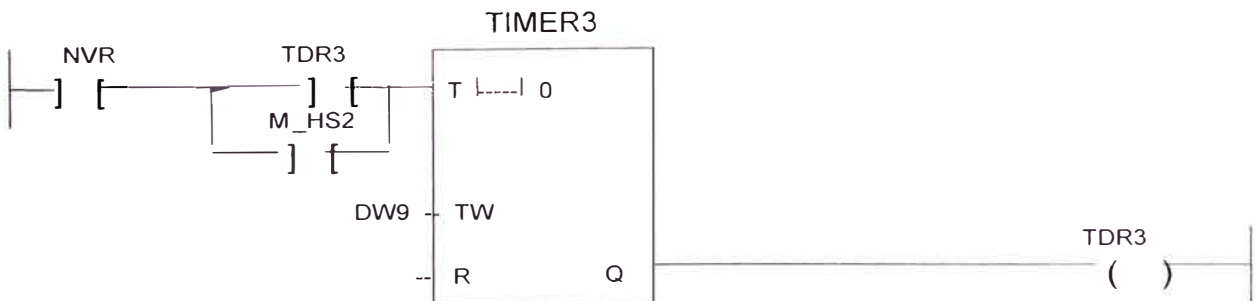
M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
DW 7 = DW7	
T0 = TIMER1	Timer 1
M1.1 = TDR1	Temporizador 1

Segmento 32 : Temporizador 2



M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
M1.1 = TDR1	Temporizador 1
M2.0 = M_LSC	
DW 7 = DW7	
T1 = TIMER2	Timer 2
M1.2 = TDR2	Temporizador 2

Segmento 33 : Temporizador 3



M0.1 = NVR	Habilita inicio secuencia
M1.3 = TDR3	Temporizador 3
DW9 = DW9	

M2.2 = M HS2
DW 7 = DW7
T2 = TIMER3

Timer 3

Segmento 34 : Accionamiento del relé de baja velocidad



M2.0 = M_LSC Marca baja velocidad
A2.0 = LSC Relé baja velocidad

Segmento 35 : Accionamiento del relé de alta velocidad 1



M2.1 = M_HS1 Marca alta velocidad 1
A2.1 = LSC Relé alta velocidad 1

Segmento 36 : Accionamiento del relé de alta velocidad 2



M2.2 = M_HS2 Marca alta velocidad 2
A2.2 = HS2 Relé alta velocidad 2

Segmento 37 : Accionamiento de lista para la marcha



M07 = M_TR1 Marca baja velocidad
A2.6 = A_TR1 Relé que acciona lista para marcha en la TB.

Segmento 38 : Simulación relé de calado en 1 etapa , I >100 en 35 seg.

```
:U   M_LSC
:L   DW10
:SE  SEN1_I
:U   SEN1_I
:=   ACT_SEN1
:
:L   DW0
:L   KF +100
:>=  F
:=   I > 100
:
:U   ACT_SEN1
:U   I > 100
:=   ALAR_1
:*****
```

M2.0 = M_LSC Marca baja velocidad
DW10 = DW10
T5 = SEN1_I Sensor corriente > 100 A
M10.7 = ACT_SEN1 Activar sensado 1
DW 0 = DW0
M11.0 = I > 100 Corriente 1 etapa alta
M11.1 = ALAR_1 Alarma corriente > 100 A

Segmento 39 : Simulación relé de calado en 2 etapa , I >150 en 50 seg.

```
:U   M_HS1
:L   DW11
:SE  SEN2_I
```

```

:U   SEN2_I
:=   ACT_SEN2
:
:L   DW0
:L   KF +150
: >= F
:=   I > 150
:
:U   ACT_SEN2
:U   I > 150
:=   ALAR_2
:*****

```

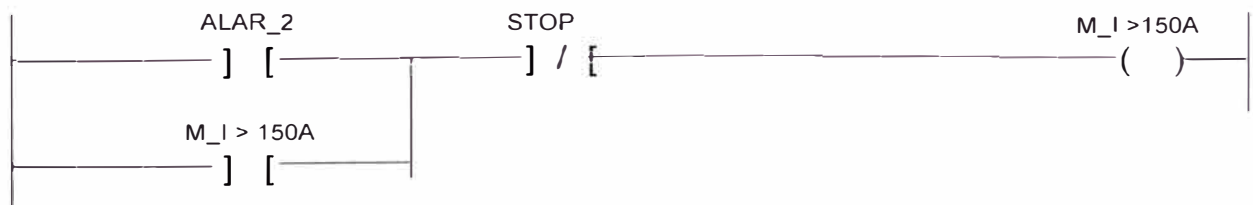
M2.1	= M_HS1	Marca alta velocidad 1
DW11	= DW11	
T6	= SEN2_I	Sensar corriente > 150 A
M11.2	= ACT_SEN2	Activar sensado 2
DW 0	= DW0	
M11.3	= I > 150	Corriente 2 etapa alta
M11.4	= ALAR_2	Alarma corriente > 150 A

Segmento 40 :



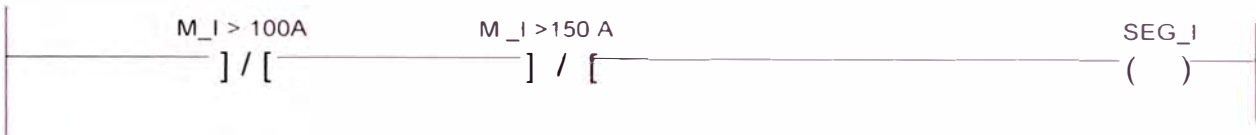
M11.1	= ALAR_1	Alarma corriente > 100 A
M12.2	= M_I > 100A	Marca alarma I > 100 A
E0.2	= STOP	Pulsador de parada

Segmento 41 :



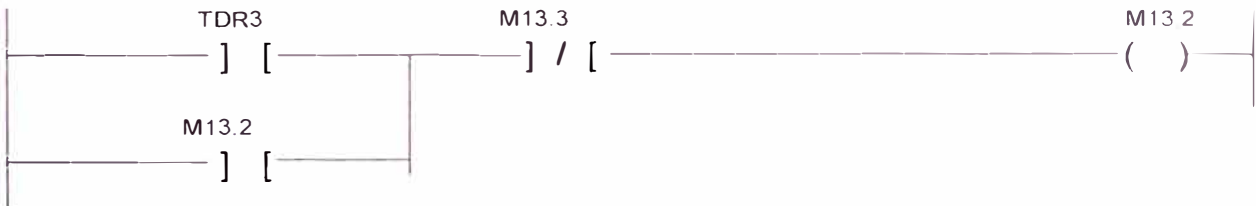
M11.4 = ALAR_2	Alarma corriente > 150 A
M12.3 = M_I > 150A	Marca alarma I > 150 A
E0.2 = STOP	Pulsador de parada

Segmento 42 :



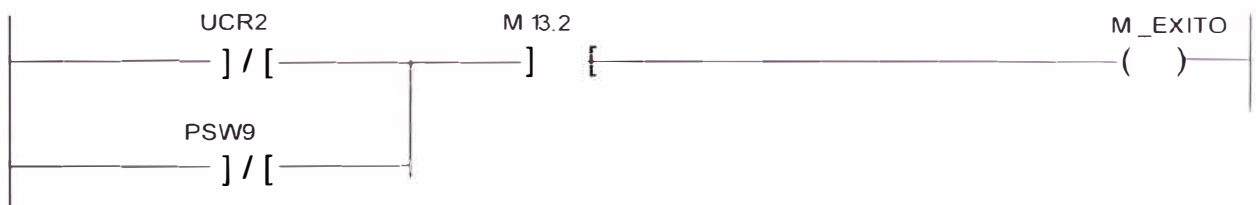
M12.2 = M_I > 100A	Marca alarma I > 100 A
M12.3 = M_I > 150A	Marca alarma I > 150 A
M11.5 = SEG_I	Seguridad corriente alta

Segmento 43 :



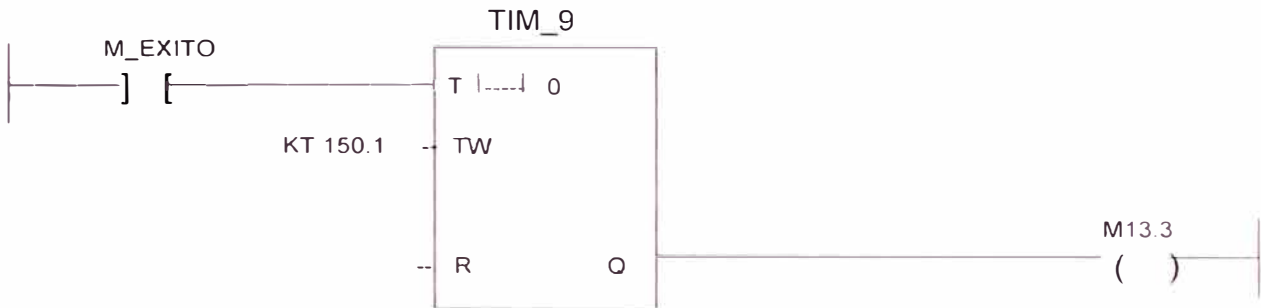
M1.3 = TDR3	Temporizador 3
M13.2 = M13.2	Auxiliar
M13.3 = M13.3	Auxiliar

Segmento 44 :



M13.2 = M13.2	Auxiliar
M1.0 = UCR2	Solicontrol 2
E0.3 = PSW9	Marcha en automático
M12.4 = M_ÉXITO	Arranque finalizado OK.

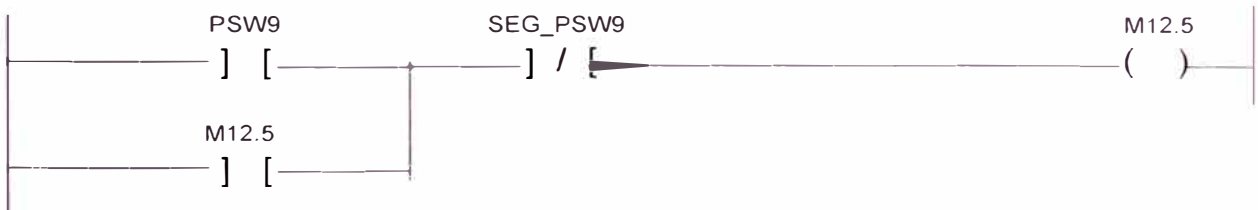
Segmento 45



M12.4 = M_ÉXITO
 T9 = TIM_9
 M13.3 = M13.3

Arranque finalizado OK.
 Timer auxiliar
 Auxiliar

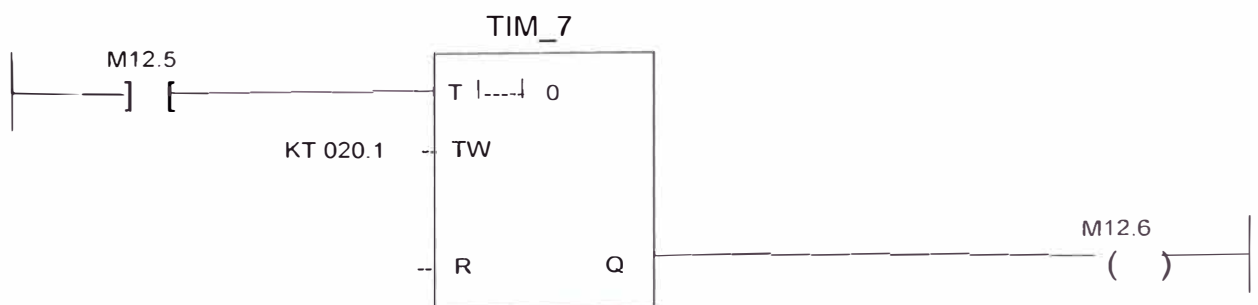
Segmento 46 :



M12.5 = M12.5
 E0.3 = PSW9
 M13.0 = SEG_PSW9

Auxiliar
 Marcha en automático
 Seguridad del PSW9

Segmento 47 :



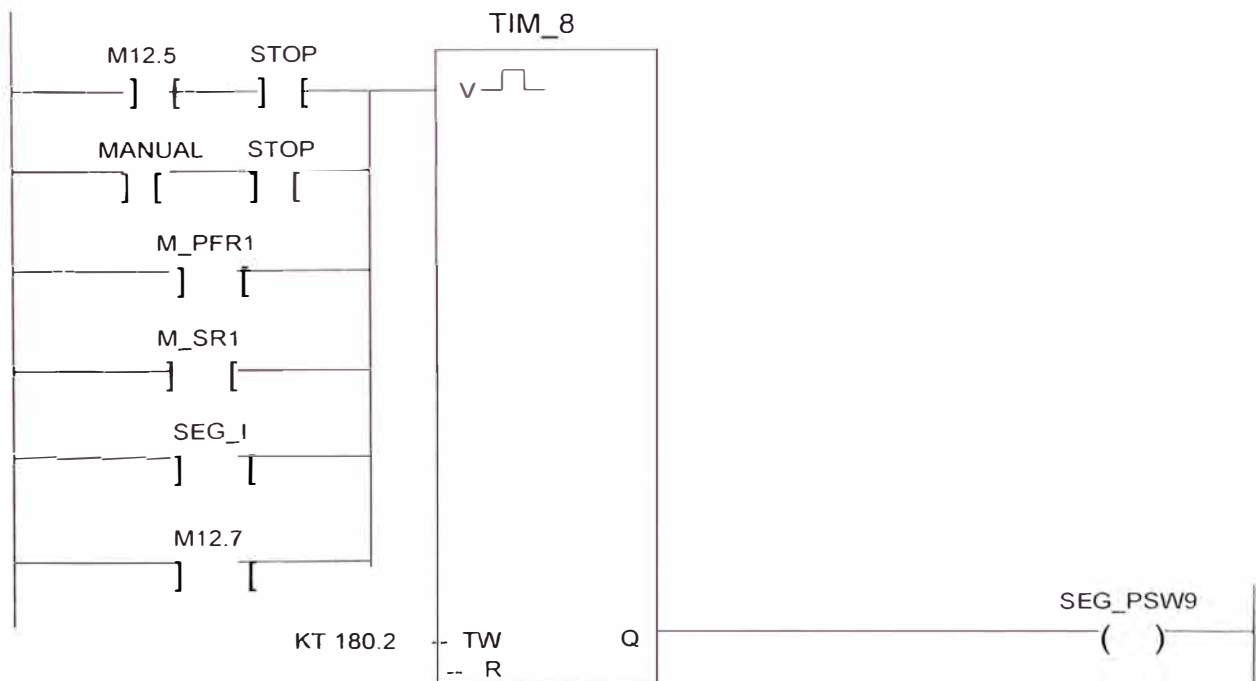
M12.5 = M12.5 Auxiliar
 T7 = TIM_7 Timer auxiliar
 M12.6 = M12.6 Auxiliar

Segmento 48 :



E0.3 = PSW9 Marcha en automático
 M12.6 = M12.6 Auxiliar
 M13.0 = SEG_PSW9 Seguridad del PSW - 9
 M12.7 = M12.7 Auxiliar

Segmento 49 : Seguridad del PSW9



E0.4 = AUTO	Selector automático
E0.2 = STOP	Pulsador de parada
E0.6 = Manual	Selector manual
M11.7 = M_PFR1	Marca falla de fase
M11.6 = M_SR1	Marca sobrecorriente
M11.5 = SEG_I	Seguridad corriente alta
M12.7 = M12.7	Auxiliar
T8 = TIM_8	Auxiliar
M13.0 = SEG_PSW9	Seguridad del PSW9

Segmento 50 :

```

:A    Tiempos
:LC   TIM_8
:T    DW108
:BE
.*****

```

```

DB56 = Tiempos
T8    = TIM_8
DW108 = DW108

```

```

DB de tiempos del TD390
Auxiliar

```

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL OB1

Segmento 1 BLOQUE DE ORGANIZACIÓN

: SPA PB1 Secuencia de arranque

: SPA FB1 Enlace del PLC con el TD390

: SPA PB2 Alarmas y avisos

: BE Fin de módulo

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL OB21

Segmento 1

: L KF +0 Carga en el acumulador 0

: T MW40 Transfiere el dato 0 a la palabra M40

: T MW30 Transfiere el dato 0 a la palabra M30

: T MB11 Transfiere el dato 0 al byte M11

: R CONT_0 Resetea a " 0 " en contador CONT_0

: BE Fin de módulo

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL OB22

Segmento 1

: L KF +0 Carga en el acumulador 0

: T MW40 Transfiere el dato 0 a la palabra M40

: T MW30 Transfiere el dato 0 a la palabra M30

: T MB11 Transfiere el dato 0 al byte M11

: R CONT_0 Resetea a " 0 " en contador CONT_0

: BE Fin de módulo

PROGRAMACIÓN DEL FB1 EN AWL

Segmento 1

000A : A DB56 TIEMPOS Timer TDR1

000C : L DW8 DW8

000E : A DB10 DATOS

0010 : T DW7 DW7

0012 :

0014	:	A	DB56	TIEMPOS	Timer TDR2
0016	:	L	DW28	DW28	
0018	:	A	DB10	DATOS	
001A	:	T	DW8	DW8	
001C	:				
001E	:	A	DB56	TIEMPOS	Timer TDR3
0020	:	L	DW48	DW48	
0022	:	A	DB10	DATOS	
0024	:	T	DW9	DW9	
0026	:				
0028	:	A	DB56	TIEMPOS	Timer I>100A
002A	:	L	DW68	DW68	
002C	:	A	DB10	DATOS	
002E	:	T	DW10 DW10		
0030	:				
0032	:	A	DB56	TIEMPOS	Timer I>150A
0034	:	L	DW88	DW88	
0036	:	A	DB10	DATOS	
0038	:	T	DW11 DW11		
003A	:				
003C	:	A	DB57	PROCESO	2da etapa
003E	:	L	DW87	DW87	
0040	:	A	DB10	DATOS	
0042	:	T	DW2	DW2	
0044	:				
0046	:	A	DB57	PROCESO	Temp. max.
0048	:	L	DW107	DW107	
004A	:	A	DB10	DATOS	
004C	:	T	DW6	DW6	
004E	:	BE			

Segmento 2

0050	:	A	DB10	DATOS	Corriente
0052	:	L	DW0 DW0		
0054	:	A	DB57	PROCESO	
0056	:	T	DW6	DW6	
0058	:				
005A	:	A	DB10	DATOS	Temp. 1
005C	:	L	DW3 DW3		
005E	:	A	DB57	PROCESO	
0060	:	T	DW27	DW27	
0062	:				
0064	:	A	DB10	DATOS	Temp. 2

0066 : L DW4 DW4
 0068 : A DB57 PROCESO
 006A : T DW47 DW47
 006C :
 006E : A DB10 DATOS Temp. 3
 0070 : L DW5 DW5
 0072 : A DB57 PROCESO
 0074 : T DW67 DW67
 0076 : BE

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL PB2

Segmento 1 ALARMAS Y AVISOS

0000 : U M11.6 M_SR1
 0002 : = M3.7
 0004 :
 0006 : U M11.7 M_PFR1
 0008 : = M3.6
 000A :
 000C : U M0.4 TA1
 000E : = M3.5
 0010 :
 0012 : U M0.5 TA2
 0014 : = M3.4
 0016 :
 0018 : U M0.6 TA3
 001A : = M3.3
 001C :
 001E : U M10.2 M_ROTU1
 0020 : = M3.2
 0022 :
 0024 : U M10.4 M_ROTU2
 0026 : = M3.1
 0028 :
 002A : U M10.6 M_ROTU3
 002C : = M3.0
 002E : ***

M11.6 Marca de sobrecorriente
 M11.7 Marca de falla de fase
 M0.4 Temperatura bobina 1 alta
 M0.5 Temperatura bobina 2 alta
 M0.6 Temperatura bobina 3 alta

M10.2 Marca margen sobrepasado
M10.3 Marca margen sobrepasado
M10.4 Marca margen sobrepasado

Segmento 2

0036 : U M12.2 M_I >100A
0038 := M4.6
003A :
003C : U M12.3 M_I >150A
003E := M4.5
0040 :
0042 : U E0.2 STOP
0044 := M4.4
0046 :
0048 : U E0.6 MANUAL
004A : UN M2.0 M_LSC
004C : UN M12.4 M_EXITO
004E := M4.3
0050 :
0052 : U E0.4 AUTO
0054 : UN M2.0 M_LSC
0056 : UN M12.4 M_EXITO
0058 := M4.2
005A :
005C : U M2.0 M_LSC
005E := M4.1
0060 :
0062 : U M12.4 M_EXITO
0064 := M4.0
0066 :
0068 : UN M13.1
006A : UN E0.4 AUTO
006C : UN E0.6 MANUAL
006E : UN M12.4 M_EXITO
0070 := M5.7
0072 : BE

M12.1 Marca margen sobrepasado
M12.2 Marca alarma I>100A
M12.3 Marca alarma I>150A
E0.2 Pulsador de parada
E0.6 Selector manual
M2.0 Marca baja velocidad
M12.4 Arranque finalizado OK
E0.4 Selector automático

Módulo Funcional Integrado de función específica

FB250 :

En los segmentos 7 , 8 , 9 y 10 del programa de mando (anexo 2) se muestran la programación de estos módulos donde

RLG : AE es el nombre de la función

BG : Número de puesto de enchufe

KNKT : Se indica en un formato a .b donde a = 0, 1 ,2 , 3 indica el número del canal donde están conectadas las entradas y b =3 indica el valor absoluto de señal de entrada : 4 - 20ma.

OGR : Es el límite superior del valor de salida

UGR : Es el valor inferior del valor de salida

La señal de 4 - 20ma es escalada entre los rangos mostrados. Por ejemplo en el segmento 7 , OGR = + 3000 indica que el margen superior es de 300 , por lo tanto la entrada es escalada dentro de 0 - 300Amp.

XA : Es el valor de salida digitalizada y para el caso del programa se depositan en las palabras de datos DW0 , DW3, DW4 y DW5 respectivamente.

BU : Es un bit de error que es un " 1 " con rotura de señal de 4-20ma.

FB : Es un " 1 " cuando se sobrepasan los márgenes.

EINZ : Es irrelevante . Se colocó la marca M10.0

Módulos de datos

DB0 : Este módulo es reservado por el sistema operativo.

DB1 : Este módulo está programado para parametrizar funciones internas y se evalúa cada vez que se arranca el PLC.

Parametra los módulos de procesamiento analógico y de intercambio de datos vía SINEC L1 y ajusta las características del sistema. La programación tiene parámetros prefijados para cada función.

DB1 : Identificador de comienzo

SL1 : SINEC L1 = bloque de parámetros para conexión a red.

CLP : *Clock Parameter* = bloque de parámetros para reloj integrado

SDP : *System Dependent Parameter* = bloque de parámetros para características del sistema; la vigilancia del tiempo está prefijada a 500ms.

ERT : *Error Return* = dirección para código de error

END : Identificador de fin

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL DB1

```

000: KC = ` DB1 OBA: AI O ; OBI :           ;
012: KC = ` ; OBC : CAP N CBP           ;
024: KC = ` N ;# SL1 : SLN 1 SF         ;
036: KC = ` DB2 DW0 EF DB3 DW0         ;
048: KC = ` KBE MB100 KBS MB1         ;
060: KC = ` 01 PGN 1 ;#SDP : N         ;
072 : KC = ` T 128 PBUS N ; TFB : OB13   ;
084: KC = ` ● ;#CLP : STW MW102         ;
096: KC = ` CLK DB5 DW0                 ;
108: KC = ` SET 3 01.10.91 12:00:00     ;
120: KC = ` OHS 000000:00:00           ;
132: KC = ` TIS 3 01.10. 12:00:00     ;
144: KC = ` STP Y SAV Y CF 00 ;         ;
156: KC = ` #END                         ;

```

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL DB10

00:	KF = +00000 ;	Corriente del motor
01:	KF = +00050 ;	
02:	KF = +00500 ;	Umbral superior de corriente
03:	KF = +00614 ;	Temperatura de bobina 1
04:	KF = +00467 ;	Temperatura de bobina 2
05:	KF = +00452 ;	Temperatura de bobina 3
06:	KF = +00900 ;	Umbral de temperatura

07: KT = 400.0 ; Temp. TIMER1 (TDR1 - 4S)
 08: KT = 100.0 ; Temp. TIMER2 (TDR2 - 1S)
 09: KT = 400.0 ; Temp. TIMER3 (TDR3 - 4S)
 10: KT = 345.1 ; Temp. T >100A (TDR5 - 35S)
 11: KT = 500.1 ; Temp. T >150A (TDR6 - 50S)

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL DB56

000: KC = ' TIMER TDR1 : ' ; Mensaje TDR1 en TD390
 007: C = ' T ' ;
 008: KT = ' 400.0 ;
 009: C = ' por default : 4 seg ' ;
 020: KC = ' TIMER TDR2 : ' ; Mensaje TDR2 en TD390
 027: C = ' T ' ;
 028: KT = ' 100.0 ;
 029: C = ' por default : 1 seg ' ;
 040: KC = ' TIMER TDR3 : ' ; Mensaje TDR3 en TD390
 047: C = ' T ' ;
 048: KT = ' 400.0 ;
 049: C = ' por default : 4 seg ' ;
 060: KC = ' TIMER T100 : ' ;
 067: C = ' T ' ;
 068: KT = ' 345.1 ;
 069: C = ' tiempo I > 100 A ' ;
 080: KC = ' TIMER T150 : ' ;
 087: C = ' T ' ;
 088: KT = ' 500.1 ;
 089: C = ' tiempo I > 150 A ' ;
 100: KC = ' TIMER PSW9 : ' ;
 107: C = ' T ' ;
 068: KT = ' 000.0 ;
 109: C = ' tiempo de seguridad ' ;

PROGRAMACIÓN EN AWL DEL DB57

000: KC = ' I : ' ; Mensaje corriente TD390
 004: C = ' F ' ;
 005: KY = 000, 001 ;
 006: KF = +00000 ;
 007: KC = ' A ' ;
 008: C = ' Corriente motor ' ;
 020: KC = ' RTD 1 : ' ; Mensaje temp. RTD1 TD390
 025: C = ' F ' ;

026: KY= 000.001 ;
027: KF = + 00614 ;
028 KC = ° C ° ;
029: C = ° Temperatura Bobina 1 ° ;
040 KC = ° RTD 2 : ° ; Mensaje temp. RTD2 TD390
045 C = ° F ° ;
046: KY= 000.001 ;
047: KF = + 00467 ;
028 KC = ° C ° ;
029: C = ° Temperatura Bobina 1 ° ;
040 KC = ° RTD 2 : ° ; Mensaje temp. RTD2 TD390
045 C = ° F ° ;
046: KY= 000.001 ;
047: KF = + 00467 ;
048 KC = ° C ° ;
049: C = ° Temperatura Bobina 2 ° ;
060 KC = ° RTD 3 : ° ; Mensaje temp. RTD3 TD390
065 C = ° F ° ;
066: KY= 000.001 ;
067: KF = + 00452 ;
048 KC = ° C ° ;
049: C = ° Temperatura Bobina 2 ° ;
060 KC = ° RTD 3 : ° ; Mensaje temp. RTD3 TD390
065 C = ° F ° ;
066: KY= 000.001 ;
067: KF = + 00452 ;
068 KC = ° C ° ;
049: C = ° Temperatura Bobina 3 ° ;
080 KC = ° CORRIENTE ° : ° ; Mensaje corriente cambio 2da etapa
085 C = ° F ° ;
086: KY= 000.001 ;
087: KF = + 00500 ;
088 KC = ° A ° ;
089: C = ° para cambio 2 etapa ° ;
100 KC = ° SETPOINT : ° ; Mensaje temperatura máxima
105 C = ° F ° ;
106: KY= 000.001 ;
107: KF = + 00900 ;
108 KC = ° C ° ;
109: C = ° Máxima temperatura

ANEXO C

DESCRIPCION TECNICA DEL PLC

2 Descripción técnica

En este capítulo se describe la configuración y el funcionamiento del S5-100U con accesorios.

2.1 Configuración del AG

El S5-100U es un autómata programable de la serie SIMATIC S5. Se compone de diferentes unidades funcionales (módulos) combinables según la tarea a resolver.

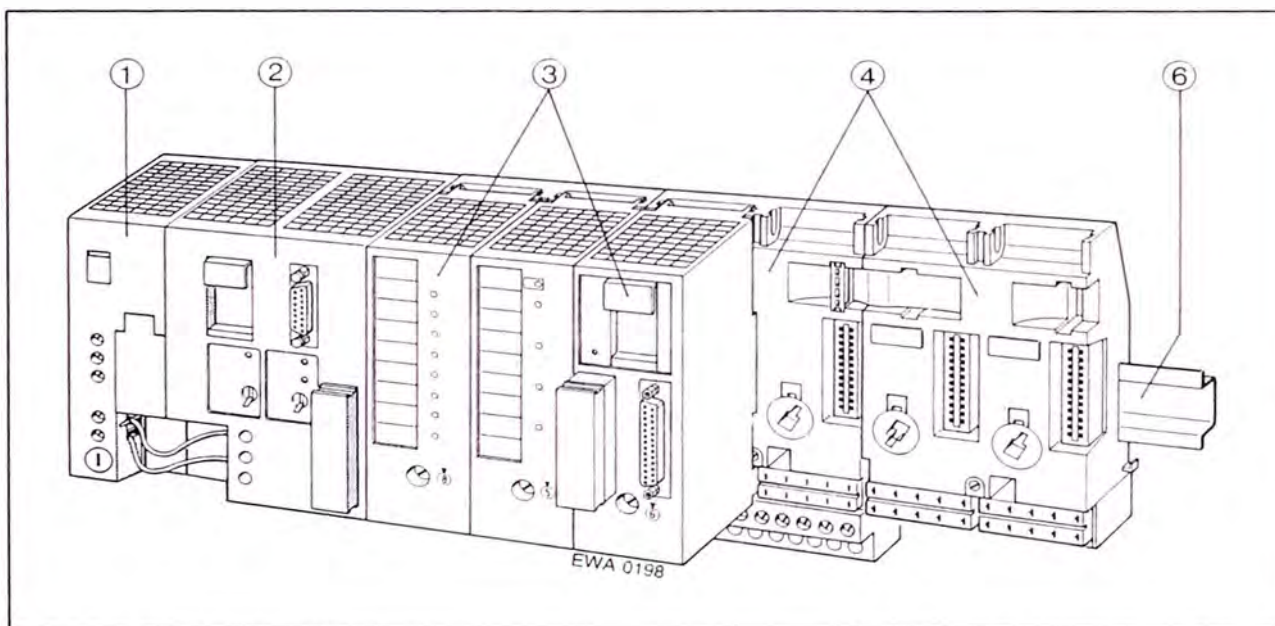


Figura 2.1 Autómata programable S5-100U

① Fuente de alimentación (PS 930)

Para operar con la red; se necesita cuando no se dispone de 24 V c.c. para alimentar la CPU.

② Unidad central (CPU)

Ejecuta el programa de mando. Cuando falla la alimentación, una batería tampón alojada en (9) protege el contenido de la memoria.

El programa de mando puede almacenarse también en un cartucho de memoria (7).

La CPU tiene un canal (conector) serie (8) en el que se conecta un aparato de programación, un aparato de operación o la red local SINEC L1.

③ Módulos periféricos

Permiten el intercambio de información entre la CPU y la periferia del proceso (emisores de señal, actuadores, convertidores de medida, etc.).

- Módulos digitales de entrada y salida (con 4, 8 ó 16/16 canales)
Adecuados para tareas de mando sencillas en las cuales solo aparecen los estados de señal "0" y "1".
- Módulos analógicos de entrada y salida
Permiten detectar y enerar magnitudes variables (corrientes, tensiones).
- Módulo de temporizadores
Permite ajustar temporizaciones sin modificar el programa.
- Módulo de contadores
Este módulo permite contar impulsos de hasta 500Hz de frecuencia. Es posible ajustar valores de preselección sin necesidad de modificar el programa.
- Módulo de contador rápido / lectura de recorrido
El contador rápido puede usarse para captar impulsos de alta frecuencia (25/500kHz) y para la lectura de recorrido para tareas de posicionamiento.
- Módulo de comparadores
Permite vigilar si se sobrepasa un límite ajustado (corriente y tensión).
- Módulo simulador
Permite generar señales digitales de entrada y visualizar señales digitales de salida.
- Módulo de diagnóstico
Permite controlar el funcionamiento del bus periférico.
- Procesador de comunicaciones (CP)
Permite listar mensajes con fecha y hora a través de una impresora así como establecer el acoplamiento con sistemas externos.
- Módulos inteligentes (IP)
Para tareas especiales, p. ej. regulaciones de temperatura, posicionamiento, etc., se dispone de módulos preprocesadores de señal.

④ Elementos de bus con bloques de conexión (tipo pinza o tornillo SIGUT).

Unen la CPU con los módulos periféricos. En cada elemento de bus es posible enchufar dos módulos periféricos.

⑤ Interfases (IM)

Permiten configurar el autómata en varias filas.

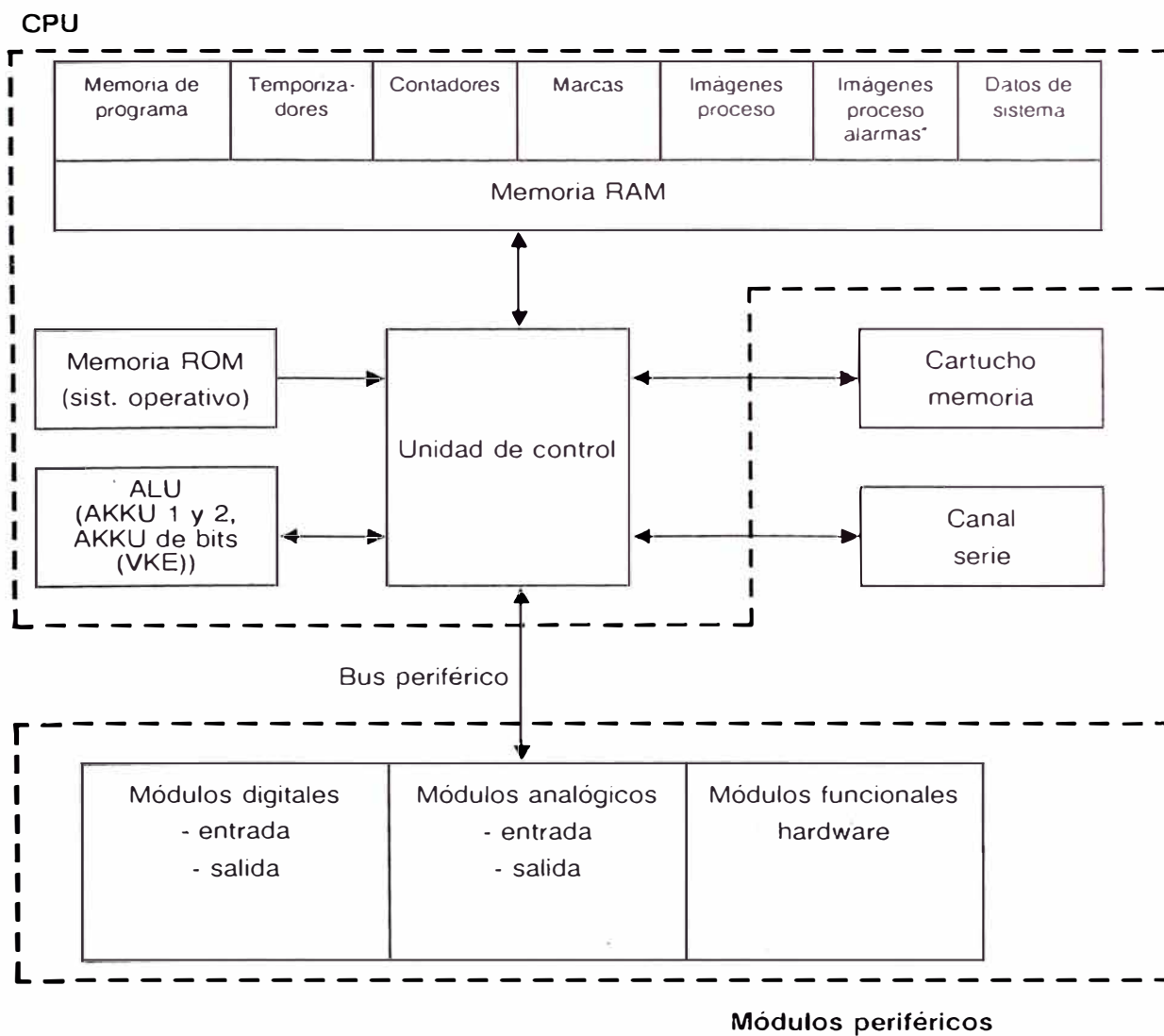
⑥ Carril normalizado

Sobre él se monta el autómata.

2.2 Funcionamiento del autómata

En este apartado se describe cómo el autómata ejecuta el programa de mando.

2.2.1 Unidades funcionales



* a partir de la CPU 103, (6ES5 103-8MA02)

Figura 2.2 Unidades funcionales del S5-100U

Memoria de programa (EPROM/EEPROM)

Para conservar fuera del autómata un programa a prueba de fallos de alimentación, es necesario transferirlo a un cartucho de memoria EPROM o EEPROM (→ apt. 4.4).

Los programas grabados en un cartucho de memoria (EPROM o EEPROM) pueden copiarse en la memoria interna de programa (→ apt. 4.3). Esta memoria interna de programa es un área reservada de la memoria RAM interna de la CPU.

La memoria RAM interna tiene las siguientes características:

- Su contenido puede modificarse rápidamente.
- Si falla la alimentación y no hay batería tampón, se pierde su contenido.

Sistema operativo (Memoria ROM)

El sistema operativo incluye programas de sistema que fijan la ejecución del programa de usuario, la gestión de entradas y salidas, el reparto de la memoria, la gestión de datos, y similares.

El sistema operativo es fijo y no puede modificarse.

Imágenes de proceso (PAE, PAA)

Los estados de señal de los módulos de entrada y salida se depositan en la CPU dentro de las denominadas "Imágenes de proceso". Se trata de zonas reservadas en la memoria RAM de la CPU.

Para módulos de entrada y salida existen imágenes separadas:

- la imagen de proceso de las entradas (PAE) y
- la imagen de proceso de las salidas (PAA).

Conector del canal serie de comunicación

En él se enchufan los aparatos de programación y de operación y observación. Ambos AGs pueden conectarse también a través de él a la red local SINEC L1 (en calidad de esclavo).

Temporizadores, contadores y marcas

La CPU ofrece internamente temporizadores, contadores y marcas (posiciones de memoria para almacenar estados de señal) direccionables a través del programa de mando.

Los temporizadores y contadores pueden cargarse, borrarse, arrancarse y pararse desde el programa. Los valores de tiempo (temporización) y de contaje (valor de contador) se almacenan en zonas reservadas de la memoria RAM.

Otra zona de la memoria RAM permite almacenar informaciones - p. ej. resultados intermedios - en calidad de marcas. Las marcas pueden direccionarse bit a bit, byte a byte o palabra a palabra.

Si está colocada la batería tampón, entonces algunas marcas y estados de contadores contenidos en la memoria RAM interna se mantienen incluso aunque falle la tensión de alimentación o se desconecta el AG. En este caso hablamos de marcas y contadores remanentes; es decir, no volátiles.

La tabla siguiente informa de la cantidad de marcas, contadores y temporizadores remanentes y no remanentes (se mantiene/no se mantiene su contenido al desconectar la alimentación).

Tabla 2.1 Operandos remanentes y no remanentes

Operando	remanente	no remanente		
	CPU 100 ... 103	CPU 100	CPU 102	CPU 103
Marcas	0.0 ... 63.7	64.0 ... 127.7		64.0 ... 255.7
Contadores	0 ... 7	8 ... 15	8 ... 31	8 ... 127
Temporiz.	—	0 ... 15	0 ... 31	0 ... 127

Unidad aritmética y lógica (ALU)

La unidad aritmética y lógica se compone de dos acumuladores. AKKU 1 y 2, que procesan las operaciones por bytes y por palabras.

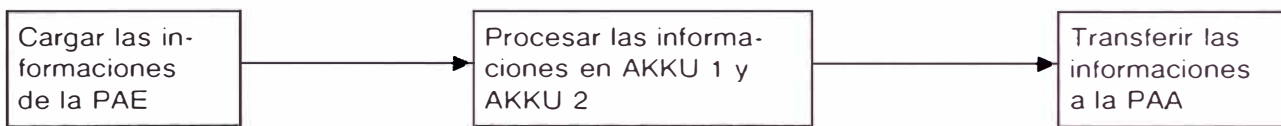


Figura 2.3 Ejemplo de funcionamiento de la unidad aritmética y lógica

Estructura de los acumuladores



Figura 2.4 Estructura de los acumuladores

Unidad de control (procesador)

Siguiendo el programa, llama sucesivamente las instrucciones contenidas en la memoria de programa, y las ejecuta. Para ello se procesan las informaciones contenidas en la PAE y se consideran los valores de los temporizadores y contadores internos así como los estados de señal de las marcas internas.

Bus periférico externo

El bus periférico externo constituye la vía eléctrica por la que se intercambian todas las señales la CPU y los módulos S5-100U dentro de una CPU.

2.2.2 Funcionamiento del bus periférico

Para transferir datos entre la CPU y los módulos periféricos el autómata S5-100U tiene un bus serie con las siguientes características:

- se estructura modular permite una exacta adaptación a cualquier tarea de mando
- no es necesario ajustar direcciones en los módulos periféricos
- no es necesario ningún conector terminador
- no es posible acceder directamente a la periferia (puntualmente a un módulo).

La transmisión de datos se realiza a través de una cadena de registros de desplazamiento (→ fig. 2.5).

Cada puesto de enchufe de un elemento de bus tiene asignados cuatro bits de datos y un bit de verificación (para vigilar la transmisión por el bus). Todos los módulos que precisen más de 4 bits de datos tienen un registro de desplazamiento propio, que sustituye al registro de desplazamiento del puesto de enchufe.

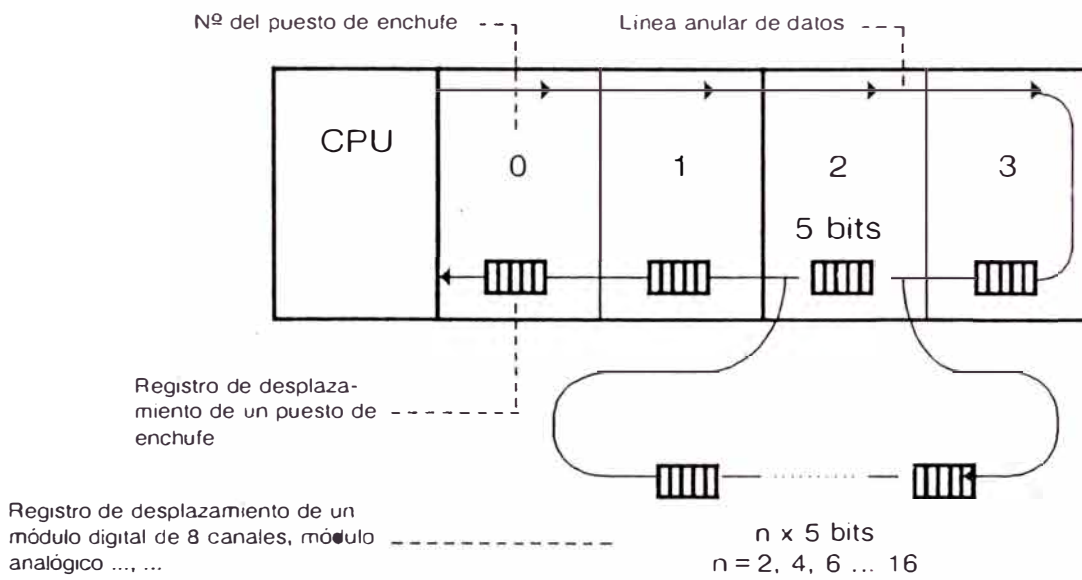


Figura 2.5 Estructura del bus periférico

Ciclo de datos

Antes de cada ejecución del programa el bus periférico externo "transporta" a la PAE los datos actuales de los módulos de entrada. Simultáneamente se pasan a los módulos de salida los datos contenidos en la PAA.

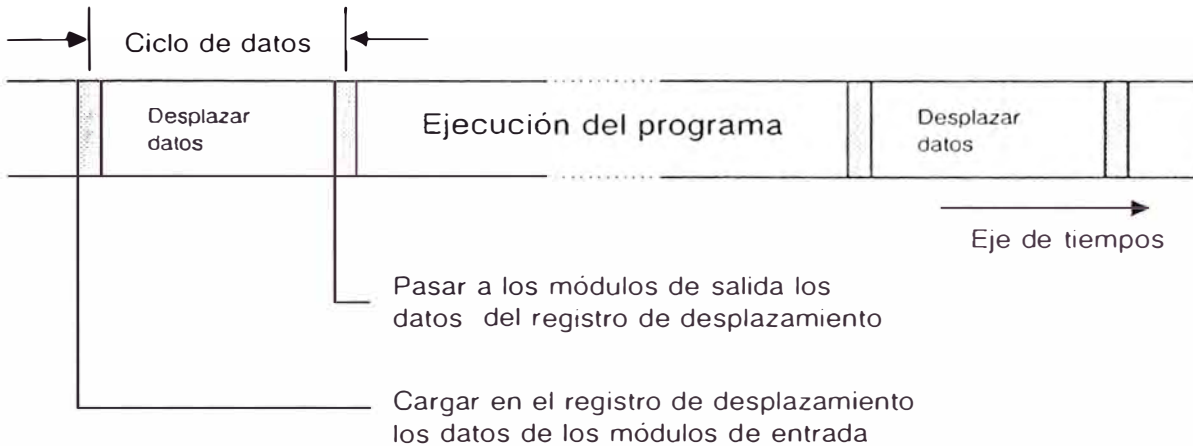


Figura 2.6 Ciclo de datos

Ciclo de datos de alarmas (a partir de la CPU 103, 6ES5 103-8MA02)

Antes de cada ejecución del programa controlada por tiempo o alarmas tiene lugar un ciclo de datos de entrada de alarmas.

Antes de la ejecución controlada por tiempo las informaciones actuales de los módulos de entrada se cargan en la PAE de alarmas. Antes de la ejecución controlada por alarmas solo se carga en la PAE de alarmas el estado de las entradas de alarmas de los puestos 0 y 1.

Tras una ejecución controlada por tiempo o alarmas, un ciclo de datos de salida de alarmas solo acontece si se haya escrito en la PAA de alarmas utilizando una operación de transferencia (→ apt. 8.1.3).

Durante el ciclo de datos de salida de alarmas se pasan a los módulos de salida las informaciones procedentes de la PAA de alarmas. Se actualiza correspondientemente la PAA.

Longitud del registro de desplazamiento

La longitud total se calcula como la suma de los bits de datos de todos los módulos enchufados y de todos los puestos vacíos. No se cuenta el bit de verificación.

La longitud del registro de desplazamiento es necesaria para determinar el tiempo de ciclo de datos; este vale $25 \mu\text{s} \times \text{cantidad de bits de datos}$.

Tabla 2.2 Aportación de los diferentes módulos al registro de desplazamiento

Módulo enchufado	Cantidad de bits de datos
Módulo de diagnóstico o puesto vacío	4
Módulos de entrada/salida digitales, 4 canales	4
Módulos de comparadores, de temporizadores, de contadores 500Hz	4
Módulo de contadores 25 kHz	32
Módulos de entrada/salida digitales, 8 canales	8
Módulo de entrada/salida digital 16E/16A	16
Módulo simulador	8
Módulos analógicos, por cada canal conectado	16*
CP 521, IP 262, IP 266, IP 267 (restantes módulos, véase manuales propios)	64

* no válido para el módulo de entrada analógica 466-8MC11 (tiene 8 bits de datos)

La longitud máxima del registro de desplazamiento de una configuración depende del tipo de CPU.

- CPU 100: 256 bits de datos, de ellos máx. 128 de módulos analógicos
- CPU 102: 480 bits de datos, de ellos máx. 256 de módulos analógicos
- CPU 103: 704 bits de datos, de ellos máx. 512 de módulos analógicos

Nota

Si se sobrepasa el límite de expansibilidad, el AG pasa al estado STOP.
En el USTACK se activa el bit "PEU" (periferia no dispuesta).

La figura 6.7 muestra una configuración posible del autómata y el almacenamiento de informaciones en las imágenes de proceso.

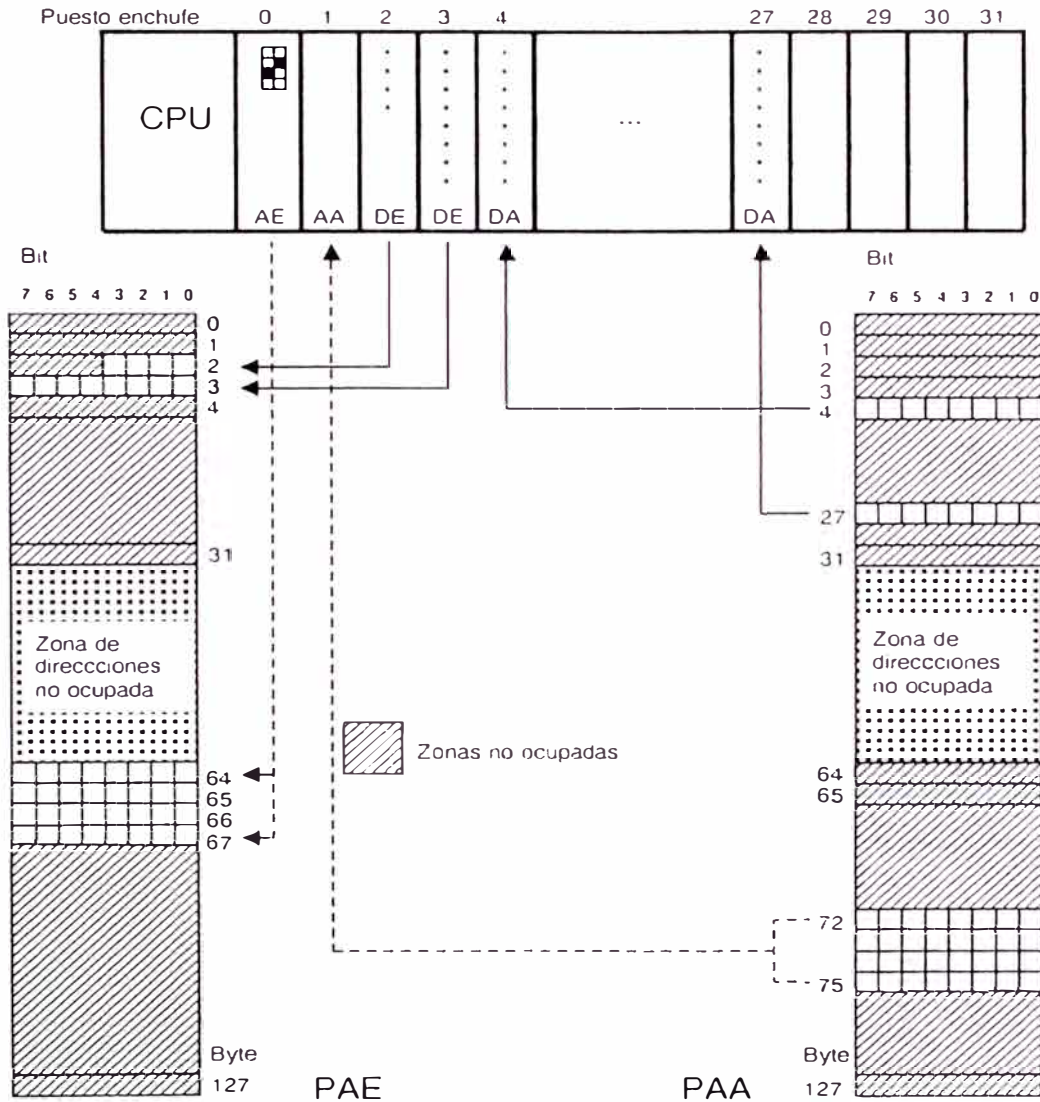


Figura 6.7 Correspondencia entre las imágenes de proceso y los módulos periféricos

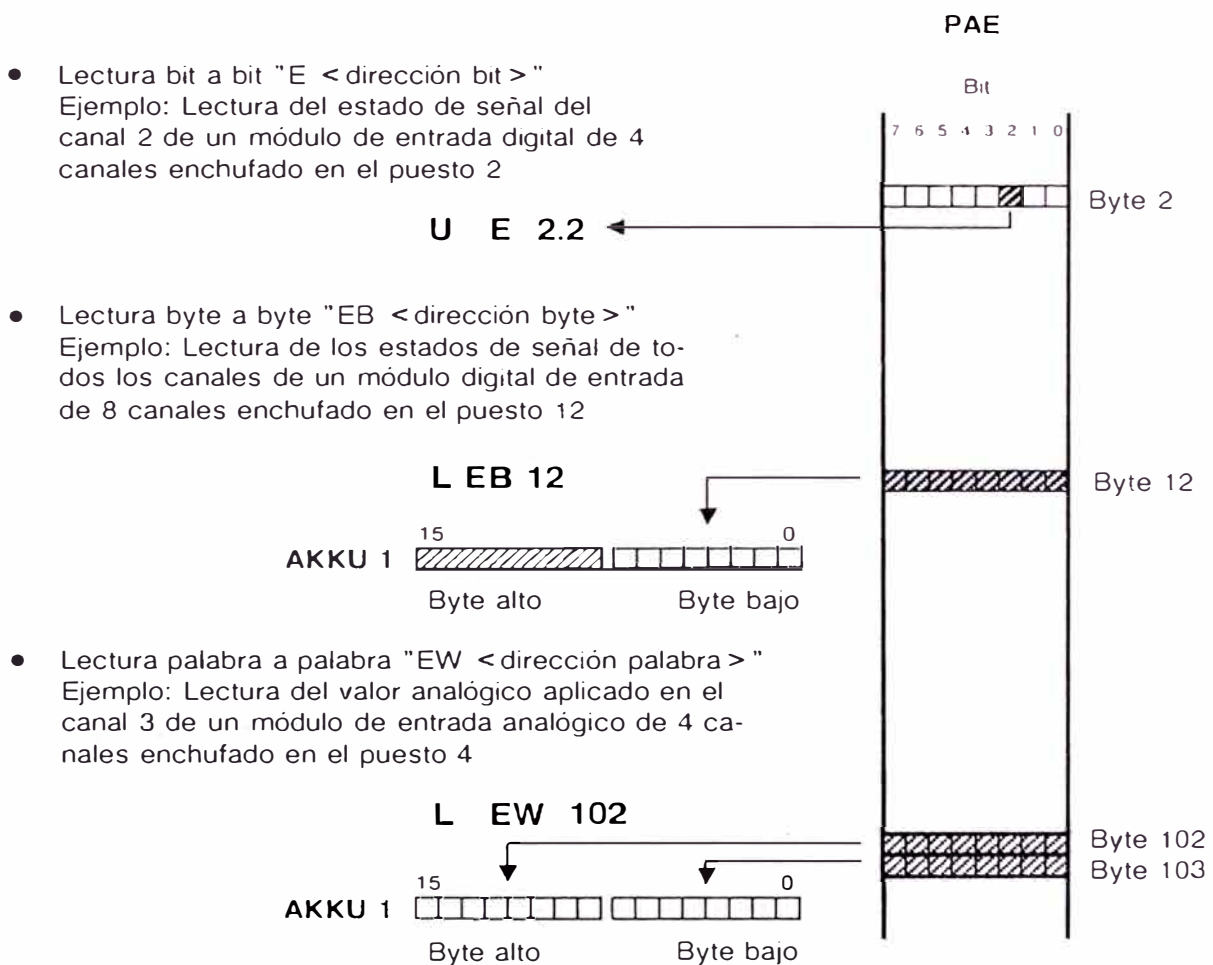
6.5.1 Acceso a la PAE

Durante un ciclo de datos se cargan en la imagen de proceso de las entradas (PAE) los datos procedentes de los módulos de entrada (→ apt. 2.2.2; palabra clave: "Ciclo de datos").

Con ello quedan dispuestos para su procesamiento por parte del programa de mando.

El acceso a la PAE se marca en una instrucción del programa de mando usando los identificadores de operando "E", "EB" o "EW".

La letra "L" caracteriza la operación "Cargar" (→ cap. 8); la letra "U" la operación "Combinación Y" (→ cap. 8).



 se pone siempre a "0"

Figura 6.8 Accesos posibles a la imagen de proceso de las entradas

6.5.2 Acceso a la PAA

Los datos que el programa de mando quiere enviar a los módulos de salida se escriben durante un ciclo de programa en la imagen de proceso de las salidas. Durante el siguiente ciclo de datos dichas informaciones se transfieren a los módulos de salida.

El acceso a la PAA se marca en una instrucción del programa de mando mediante los identificadores de operando "A", "AB"o "AW".

La letra "T" identifica la operación "Transferir" (→ cap. 8); el carácter "=" asigna un resultado de combinación al operando siguiente (→ cap. 8).

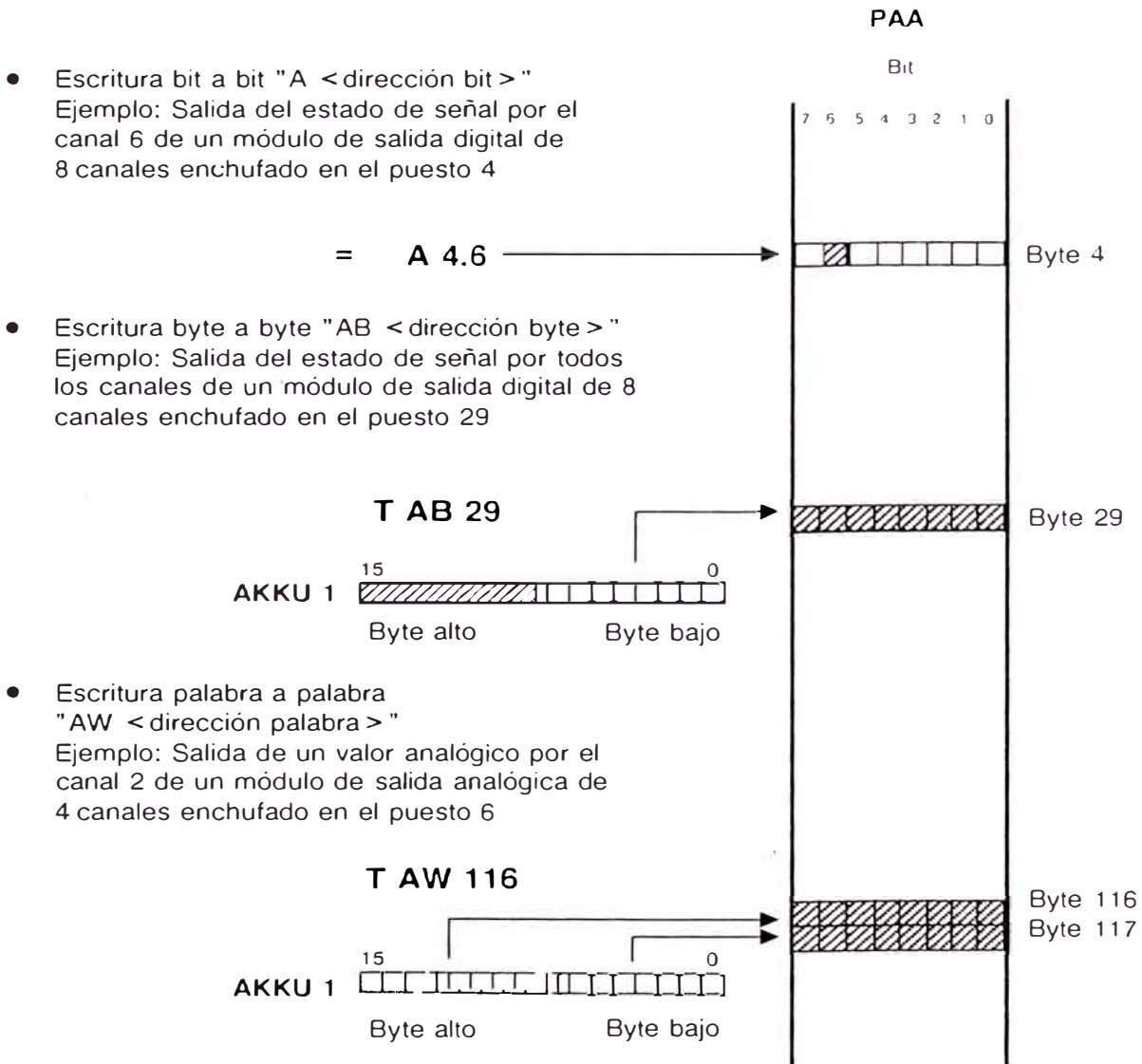


Figura 6.9 Accesos posibles a la imagen de proceso de las salidas

6.7 Ocupación de direcciones en la memoria RAM

Las tablas siguientes muestran la ocupación - es decir, el mapa - de la memoria RAM de las tres CPUs (en hexadecimal).

Tabla 6.5 Direcciones importantes en la memoria RAM

CPU	100	102*	103
Memoria de programa	EE00 ... FFFF	D000 ... DFFF	8000 ... CFFF
Cartucho de memoria	C000 ... DFFF	4000 ... 5FFF	0000 ... 7FFF
PAE digital	E400 ... E41F	EF00 ... EF1F	EF00 ... EF1F
PAE analógica	E440 ... E47F	EF40 ... EF7F	EF40 ... EF7F
PAA digital	E480 ... E49F	EF80 ... EF9F	EF80 ... EF9F
PAA analógica	E4C0 ... E4FF	EFC0 ... EFFF	EFC0 ... EFFF
Temporizadores	E280 ... E29F	EC00 ... EC39	EC00 ... ECFF
Contadores remanentes	E2A0 ... E2AF	ED00 ... ED0F	ED00 ... ED0F
Contad. no remanentes	E2B0 ... E2BF	ED10 ... ED3F	ED10 ... ED3F
Marcas remanentes	E300 ... E33F	EE00 ... EE3F	EE00 ... EE3F
Marcas o remanentes	E340 ... E37F	EE40 ... EE7F	EE40 ... EEFF
Lista direcciones de módulos			
OB	E080 ... E0FF	FC80 ... FCFF	DC00 ... DFFF
FB	E100 ... E17F	FD00 ... FEFF	DE00 ... DFFF
PB	E180 ... E1FF	FF00 ... FF7F	E000 ... E1FF
SB	----	----	E200 ... E3FF
DB	E200 ... E27F	FF80 ... FFFF	E400 ... E5FF
Datos de sistema	EA00 ... EBFF	EA00 ... EBFF	EA00 ... EBFF

* Memoria de programa, lista de direcciones de módulos solo en el modo de prueba

ANEXO D

INFORMACION TECNICA DE EQUIPOS

- D.1 Catálogos
- D.2 Características eléctricas del motor
- D.3 Elementos del control original



PHASE BALANCE RELAY

BE4-47N
BE4-47N/27

APPLICATION

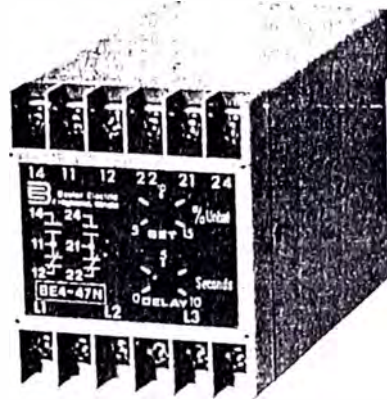
The BE4-47N will detect reverse phase connection of lines, transformers, motors, generators, and synchronous condensers. The BE4-47N will protect polyphase ac machinery by preventing the start of the protected machine for open phase or reverse phase sequence conditions. The BE4-47N will trip for phase unbalance conditions. The BE4-47N/27 Phase Balance and Undervoltage Relay will also trip on undervoltage.

The BE4-47N is recommended for all important busses supplying motor loads.

The BE4-47N can be used to supervise automatic transfer schemes to prevent closing on an open phase, reverse phase sequence, phase unbalance, and undervoltage conditions.

A time delay is utilized to prevent a shutdown for voltage dips and to permit sequential operation.

The BE4 Series Relays are back-of-panel mounted. They install in seconds with standard hardware, or snap onto standard DIN rail.



BE4-25
Sync-Check

BE4-27
BE4-59
BE4-27/59
Voltage

BE4-27T
BE4-59T
Voltage with Time
Delay

BE4-32
Reverse Power

BE4-37
BE4-51
BE4-37/51
Current

BE4-47
Phase Sequence



BE4-49R
Temperature
(3 RTD)

BE4-49R
Temperature
(6 RTD)

BE4-49T
Thermocouple
Temperature

BE4-74S
Millivolt
Sensing Alarm

BE4-74T
Milliamp
Sensing Alarm

BE4-81 U
BE4-81 O
BE4-81 O/U
Frequency

HOW TO ORDER:

Designate the Model Number followed by the complete Style Number:

BE4-47N Style Number

BE4-47N/27 Style Number

Complete the Style Number by selecting one feature from each column of the Style Identification Chart and entering its designation, letter or number, in the appropriate square.

Note: The description of a complete relay must include both Model Number and Style Number.

For UL and CSA on selected styles, see bulletin UFX.

STYLE IDENTIFICATION CHART

<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> 2
SENSING TYPE	NOMINAL INPUT	FREQUENCY	EXT. PWR.	OUTPUT TYPE
3 - Three Phase	A - 120V B - 240V C - 380V D - 480V *S - Special Voltage	3 - 50 Hz 4 - 60 Hz	N - None	2 - De-energize to trip

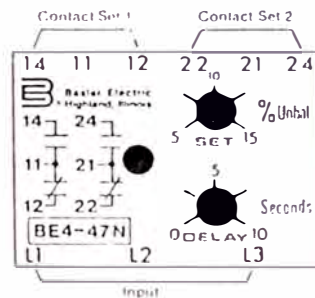
*For other voltage applications, contact the factory

Example Style Number 3A4N2 has the following characteristics: Three phase (3) 120 volt (A), 60 Hertz (4) input and will not energize with improper phase sequence or unbalance, and will de-energize for an unbalance or phase loss (2).

PHASE BALANCE RELAY

BE4-47N
BE4-47N/27

RELAY CASE CONNECTIONS



Note: Relay contacts are shown in the de-energized state.

SPECIFICATIONS

Input

Voltage: 120V, 240V, 380V or 480V, 3-phase
Frequency: 50 Hz or 60 Hz
Burden: 3VA
Withstand: 1.2 times continuously
1.5 times for 10 seconds

Setpoint

Unbalance: Adjustable 5 - 15%
Time Delay: 0.4 to 10 seconds
Undervoltage Setpoint: 85% of nominal
(BE 4-47N/27 only)

Output Relay

Type: D.P.D.T.
Rating: AC - 240V, 5A non-inductive
Mechanical Life: One million operations
Reset: Automatic

General

Dielectric Test: 2 KV RMS for 1 min. per IEC 414
Surge Withstand: IEEE 472-1974
Operating Temperature: 0°C to +40°C •
Storage Temperature: -20°C to +70°C
Case Size: TM2 (See Bulletin UFX for dimensions)
Weight: 0.88 lbs. (0.4 kg)

* 0° to +60°C operating temperature is available on standard product without UL and CSA.

THEORY OF OPERATION

The BE4-47N and BE4-47N/27 will energize the output relay if the correct sequence and phase balance exists. If an unbalanced condition occurs for the duration of the time delay, the output relay will be de-energized. An undervoltage (27) condition will trip the output relay instantly.



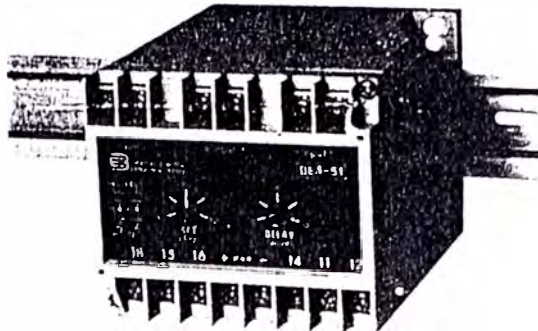
CURRENT RELAYS

BE4-37
BE4-51
BE4-37/51

APPLICATION

The BE4-37 Undercurrent, BE4-51 Time Overcurrent and the BE4-37/51 Under/Overcurrent relays monitor the current in single or three phase systems and operate when the current exceeds a predetermined value. The BE4 current relays provide primary protection on low voltage circuits. These relays can be used in applications including load detection and protection of motors.

The BE4 Series Relays are back-of-panel mounted. They install in seconds with standard hardware, or snap onto standard DIN rail.



BE4-25
Sync-Check

BE4-27
BE4-59
BE4-27/59
Voltage

BE4-27T
BE4-59T
Voltage with Time
Delay

BE4-32
Reverse Power

BE4-37
BE4-51
BE4-37/51
Current

BE4-47
Phase Sequence

BE4-47N
BE4-47N/27
Phase Balance

BE4-49R
Temperature
(3 RTD)

BE4-49R
Temperature
(6 RTD)

BE4-49T
Thermocouple
Temperature

BE4-74S
Millivolt
Sensing Alarm

BE4-74T
Milliamp
Sensing Alarm

BE4-81 U
BE4-81 O
BE4-81 O/U
Frequency

HOW TO ORDER:

Designate the Model Number followed by the complete Style Number:

BE4-37 Style Number

BE4-51 Style Number

BE4-37/51 Style Number

Complete the Style Number by selecting one feature from each column of the Style Identification Chart and entering its designation, letter or number, in the appropriate square.

Note: The description of a complete relay must include both Model Number and Style Number.

For UL and CSA on selected styles, see bulletin UFX.

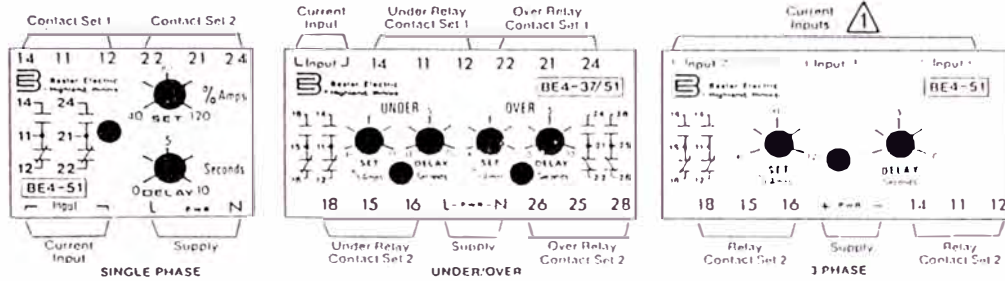
STYLE IDENTIFICATION CHART

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> E	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> 1
SENSING TYPE	NOMINAL INPUT	FREQUENCY	EXT. PWR.	OUTPUT TYPE
1 - Single Phase	E - 5 A (CT)	1 - 50/60 Hz 2 - 400 Hz	A - 120 Vac B - 240 Vac C - 380 Vac D - 480 Vac E - 24 Vdc	1 - Energize to trip
3 - Three Phase Three Wire				

Example Style Number 1E1A1 has the following characteristics: It will sense single phase current (1) from a 5 ampere current, transformer secondary (E) with a frequency of 50/60 Hertz (1). The relay is powered by a 120 Vac source (A) and will energize the output relay to trip (1).

CURRENT RELAYS

RELAY CASE CONNECTIONS



Note: Relay contacts are shown in the de-energized state.

⚠ For Three Phase systems the sequence of connection is unimportant.

SPECIFICATIONS

Input

Current: 5 A (CT)
Frequency: 50/60 Hz
Burden: 0.5 VA per phase
Overloads: 2 times rated continuously
10 times for three seconds

Setpoint

Range: 40% to 120%
Operating Time: Adjustable 0.4 to 10 seconds
Repeatability: 0.5% of full span
Reset Ratio: 99%

Power Supply

VAC: 50/60 Hz, 120, 240, 380, 480 $\pm 10\%$
VDC: 24 $\pm 15\%$
Burden: 4 VA maximum

Output Relay

Type: D.P.D.T.
Rating: AC - 240V, 5A non-inductive
Mechanical Life: One million operations
Reset: Automatic

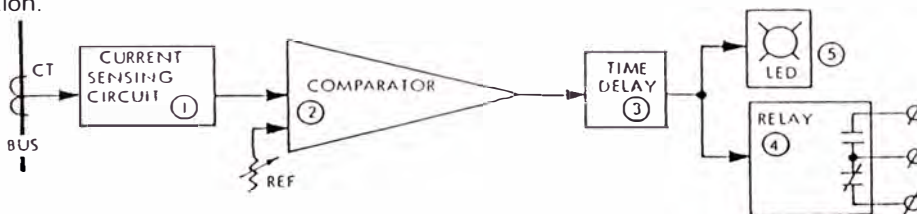
General

Dielectric Test: 2 KV RMS for 1 min. per IEC414
Surge Withstand: IEEE 472-1947
Temperature Coefficient: Less than 0.05% per 1°C of nominal.
Operating Temperature: 0°C to +40°C*
Storage Temperature: -20°C to +70°C
Case Size: 37 Single Phase - TM2
Three Phase - TM3
51 Single Phase - TM2
Three Phase - TM3
37/51 Single Phase - TM3
(See Bulletin UFX for dimensions)
Weight: 1.32 lbs. (0.6 kg) maximum

* 0° to +60°C operating temperature is available on standard product without UL and CSA.

THEORY OF OPERATION

The Basler BE4 Series Current Relays will provide a signal when the current exceeds a predetermined limit for the duration of the desired time delay. The following functional block diagram illustrates the relay operation.



① The current sensing circuit provides a proportional dc voltage to the comparator. ② The proportional voltage is compared to a reference. If this predetermined limit is exceeded, the time delay unit ③ begins timing. If the time delay is exceeded, the amplified signal energizes the output relay ④ and lights a LED indicator ⑤.



Protección parcial contra contactos involuntarios

Grado de protección IP 00 según IEC 529
 Protegido contra contacto con los dedos según DIN VDE 0106, parte 100
 Puesta en servicio y mantenimiento solo por personal cualificado.
 ¡Observar las instrucciones de manejo!

Montaje

Croquis acotados (dimensiones en mm): v. fig. I.
 - fig. Ia conexión por tornillo; - fig. Ib conexión por enchufe plano

1) Distancias mínimas a las partes puestas a tierra

Fijación sobre superficie plana mediante 2 tornillos M5 - par de apriete máximo 6,2 Nm. Siempre utilizar arandela plana y arandela elástica.

Si durante el montaje hay peligro de caída de cuerpos extraños (p. ej. virutas), tapar los contactores. En caso de peligro de ensuciamiento, depósitos apreciables de polvo o atmósfera agresiva, montar los contactores en una caja.

Posiciones de montaje admisibles v. fig. II.

Conexión

Apretar también los tornillos de conexión no utilizados.

Secciones admisibles para el conductor principal

Con borne	se ocupa un lado del borne	se ocupan ambos lados del borne
- v. fig. IIIa		
Flexible, con vaina terminal [mm ²]	6 ... 35 ¹⁾	máx. 2 × 25 ¹⁾
Flexible, sin vaina terminal [mm ²]	10 ... 35 ¹⁾	máx. 2 × 25 ¹⁾
Mono y multifilar [mm ²]	6 ... 50 ¹⁾	máx. 2 × 35 ¹⁾
Cables calibre AWG, multifilares	10 ... 1/0	máx. 2 × 1/0
Longitud a pelar		18 ... 20 mm
Par de apriete		4 ... 6 Nm/36 ... 52 lb·in

¹⁾ según DIN 50 027

²⁾ Si se usan cables no trenzados es preciso retorcer sus extremos o utilizar vainas terminales de 18 mm según DIN 46228, parte 1.

Montaje de los bornes v. fig. IIIb, para ello es preciso desmontar previamente la cámara apagachispas (v. fig. VII/1, 2, 3).

Sin borne

- v. fig. IIIc	
Pueden conectarse 1 o 2 conductores	3TF48
Flexible [mm ²], con terminal recto	10 ... 35
Multifilar [mm ²], con terminal recto	10 ... 50
Barras de conexión	12 × 3
Cables calibre AWG, mono y multifilares	7 ... 1/0
Tornillos de conexión	M6 × 20
Par de apriete	4 ... 7 Nm/ 37 ... 64 lb·in

Secciones admisibles para conductores auxiliares:

Monofilar	2 × 1 ... 2,5 mm ²
Flexible, con vaina terminal	2 × 0,75 ... 1,5 mm ²
Terminal recto según DIN 46231	2 × 1 ... 1,5 mm ²
Terminal tipo faston B2.8	2 × 0,3 ... 1,5 mm ²
Cables calibre AWG, mono y multifilares	2 × 18 ... 12
Longitud a pelar	10 mm
Par de apriete	0,8 ... 1,4 Nm/7 ... 12 lb·in

Esquema y situación de los bornes de conexión, v. fig. IV.

- fig. IVa 2NA + 2NC, - fig. IVb 4NA + 4NC

Operación

Observar la tensión de operación de la bobina (figura en la placa identificadora de la bobina).

El estado de maniobra del contactador puede apreciarse en el indicador correspondiente, v. fig. V.

Tras un cortocircuito comprobar el estado de los contactos principales y la cámara apagachispas.

Reparación

Piezas reemplazables: contactos principales, cámara apagachispas, bobina, bloques de contactos auxiliares.
 Numeros de pedido: v. catálogo NS2.

¡Para garantizar la seguridad operativa de los contactores solo deberán utilizarse repuestos originales!



Tensión eléctrica peligrosa

antes de comenzar el trabajo

¡desconectar el aparato!

Limpieza

Retirar los depósitos de polvo (¡aspirarlos!).

Bloque de contactos auxiliares

Sustitución, v. fig. VI/1, 2, 3; para ampliación véase fig. VI/4, 5, 6.

Cámara apagachispas y contactos principales

Desmontar la cámara apagachispas (fig. VII/1, 2, 3). Comprobar los contactos principales (fig. VII/4), usando un destornillador separar los contactos que estén ligeramente soldados.

Los contactos con apariencia oscurecida o superficie áspera son plenamente funcionales, no retocarlos ni engrasarlos! Sustituir los contactos cuando se haya desgastado tanto el material activo que quede visible el material del soporte (fig. VII/4a).

Sustitución de los contactos, v. fig. VII/5, 6, 7.

Para ello no es preciso desembornar los contactos principales. Comprobar la cámara apagachispas; dado el caso sustituirla.

Si se quita la cámara apagachispas, el contactador queda mecánicamente enclavado. Entonces es inadmisibles excitar la bobina.

Bobina

Sustitución, v. fig. VIII.

¡Atender a que estén limpias las superficies polares; para limpiar no utilizar productos disolventes de grasas, y no rascar con objetos agudos!

Datos técnicos

Peso aprox. 2,3 kg

Temperatura ambiente admisible
 - operación - 25 ... + 55 °C
 - almacenamiento - 50 ... + 80 °C

Circuito principal

Tensión nominal de aislamiento U_i AC 1000 V

Potencia nominal

	AC-3 3TF48
con - 230/220 V	kW 22
- 240 V	kW 24
- 400/380 V	kW 37
- 415 V	kW 42
- 500 V	kW 50
- 690/660 V	kW 67
- 1000 V	kW 39

Intensidad nominal de servicio 3TF48

- I _e /AC-1 (55 °C)	hasta 690 V	A 100
- I _e /AC-3	hasta 500 V	A 75
- I _e /AC-3	con 690 V	A 75

Protección contra cortocircuitos
 DIN VDE 0660, parte 102/IEC 292/1

Cartuchos fusibles, gL (gG)
 3TF48

- a (tipo 1)	A 250
- c (tipo 2)	A 160
- sin soldadura I _k < 100 × I _e	A 100
- sin soldadura I _k ≥ 100 × I _e	A 125

Circuito auxiliar

Intensidad nom. de servicio I_e/AC-11 5,6 A con AC 230 V

Protección contra cortocircuitos:

- cartuchos fusibles	NEQZED y DIAZED gL (gG), 16 A
- interruptor automático	C, 10 A B, 16 A

Para más datos y accesorios, v. catálogo NS2; conexión de economía c. c., v. instrucciones de servicio 3ZX1012-0TF36-1AA1.

SIEMENS

The Latest
Developments
in SIMATIC

TD 390 Text Display for SIMATIC S5 Its Job: Display Its Speciality: Operator Control

The days when a text display only displayed text are over – the new TD 390 proves it! This compact text display for SIMATIC® S5 provides a limited set of functions for operator control tasks such as modification of process variables. The extremely low price makes the TD 390 an economical option for low-end operator control and process monitoring applications.

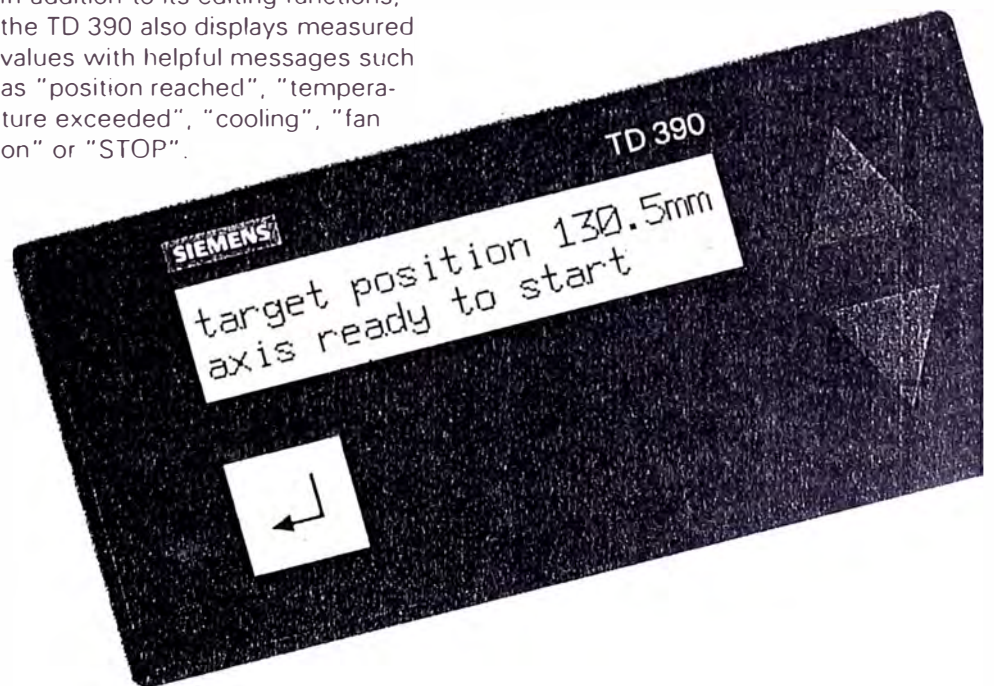
The display is highly legible in all light conditions. And the benefits also include simple installation, for the TD 390 does not require an additional frame for mounting.

TD 390: puts you in control!

The extra functions on the TD 390 allow you to display and modify up to 24 timers and counters as well as 24 process variables with text. Suppose you are using an IP 262, for example. You can use the TD 390 to change parameters such as setpoints. If you want to raise the heating temperature from 180 to 200 °C, no problem! Just enter the value on the TD 390. And the TD 390 will even allow you to change positional values in low-end handling tasks or use different counting values in counting applications.

You can store a total of 120 texts for display with or without variables. The TD 390 keeps you right up-to-date with a clock and timed interrupts; you can adjust the times, display the operating hours and reset the counter.

In addition to its editing functions, the TD 390 also displays measured values with helpful messages such as "position reached", "temperature exceeded", "cooling", "fan on" or "STOP".



Technical specifications

Display	Back-lit LCD 2 lines/20 characters
Font size	5 mm
Power supply	24 V; 120 mA external
Ambient temperature	0 to 60 °C
Transport and storage temperature	-40 to +70 °C
Degree of protection	IP 65 front panel
Dimensions (W x H x D) in mm	
• Text display	144 x 72 x 27
• Standard mounting cut-out (W x H)	138 x 68
• Cabinet/control panel thickness	4 mm max.
Weight	0.25 kg

User-friendly: simple installation and direct interface to the programmable controller

You connect the TD 390 directly to the programmable controller via the programmer interface on the CPU. Although it is designed primarily for mini PLCs, the TD 390 is easily interfaced to high-end controllers. It is therefore ideal for combination with any one of the S5-90U, S5-95U, S5-100U, S5-115U, S5-135U or S5-155U programmable controllers.

The TD 390 is also impressive with regard to ease of installation: it can be mounted in a cabinet door or operator panel without an additional frame.

The LCD display has two lines. The texts are displayed either in standard text format on one line with 20 characters or in long text format on two lines with 40 characters. Operator input is via three membrane keys.

The TD 390 is supplied with a 5 m connecting cable for connection to the CPU on the programmable controller and a 5 m power cable for 24 V supply.

Simple configuration and operation

The TD 390 uses data blocks to communicate with the CPU for display and modification of texts, timers and counters. These data blocks are set up and initialized in the programming phase. User-friendliness is one of the main features of the text display and configuring is extremely simple.

Control of the clock time, timed interrupt and operating hours counter is even more straightforward as the TD 390 accesses these functions direct on the CPU.

Siemens AG
Automation Group
Industrial Automation Systems
P.O. Box 4848
D-90327 Nuremberg
Federal Republic of Germany

Subject to change without prior notice

Siemens Aktiengesellschaft

Order No. E80001-V111-A252-X-7600
Printed in the Fed. Rep. of Germany
4111401 59511137200 53 1253

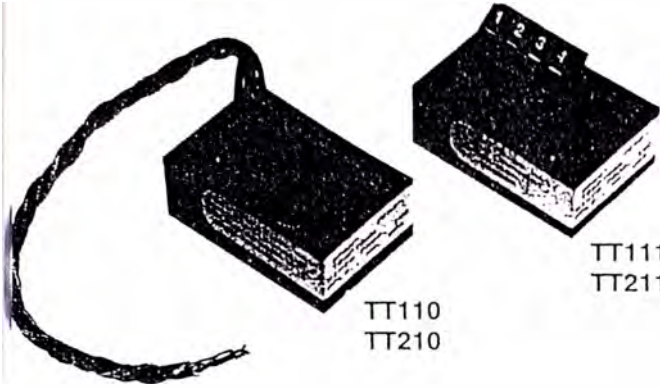


Progress
in Automation.
Siemens

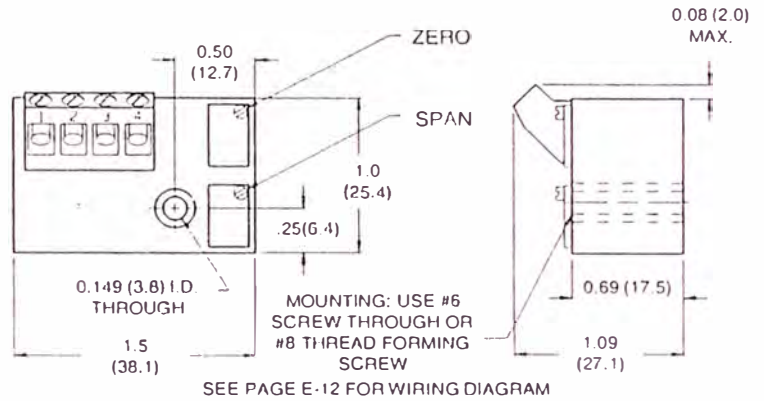


APPROVED
TT210, TT211 only
J.I. 0T5A1.AX
J.I. 5W1A0.AX

Temperature Transmitters



DIMENSIONS ARE IN INCHES (MILLIMETERS)



IN STOCK

Contact Minco for available transmitter ranges

Miniature RTD Transmitters

- Small size, low cost
- Four models:
TT110: Wire leads
TT111: Terminal block
TT210, TT211: Wider ambient rating; FM approved intrinsically safe and nonincendive

Specifications

Output: 4 to 20 mA over specified range, linear with temperature.
Calibration accuracy: ±0.1% of span.
Linearity: Referenced to actual sensor temperature.
Platinum RTD input: ±0.1% of span.
Nickel and nickel-iron RTD input: ±0.25% of span for spans less than 100°C. ±0.25% of span per 100°C of span for spans greater than 100°C.
Adjustments: Zero and span, ±5% of span. Factory set.
Ambient temperature:
TT110, TT111: 0 to 50°C (32 to 122°F).
TT210, TT211: -25 to 85°C (-13 to 185°F).
Storage: -55 to 100°C (-67 to 212°F).
Ambient temperature effects: ±0.013% of span per °C. ±0.025% of span per °C for spans less than 55°C.
Warmup drift: ±0.1% of span max., with $V_{supply} = 24$ VDC and $R_{loop} = 250$ ohms. Stable within 30 minutes.
Supply voltage: 8.5 to 35 VDC. Voltage effect ±0.001% of span per volt. Reverse polarity protected.

RTD input types

2-wire resistance thermometer:

Code	Element	TCR $\Omega/\Omega^\circ\text{C}$	TT110 TT111	TT210 TT211
PA	Platinum, 100 Ω at 0°C	0.00392	•	•
PB	Platinum, 100 Ω at 0°C	0.00391	•	•
PD, PE	Platinum, 100 Ω at 0°C	0.00385	•	•
PF	Platinum, 1000 Ω at 0°C	0.00385	•	•
PW	Platinum, 1000 Ω at 0°C	0.00375	•	•
FB	Nickel-iron, 1000 Ω at 21.1°C (70°F)	0.00527	•	•
FC	Nickel-iron, 2000 Ω at 21.1°C (70°F)	0.00527	•	•
NA	Nickel, 120 Ω at 0°C	0.00672	•	•

Maximum load resistance: The maximum allowable resistance of the signal carrying loop is:

$$R_{loop\ max} = \frac{V_{supply} - 8.5}{0.020\ \text{amps}}$$

Example: With supply voltage 24 VDC, maximum loop resistance is 775 ohms.

Hazardous atmospheres: All models may be used with Minco explosion-proof connection heads. Models TT210 and TT211 are Factory Mutual approved intrinsically safe for Class I, Division 1 areas (requires approved barrier) and nonincendive for use in Class I, Division 2 areas.

Connections:

TT110, TT210: Four AWG 22 leads, 5" (127 mm) long.
TT111, TT211: Terminal block for wires AWG 22 to AWG 14.

Physical: Epoxy potted for moisture resistance.

Weight: 1.1 oz. (30 g).

How to order

Model number: TT110, TT111, TT210, or TT211
RTD element code from table

Temperature range from table on page E-8
Ex: C = 0 to 100°C
(32 to 212°F)

TT111-PD1C - Sample P/N

See page E-12 for special calibration option.

Unidad central CPU 102

(6ES5 102-8MA02)

Datos técnicos

Capacidad de memoria
 - memoria interna RAM 2048 instrucciones
 - cartucho de mem. EPROM/EEPROM

Tiempo de ejecución
 - por cada op. binaria aprox. 7/70 µs
 - por cada op. de pal. aprox. 40/125 µs

Tiempo de vigilancia de ciclo aprox. 350 ms

Marcas 1024; de ellos 512 remanentes

Temporizadores
 Número/margen aprox. 32; 0,01 ... 9990 s

Contadores
 Número/margen 16; de ellos 8 remanentes
 0 ... 999 (cómputo adelante y atrás)

Número máx. total de entradas y salidas digit. máx. 256

Número máx. total de entradas y salidas analóg. máx. 16

Mód. de organización OB1, 21, 22, 34
 Módulos de programa 0 ... 63

Módulos funcionales
 - programables 0 ... 63
 - integrados 240 ... 243, 250, 251

Módulos de paso no

Módulos de datos 2 ... 63

Volumen de órdenes aprox. 60

Fuente de alimentación (Interna)

Tensión de entrada
 - valor nominal 24 V c.c.
 - margen admisible 18 ... 34 V

Consumo tomado de 24 V 1 A

Tensión de salida
 - U 1 (para la periferia) +9 V
 - U 2 (p. ej. para un PG) +5,2 V

Corriente de salida
 - tomado de U 1 ≤ 1 A
 - tomado de U 2 ≤ 0,65 A

Prot. contra cortocircuitos electrónica

Clase de protección clase 1

Separación galvánica no

Batería tampón batería de litio (3,4 V / 850 mAh)

- tiempo en serv. tampón min. 1 año (a 25 °C y servicio ininterrumpido de la unidad central)
- duración aprox. 5 años (a 25 °C)

Temperatura ambiente admisible
 - montaje horizontal 0 ... 60 °C
 - montaje vertical 0 ... 40 °C

Sección de los conductores
 - flexible, con vainas termin. 2 x 0,5 ... 1,5 mm²
 - macizo 2 x 0,5 ... 2,5 mm²

Pérdidas en el módulo tip. 11,4 W

Dimensiones A x A x P (mm) 91,5 x 135 x 120

Peso
 - unidad aprox. 0,65 kg
 - cartucho de mem. aprox. 0,1 kg

14.4 Elementos de bus

Elemento de bus (bornes de tornillo SIGUT)

(6ES5 700-8MA11)

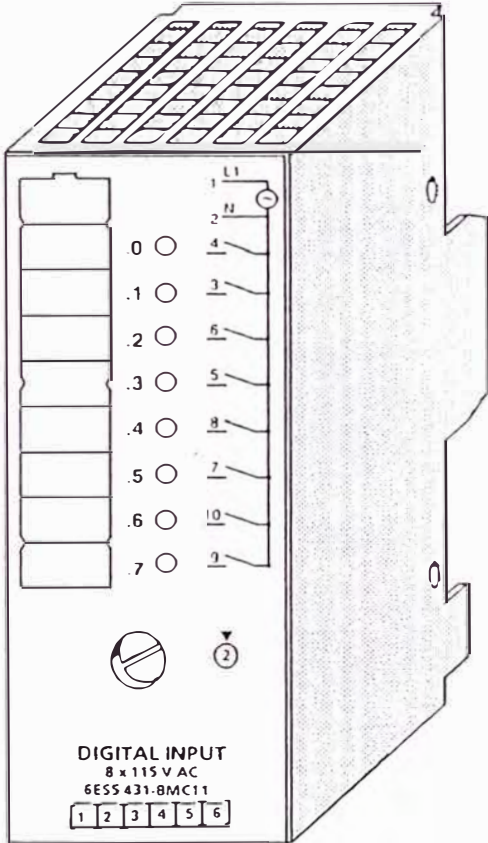
Datos técnicos

Tipo de conexionado en bornes	SIGUT (por tornillo)
Cantidad de elementos enchufables	2
Cantidad de elementos de bus por automática programable	máx. 16
Unión eléctrica entre dos elementos de bus	cable plano
Cantidad de bornes	10
Dimensionado del aislamiento	según VDE 0160
Tensión nominal de aislamiento (+9 V respecto a ⊕)	12 V c.a.
- grupo del aislamiento	1 x B
- ensayado con	500 V c.a.
Sección de los conductores	
- flexible*	2 x 0,5 ... 1,5 mm ²
- macizo	2 x 0,5 ... 2,5 mm ²
Consumo	
- tomado de +9 V (CPU)	tip. 1 mA
Dimensiones ancho x altura x profundidad (mm)	91,5 x 162 x 39
Peso	aprox. 300 g

* con vainas terminales

Módulo de entrada digital 8 x AC 115 V

(6ES5 431-8MC11)

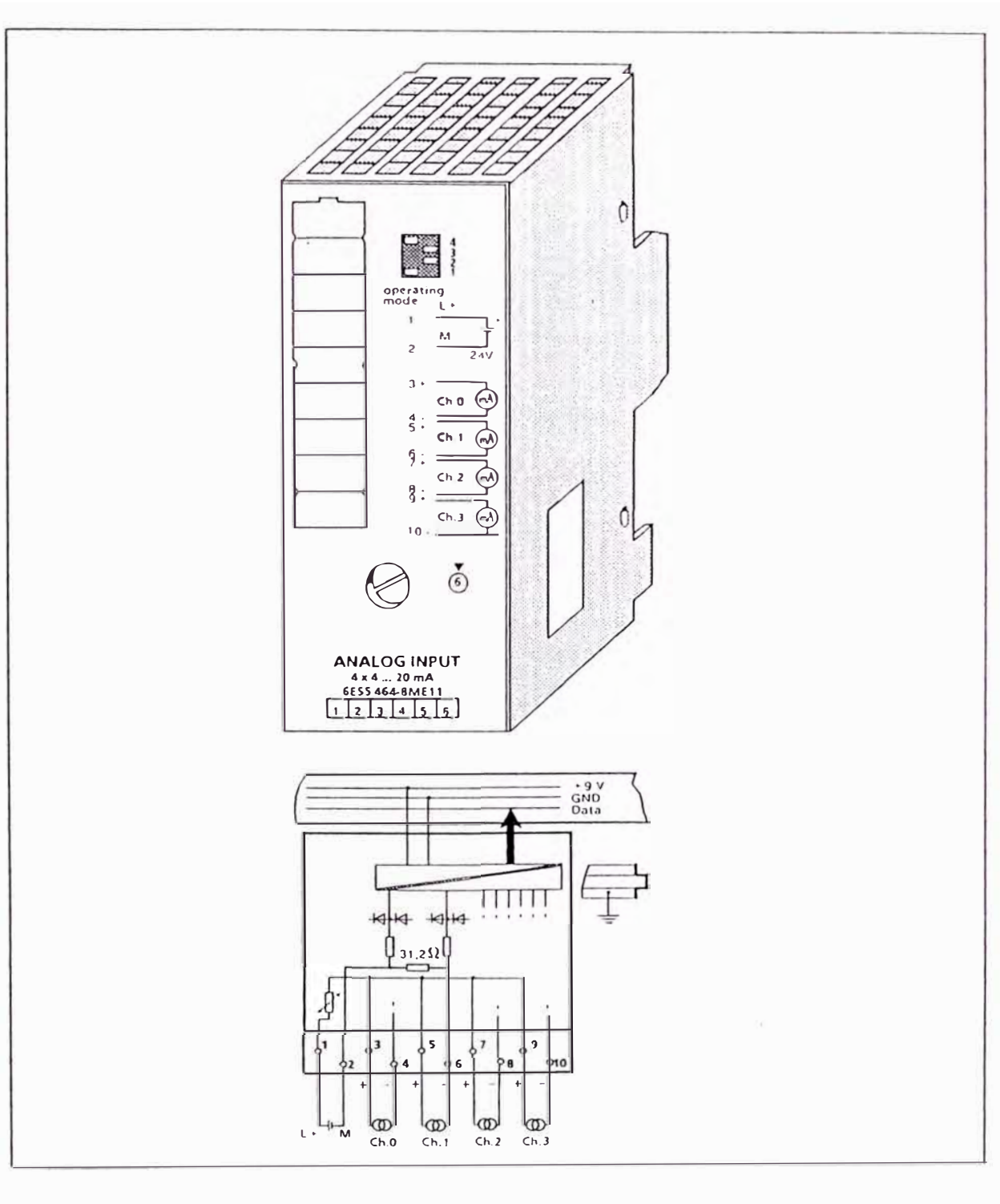


Datos técnicos

Identificador de dirección (solo para ET 100U)	8 DE
Cantidad de entradas	8
Separación galvanica - en grupos de	si (optoacopladores) 8
Tensión de entrada L1 - valor nominal - para señal "0" - para señal "1" - frecuencia	115 V c.a./c.c. 0 ... 40 V 85 ... 135 V 47 ... 63 Hz
Intensidad de entrada para señal "1"	tip. 12 mA a 115 V c.a. tip. 2,5 mA a 115 V c.c.
Tiempo de retardo - para transición "0" a "1" - para transición "1" a "0"	tip. 10 ms tip. 20 ms
Longitud de cable - sin apantallar	máx. 100 m
Dimensionado del aislamiento	según VDE 0160
Tensión nominal de aisla- miento (+9 V respecto a L1) - grupo del aislamiento - ensayado con	125 V c.a. 2 x B 1250 V c.a.
Tensión nominal de aisla- miento (+9 V respecto a \ominus) - grupo del aislamiento - ensayado con	12 V c.a. 1 x B 500 V c.a.
Temperatura ambiente admisible - montaje horizontal - montaje vertical	0 ... 60 °C 0 ... 40 °C
Conexión de BERO de dos hilos - intensidad de reposo	posible ≤ 4 mA
Consumo - tomado de +9 V (CPU)	tip. 32 mA
Pérdidas en el módulo	tip. 2,5 W
Peso	aprox. 260 g

Módulo de entrada analógica 4 x ± 4 ... 20 mA

(6ES5 464-8ME11)



Módulo de entrada analógica 4 x ± 4 ... 20 mA (continuación)

(6ES5 464-8ME11)

Datos técnicos			
Identificador de dirección (solo para ET 100U)	4 AE	Supresión de interferencias para $f = n \times (50/60 \text{ Hz} \pm 1\%)$ $n = 1, 2, \dots$	
Márgenes de entrada (valores nominales)	± 4 ... 20 mA	- interferencias en modo común	min. 86 dB
Cantidad de entradas	1, 2 ó 4 (conmutable)	($U_{pp} = 1 \text{ V}$) - interferencias en modo normal (valor pico de la interferencia < valor nominal del margen de entrada)	min. 40 dB
Separación galvánica	si (entre entradas y punto de puesta a tierra; no entre entradas)	Limite de error básico	± 0,15 %
Resistencia de entrada	≥ 31,25 Ω	Limite de error de utilización (0 a 60 °C)	± 0,4 %
Tipo de conexión del emisor de señal	a dos hilos, para convertidores de señal a 2 ó 4 hilos	Error individual	
Representación digital de la señal de entrada	12 bits + signo (2048 unidades = valor nominal)	- linealidad	± 0,05 %
Representación de los valores medidos	complemento a dos (justificado a la izquierda)	- tolerancia	± 0,05 %
Método de medición	integración	Error de temperatura	
Método de conversión A/D	doble rampa	- valor final	± 0,01 %/K
Tiempo de integración (ajustable para supresión óptima de tensiones perturbadoras)	20 ms a 50 Hz 16,6 ms a 60 Hz	- cero	± 0,002 %/K
Tiempo de conversión A/D por entrada		Longitud de cable	
- para 2048 unidades	máx. 60 ms a 50 Hz	- apantallado	máx. 200 m
- para 4095 unidades	máx. 50 ms a 60 Hz máx. 80 ms a 50 Hz máx. 66,6 ms a 60 Hz	Tensión de alimentación L + para convertidores de señal a dos hilos	
Diferencia de potencial admisible entre		- valor nominal	24 V c.c.
- entradas	máx. ± 1 V	- rizado U_{pp}	3,6 V
- entradas y punto de puesta a tierra	máx. 75 V c.c./60 V c.a.	- margen admisible	20 ... 30 V
Intensidad de entrada admisible (límite de destrucción)	máx. 80 mA	Posibilidad de conectar una caja de compensación	no
Aviso de error cuando		Dimensionado del aislamiento	según VDE 0160
- se desborda el margen	si (más de 4095 unidades)	Tensión nominal de aislamiento (+ 9 V respecto a ⊕)	12 V c.a.
- se rompe un hilo de los cables de señal	no	- grupo del aislamiento	1 x B
- indicador común de rotura de hilo	no	- ensayado con	500 V c.a.
		Tensión nominal de aislamiento (entradas respecto a + 9 V)	60 V c.a.
		- grupo de aislamiento	1 x B
		- ensayado con	500 V c.a.
		Consumo	
		- tomado de + 9 V (CPU)	tip. 70 mA
		- tomado de L +	tip. 80 mA
		Pérdidas en el módulo	
		- para convertidores de señal a dos hilos	tip. 1,0 W
		- para convertidores de señal a cuatro hilos	tip. 0,7 W
		Peso	aprox. 230 g

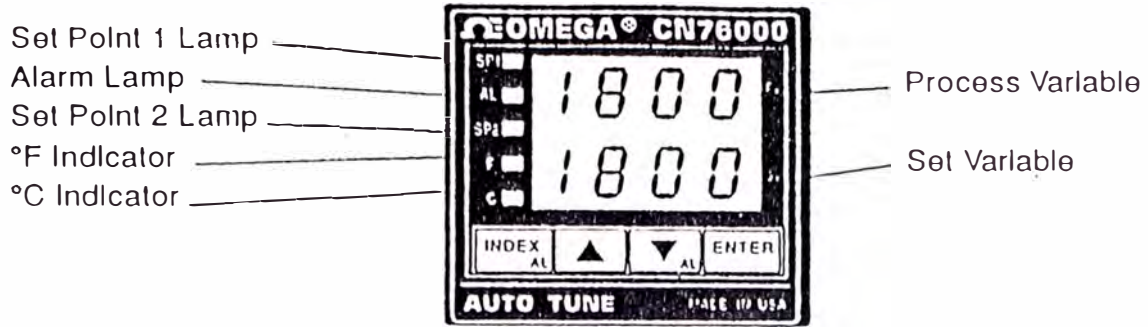
Módulo de salida por relés 8 x DC 30 V/AC 230 V
 Conector terminales pinza, 40 polos
 Conector terminales tornillo, 20 polos
 Conector terminales tornillo, 40 polos

(6ES5 451-8MR12)
 (6ES5 490-8MA12)
 (6ES5 490-8MB21)
 (6ES5 490-8MB11)

Datos técnicos

Identificador de dirección (solo para ET 100U)	8 DA
Cantidad de salidas	8 salidas de relé; contactos puentes con varistor SIOV-S07-K275
Separación galvánica - en grupos de	si 2 con indicador de estado de señal
Intensidad permanente I_{th}	3 A
Tipo de relé	Old OW 5699
Capacidad de corto de los contactos	
- con carga óhmica	máx. 3 A a 250 V c.a. 1,5 A a 30 V c.c.
- con carga inductiva	máx. 0,5 A a 250 V c.a. 0,5 A a 30 V c.c.
Número de maniobras de los contactos, según VDE 0660, parte 200	
- AC-11	1×10^6
- DC-11	$0,5 \times 10^6$
Frecuencia de conmutación	máx. 10 Hz
Indicador de perturbación (LED rojo)	falta tensión de entrada
Temperatura ambiente admisible	
- montaje horizontal	0 ... 60 °C
- montaje vertical	0 ... 40 °C
Longitud de cable	
- sin apantallar	máx. 100 m
Dimensionado del aislamiento	según VDE 0160
Tensión nominal de aislamiento (+ 9 V respecto a L1)	250 V a.c. 2 x B
- grupo del aislamiento	
- ensayado con	1500 V a.c.
Tensión nominal de aislamiento (+ 9 V respecto a ⊕)	250 V a.c. 1 x B
- grupo del aislamiento	
- ensayado con	500 V a.c.
Tensión nominal de aislamiento (entre contactos)	12 V a.c.
- grupo del aislamiento	2 x B
- ensayado con	1500 V a.c.
Tensión de alimentación L + (para los relés)	
- valor nominal	24 V c.c.
- rizado U_{pp}	máx. 3,6 V
- margen admisible (rizado inclusive)	20 ... 30 V
- valor para $t < 0,5$ s	35 V
Consumo	
- tomado de + 9 V (CPU)	tip. 30 mA
- tomado de L +	tip. 70 mA
Pérdidas en el módulo	tip. 1,6 W
Peso	aprox. 300 g

FRONT PANEL KEY FUNCTIONS



1. **INDEX:** Pressing the INDEX key advances the display to the next menu item. May also be used in conjunction with other keys as noted below.
2. **UP ARROW:** Increments a value, changes a menu item, or selects the item to ON in the upper display.
3. **DOWN ARROW:** Decrements a value, changes a menu item, or selects the item to OFF in the upper display.
4. **ENTER:** Pressing ENTER stores the value or the item changed. If not pressed, the previously stored value or item will be retained.
5. **UP ARROW & ENTER:** Pressing these keys simultaneously brings up the Secondary menu starting at the auto/manual selection. Pressing these keys for 5 seconds will bring up the Secure menu.
6. **INDEX & DOWN ARROW:** Pressing these keys simultaneously will allow backing up one menu item, or if at the first menu item they will cause the display to return to the Primary menu.
7. **INDEX & ENTER:** Pressing these keys simultaneously and holding them for 5 seconds allows recovery from the various error messages. The following menu items will be reset:

LPbr: Loop break	SEnC: Sensor rate of change
ALIH: Alarm inhibit	OPEn InP: Open Input error message
bAd InP: Bad Input error message	ArEA: Area error message
CHEC CAL: Check calibration error message	

Correct the problems associated with the above conditions first before using these reset keys. More than one error could be present. Caution is advised since several items are reset at one time.

While in the Primary or Secondary menu, if no key is pressed for a period of 30 seconds, the display will return to the HOME position displaying the PV and SV values. The time is increased to 1 minute when in the Secure menu.

NOTE: To move to the Primary menu quickly from any other menu, press the UP ARROW & ENTER keys followed by pressing the INDEX & DOWN ARROW keys.

METHOD FOR SET UP OF A HEAT / COOL CONTROL WITH SELF TUNE

Determine if the process is predominantly heating or cooling. An extruder, for example, is predominantly cooling when running product. An environmental chamber can be either heating or cooling. (For explanation of menu items see pages 12 & 13.)

If the process is predominantly cooling, set S1St to dlr and S2St to rE. If the process is predominantly heating, set S1St to rE and S2St to dlr. Redirect SP1 to output A or B as

INPUT SELECTION

To change the Input type, remove the Instrument from Its housing. Grasp the front bezel sides and pull forward to release It from the housing lock. Locate the dip switch on the right pcb. Determine the Input type desired and change the dip switch setting as shown to the right.

NOTE : Factory default Is set for thermocouple Inputs.

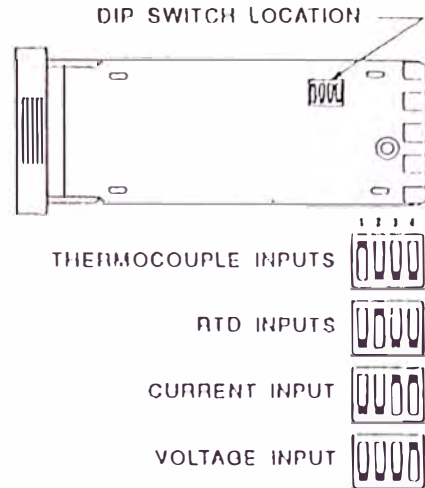
After changing Input selection with the DIP switches, be sure to change the InP menu Item (page 9) In the Secure Menu.

NOTE: InP menu Item factory default Is set for type "J" thermocouple, Iron/Constantan

Scaling for thermocouple and RTD Inputs Is fixed for each range type. See page 8 for scale ends.

Scaling for current and voltage Inputs is field adjustable by using SCAL and SCAH In the Secure menu. Program SCAL to the low end value of your transmitter. Program SCAH to the high end value of your transmitter. If the span of your transmitter Is less than 100 units (referred to as 'counts' In these Instructions), multiply the transmitter span by 10 and change the decimal point position In menu Item dP.

For example, If you have a differential pressure transmitter with a range of -0.25 to +0.25 Inches of water. SCAL would be programmed to -250, SCAH to +250, and dP to 0.000.



VERIFY MODEL NUMBER ON THE INSTRUMENT TO DETERMINE OUTPUT TYPE PRE-SET FROM FACTORY.

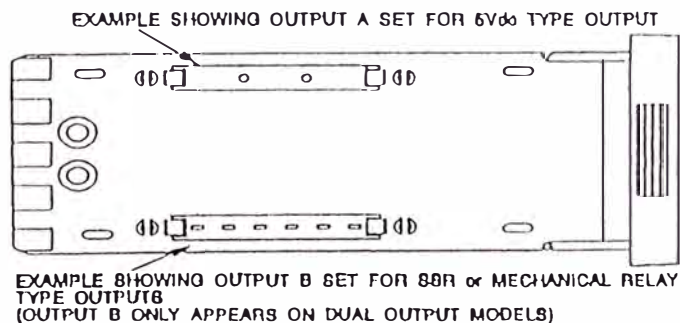
OUTPUT TYPE JUMPER SELECTION

Instruments with SSR or MECHANICAL RELAY type outputs can be changed to and from a 5 Vdc output in the field.




CAUTION: Damage to the Instrument may result from an Incorrectly Installed Jumper strip. Follow the Instructions carefully.

1. Remove the Instrument from Its housing. Grasp the front bezel sides and pull forward to release It from the housing lock.
2. Locate the desired logic Jumper strip on the left printed circuit board. The OUTPUT A jumper strip Is always located near the top edge.



CONFIGURATION CHART (cont'd)

DISPLAY	MENU ITEM	CONFIGURATION CODE
CnF6	Alarm State	0 = No Alarm 1 = Close at SP, LED flashing 2 = Open at SP, LED flashing 3 = Close at SP, LED off 4 = Open at SP, LED off
AcPt	Accept Configuration	no = Retain old Configuration. Press ENTER to exit. YES = Accept Configuration. Press ENTER to exit.
Id ##		Factory Identification. Not for customer use.
FACT dFLt		Factory default. Defaults Configuration to factory codes shown in boldface type in the chart above.  Warning: The Hardware Configuration will be cleared and must be re-entered using the Hardware Configuration code found on the Model / Serial label located on the top of the Instrument housing. The configuration menu cannot be exited until valid Hardware codes are entered. If factory default is desired, simultaneously press the ENTER & DOWN ARROW keys.

SPECIFICATIONS

Selectable Inputs: Thermocouple, RTD, current or voltage.

Input Impedance:

Thermocouple = 3 megohms minimum.

RTD current = 200 μ A.

Current = 249 ohms.

Voltage = 5000 ohms.

Sensor Break Protection: De-energizes control outputs to protect system.

Loop Break Protection: Error message is initiated upon shorted sensor or open heater circuit. Break time is adjustable from OFF to 9999 seconds.

Loop Break Alarm: If equipped with an Alarm relay, the Alarm may be programmed to operate upon a loop break.

Set Point Range: Selectable.

Displays: Two 4 digit, 7 segment 0.3" high LEDs. Process Variable red, Set Variable green.

Control Action: Reverse (usually heating), Direct (usually cooling) selectable for single or dual set point models.

Proportional Band: 6 to 5000 $^{\circ}$ F or equivalent $^{\circ}$ C for temperature inputs. 6 to 9990 counts for current or voltage inputs.

Reset Time (Integral): Off or 0.1 to 99.9 minutes.

Rate Time (Derivative): Off or 0.01 to 99.99 minutes.

Cycle Rate: 2 to 80 seconds,

Approach Rate: Off to 99.99 minutes.

On - Off Differential: Adjustable 2 $^{\circ}$ F to full scale in 1 $^{\circ}$ steps (equivalent $^{\circ}$ C), or 2 counts to full scale in 1 count steps for current and voltage inputs.

Alarm On - Off Differential: 2 $^{\circ}$ F or equivalent in $^{\circ}$ C, or 2 counts.

Scaling for Current or Voltage Inputs: Adjustable for a maximum negative to positive

span value of -1999 to +9999 counts (total span of 11,998 counts). Independent settings for low scale (SCAL) and high scale (SCAH) range ends.

Ramp / Soak: One ramp time and soak time, each adjustable from 0 to 100 hours. End procedure can be set for HOLD or OFF.

Accuracy: $\pm 0.25\%$ of span, ± 1 least significant digit.

Resolution: 1 degree, 0.1 degree, or 1 count.

Line Voltage Stability: $\pm 0.05\%$ over the supply voltage range.

Temperature Stability: $4\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ($2.3\mu\text{V}/^\circ\text{F}$) typical, $8\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ($4.5\mu\text{V}/^\circ\text{F}$) maximum.

Common Mode Rejection: 140 dB minimum at 60 Hz.

Normal Mode Rejection: 65 dB typical, 60 dB at 60 Hz.

Isolation: Relay and SSR outputs are isolated. Current, voltage, and 5 Vdc outputs must not share common grounds with the input.

Supply Voltage: 85 to 265 Vdc or Vac, 50 through 400 Hz. This applies to the instrument power only.

Power Consumption: 3 VA nominal, 5VA maximum.

Operating Temperature: -10 to +55 °C (+14 to 131 °F).

Storage Temperature: -40 to +80 °C (-40 to 176 °F).

Humidity Conditions: 0 to 90% up to 40 °C non-condensing 10 to 50% at 55 °C non-condensing.

Memory Backup: Non-volatile memory. No batteries required.

Control Output Ratings:

1. SSR, 3.5 A @ 250 Vac at 25 °C. Derates to 1.25 A @ 55 °C.
2. Mechanical Relay, Form A contact (SPST), 3 A @ 250 Vac resistive, 1.5 A @ 250 Vac inductive, Pilot duty rating = 250 VA, 2 A @ 125 Vac or 1 A @ 250 Vac. 1/8 HP @ 125 Vac or 250 Vac.
3. Alarm Relay, Form A contact (SPST). Same rating as control relay (2) above.
4. Current (non-Isolated), 0 to 20 mA across 600 ohms maximum.
5. Voltage (non-Isolated), 0 to 10 Vdc across 500 ohms minimum.
6. 5 Vdc (non-Isolated), 5 Vdc @ 25 mA.

Panel Cutout: 45 mm x 45 mm (1.775" x 1.775").

Depth Behind Mounting Surface: 115.3 mm (4.54").

Weight: 227 g (8 oz).

Dimensions: See diagram, Page 2.

Agency Approvals: UL and CSA pending.

Front Panel Rating (non-hazardous locations): Meets NEMA 2, 3R, and 12 ratings.

SECURE MENU

Hold **UP ARROW & ENTER** for 5 Seconds to display the Secure menu. Press **INDEX** to change the lower display. Press **UP ARROW** or **DOWN ARROW** to change the value in the upper display. Press **ENTER** to store the value.

Selections

SECr Security Code: See the Security Level Selection and the Password Table in this manual, in order to enter the correct password.

InP Input Type: Select one of the following. The Inputs are based on four different groups; Thermocouples, RTDs, Current, and Voltage. If changing from one of these groups, the DIP switch on the A/D circuit board will have to be changed to match that particular group. Refer to the Input wiring section for the proper switch settings.

- J-IC** Type "J" Thermocouple Iron/Constantan (NIST)
- CA** Type "K" Thermocouple CHROMEL/AL OMEGA
- E-** Type "E" Thermocouple CHROMEL/Constantan
- t-** Type "T" Thermocouple Copper/Constantan
- L-** Type "L" Thermocouple Iron/Constantan (DIN)
- n-** Type "N" Thermocouple NiCrSi/NiSi
- r-13** Type "R" Thermocouple Pt 13%Rh/Pt
- S-10** Type "S" Thermocouple Pt 10%Rh/Pt
- b-** Type "B" Thermocouple Pt 6%Rh/Pt 30%Rh
- C-** Type "C" Thermocouple W 5%Re/W 26%Re
- P392** 100 ohm Platinum (NIST 0.00392 $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$)
- n120** 120 ohm Nickel (NIST 0.006 $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$)
- P385** 100 ohm Platinum (DIN 0.00385 $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$)
- Curr** DC Current Input 0.0 to 20.0 or 4.0 to 20.0 milliamperes.
- VolT** DC Voltage Input 0.0 to 5.0 or 1.0 to 5.0 volts.
For Access to Calibration and FACT default.

OSUP Zero Suppression: Select **On** or **OFF**. Only with Current and Voltage Input types.
OFF The Input range will start at 0 (zero) Input.
On The Input range will start at 4.00 mA or 1.00 V.

Unit F, C or None
F °F descriptor is On and temperature inputs will be displayed in actual degrees Fahrenheit.
C °C descriptor is On and temperature inputs will be displayed in actual degrees Celsius.
none °F and °C descriptors will be Off. This is only available with Current and Voltage inputs.

dPt Decimal Point Positioning: Select **0**, **0.0**, **0.00**, or **0.000**. On temperature type inputs this will only effect the Process Value, SP1, SP2, ALLo, ALHi, and InPC. For Current and Voltage inputs all Menu Items related to the input will be affected.
0 No decimal point is selected. This is available for all input types.
0.0 One decimal place is available for Type J, K, E, T, L, RTDs, Current and Voltage inputs.
0.00 Two decimal places is only available for Current and Voltage inputs.
0.000 Three decimal places is only available for Current and Voltage inputs.

InPt Input Fault Timer: Select **OFF**, **0.1** to **540.0** minutes. Whenever an input is out of range, shorted, or open the timer will start. When the time has elapsed, the controller will revert to a safe condition (Outputs Off, Flashing Displays). If **OFF** is selected, the Input Fault Timer will not be recognized (time = infinite).

SECURE MENU (cont'd)

- SEnC** Sensor Rate of Change: Select **OFF**, 1 to 4000 °F, °C, or counts per 1 second period. This value is usually set to be slightly greater than the fastest process response expected during a 1 second period, but measured for at least 2 seconds. If the process is faster than this setting, the SEnC bAd error message will appear. The outputs will then be turned off. This function can be used to detect a runaway condition, or speed up detection of an open thermocouple. Use the **INDEX & ENTER** keys to reset.
- SCAL** Scale Low: Select 100 to 9999 counts below **SCAH**. The total span between **SCAL** and **SCAH** must be within 11998 counts. Maximum setting range is -1999 to +9999 counts. For Current and Voltage inputs, this will set the low range end. Value fixed for Thermocouples and RTD ranges.
- SCAH** Scale High: Select 100 to 9999 counts above **SCAL**. The total span between **SCAL** and **SCAH** must be within 11998 counts. Maximum setting range is -1999 to +9999 counts. For Current and Voltage inputs, this will set the high range end. Value fixed for Thermocouples and RTD ranges.
- SPL** Set Point Low: Select from **SCAL** value to **SPH** value. This will set the minimum **SP1**, **SP2**, **ALLo**, **ALHi**, **SP1d**, and **SP2d** values that can be entered. If any of the values are less than the **SPL** value, a check message will appear and the value will not be accepted.
- SPH** Set Point High: Select from **SCAH** value to **SPL** value. This will set the maximum **SP1**, **SP2**, **ALLo**, **ALHi**, **SP1d**, and **SP2d** values that can be entered. If any of the values are greater than the **SPH** value, a check message will appear and the value will not be accepted.
- SP1o** Set Point 1 Output Terminal Assignment: Select **OutA** or **Outb**.
NOTE: Reassigning the output terminals does not change the Hardware type assigned to those terminals. For single set point models, **SP1o** is locked to **OUT A**.
OutA Set Point 1 output will be directed to terminals 7 & 8 and Set Point 2 output to terminals 9 & 10.
Outb Set Point 1 output will be directed to terminals 9 & 10 and Set Point 2 output to terminals 7 & 8.
- S#O1** Set Point Output Type: Select **CY**, **OnOF**, **PUL**, or **Fl**. Fixed for Current and Voltage, the Hardware Configuration has selected this.
CY Cycle Rate, Adjustable Time Proportioning.
CY# Cycle Rate Time: Select 2 to 80 seconds.
OnOF On/Off Output.
SP#d Set Point Differential In 1 degree or count stops from 2 degrees or counts to full scale, but limited by **SPL** and **SPH**.
PUL Pulse Time Proportioning.
PUL# Pulse Width Value: Select 1 to 7.
Fl Fast Time Proportioning: Fixed at 1 second Time Base.
Volt Proportional Voltage, 0 to 10 V.
Curr Proportional Current, 0 to 20 mA.
- S#St** Set Point State: Select **dir** or **rE**.
dir Direct Action. As the input increases the output will increase. Most commonly used in cooling processes.
rE Reverse Action. As the input increases the output will decrease. Most commonly used in heating processes.
- S#OL** Set Point Output Low Limit: Select 0 to 90% but less than **S#OH**. This item limits the lowest output value. This is useful for adding a bias to the process when needed. When a current or voltage output is used, the standard output value is 0 to 20mA or 0 to 10V. If 4 to 20 mA or 2 to 10 V is required, the **S#OL** value should be set for 20% to raise the lowest output.
- S#OH** Set Point Output High Limit: Select 10 to 102% but greater than **S#OL**. This item allows setting the maximum output limit. This is useful with processes that are over powered.

Specifications for Resistance Temperature Sensors

Listed below are national and international specifications for RTD's and thermocouples.

IEC Publication 751

Issued by: International Electrotechnical Commission

Date: 1983

IEC 751 has the widest international scope of any RTD standard. It calls for platinum RTD's, 100 Ω at 0°C, TCR 0.00385 $\Omega/\Omega/^\circ\text{C}$, in one of two tolerance classes:

Class A: $\pm 0.06\%$ at 0°C

Class B: $\pm 0.12\%$ at 0°C

All Minco RTD's with PD element code meet Class B. Selected models have Class A as an option.

DIN 43760

Issued by: Deutsches Institut für Normung (Germany)

Date: 1987

Specifies resistance curves and tolerance for nickel RTD's. Platinum curves are now covered under DIN IEC 751.

BS 1904:1984

Issued by: British Standards Institution

Date: 1984

Identical to IEC 751.

JIS C 1604-1989

Issued by: Japanese Standards Association

Date: 1989

Specifies 100 Ω 0.00385 platinum thermometers in accordance with IEC 751, but also makes provision for 0.003916 TCR. Minco can supply RTD's to either curve.

MIL-T-24388C(SH)

Issued by: U.S. Naval Sea Systems Command

Date: 1990

RTD's and thermocouples for ship-board use. Included are platinum RTD's with 0.00392 TCR and nickel models with 0.00672 TCR. See Section G for bearing embedment RTD's qualified to this specification. Minco does not currently offer probe and thermowell models to MIL-T-24388.

SAMA RC21-4-1966

Issued by: Scientific Apparatus Makers Association

Date: 1966

Specifies various curves for platinum, nickel, and copper RTD's. The platinum curve, available from Minco, has a resistance of 98.129 Ω at 0°C and TCR of 0.003923. Placing a fixed resistor of 1.871 Ω in series with this element makes it fit the IEC 751 curve.

ANSI-MC96.1-1982

Issued by: Instrument Society of America

Date: 1982

Sets general standards for thermocouples, including millivolt tables, limits of error, and color coding of wires. All Minco thermocouples conform to this specification.

ITS-90

Issued by: Comité International des Poids et Mesures

Date: 1990

ITS-90 is the fundamental definition of temperature itself. It specifies the temperature in Kelvins of various physical constants such as the triple point of water. ITS-90 also names the interpolating instruments to be used between the fixed points. Minco laboratory thermometers in section L meet ITS-90 requirements for resistance ratio and calibration, but do not have the stability required for primary standards. They are suitable, however, for use as secondary transfer standards.

Quality standards

Minco's quality and inspection systems meet MIL-Q-9858 and MIL-I-45208.

What is Temperature Coefficient of Resistance (TCR)?

Temperature coefficient differentiates between resistance/temperature curves of RTD's. It is also called alpha (α) and may be specified in various ways by different manufacturers.

In this bulletin TCR is the RTD's resistance change from 0 to 100°C, divided by the resistance at 0°C, divided by 100°C:

$$TCR (\Omega/\Omega/^\circ\text{C}) = \frac{R_{100^\circ\text{C}} - R_{0^\circ\text{C}}}{R_{0^\circ\text{C}} \times 100^\circ\text{C}}$$

For example, a platinum thermometer measuring 100 Ω at 0°C and 139.11 Ω at 100°C has TCR 0.00391 $\Omega/\Omega/^\circ\text{C}$:

$$TCR = \frac{139.11 \Omega - 100 \Omega}{100 \Omega \times 100^\circ\text{C}} = 0.003911$$

For a copper RTD, 10 Ω at 25°C. TCR is:

$$TCR = \frac{12.897 \Omega - 9.035 \Omega}{9.035 \Omega \times 100^\circ\text{C}} = 0.00427$$

Stated another way, TCR is the average resistance increase per degree of a hypothetical RTD measuring 1 Ω at 0°C.

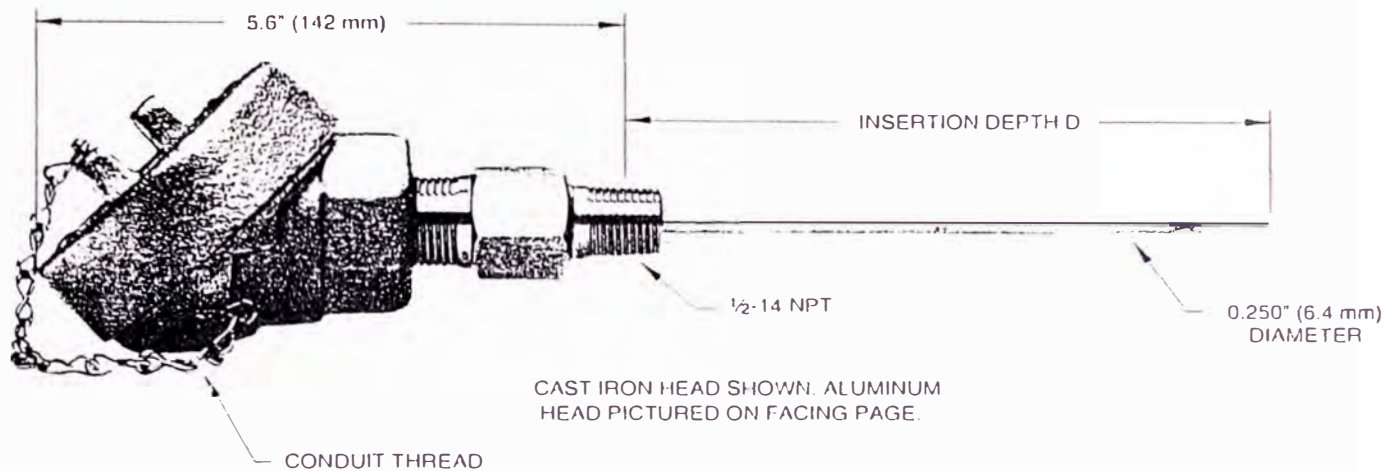
The most common use of TCR is to distinguish between curves for platinum, which is available with TCR's ranging from 0.00375 to 0.003927. The highest TCR indicates

the highest purity platinum, and is mandated by ITS-90 for standard platinum thermometers.

There are no technical advantages of one TCR versus another in practical industrial applications. 0.00385 platinum is the most popular worldwide standard and is available in both wire-wound and thin-film elements.

In most cases, all you need to know about TCR is that it must be properly matched when replacing RTD's or connecting them to instruments.

Temperature Sensor Assemblies



Tip-Sensitive Spring-Loaded Sensors

- Tip-sensitive RTD or thermocouple probe for use to 260°C (500°F)
- Adjustable spring-loaded holder with fluid seal
- Cast iron or aluminum connection head

Get fast and accurate readings from bearings, blocks, and other solids. Minco's spring-loaded holder ensures solid contact in drilled holes and has a built-in oil seal. The sensing probe features a copper alloy tip for quick response to temperature changes.

General specifications

Temperature range: -50 to 260°C (-58 to 500°F).

Material:

Probe: Stainless steel with copper alloy tip.
 Holder: Nickel-plated steel with Viton O-ring.
 Connection head: Cast iron or aluminum.
Pressure rating: 50 psi (3.4 bar).
Insulation resistance: 10 megohms min. at 100 VDC, leads to case.
 Ungrounded junctions only on thermocouples.
Connection: Terminal block for wires to 14 AWG.

RTD's

Sensing Elements:

Code	Element
PA	Platinum 392, 100±0.5Ω at 0°C
PD	Platinum 385, 100±0.1Ω at 0°C (Meets DIN and IEC, Class B)
PE	Platinum 385, 100±0.5Ω at 0°C
CA	Copper, 10±0.02Ω at 25°C
CC	Dual copper, ±0.05Ω
NA	Nickel, 120±0.6Ω at 0°C

Time constant: Typical value in moving water:

Single element: 2.0 seconds.
 Dual element: 3.0 seconds.

How to order

AS5100 Assembly number:
 AS5100: Single element RTD
 AS5101: Dual element RTD
PA Sensing element from table
67 Insertion depth D:
 Specify in 0.1" increments:
 Ex: 67 = 6.7 inches
Z Number of leads per sensing element:
 Y = 2 leads
 Z = 3 leads
1 Conduit thread:
 1 = 1/2-14 NPT
 2 = 3/4-14 NPT
G Connection head:
 C = Cast iron
 A = Aluminum

AS5100PA67Z201A Sample P/N

Thermocouples

Junction Types:

E	Chromel-Constantan
J	Iron-Constantan
K	Chromel-Alumel
T	Copper-Constantan

Time constant: Typical value in moving water:

Grounded junction: 1.5 seconds.
 Ungrounded junction: 7 seconds.

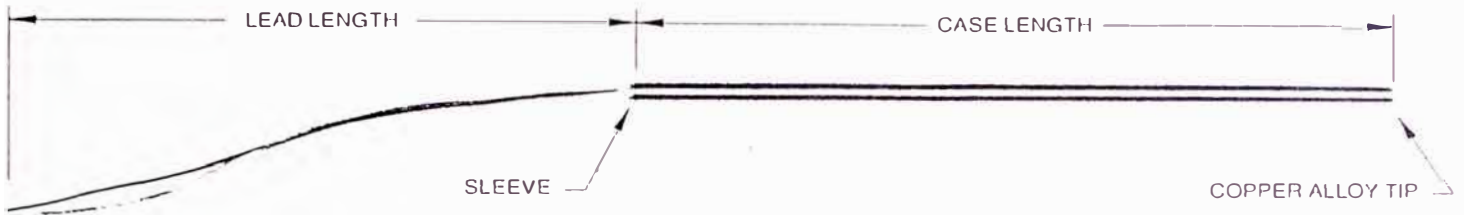
How to order

AS5106 Assembly number:
 AS5105: Single junction thermocouple
 AS5106: Dual junction thermocouple
J Junction type from table
G Junction grounding:
 G = Grounded
 U = Ungrounded
133 Insertion depth D:
 Specify in 0.1" increments:
 Ex: 133 = 13.3 inches
1 Conduit thread:
 1 = 1/2-14 NPT
 2 = 3/4-14 NPT
C Connection head:
 C = Cast iron
 A = Aluminum

AS5106EU133P1C1A Sample P/N

IN STOCK

Single element RTD models



Tip-Sensitive RTD's

- Copper alloy tip for fast response
 - Accurate sensing to 260°C (500°F)
 - All models can be user-shortened
- The sensing tip of these probes is constructed of copper alloy, twenty times more conductive than stainless steel. Sensors react more quickly to changes and indicate tip temperature instead of stem temperature. The result: More accuracy in thermowells, bearings, and other installations.
- 0.250" diameter is recommended for use in thermowells.

Single element RTD's

Element	TCR $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$	Model number for probe diameter:		
		0.188" (4.8 mm)	0.215" (5.5 mm)	0.250" (6.4 mm)
Platinum, 100 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00392	S54PA	S51PA	S53PA
Platinum, 100 Ω $\pm 0.1\%$ at 0°C (Meets DIN and IEC, Class B)	0.00385	S854PD	S851PD	S853PD
Platinum, 100 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00385	S884PE	S881PE	S883PE
Copper, 10 Ω $\pm 0.2\%$ at 25°C	0.00427	S54CA	S51CA	S53CA
Nickel, 120 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00672	S54NA	S51NA	S53NA

Dual element RTD's

Element	TCR $\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$	Model number for probe diameter:		
		0.188" (4.8 mm)	0.215" (5.5 mm)	0.250" (6.4 mm)
Platinum, 100 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00392	S59PA	S56PA	S57PA
Platinum, 100 Ω $\pm 0.1\%$ at 0°C (Meets DIN and IEC, Class B)	0.00385	S859PD	S856PD	S857PD
Platinum, 100 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00385	S889PE	S886PE	S887PE
Copper, 10 Ω $\pm 0.5\%$ at 25°C	0.00427	N/A	S56CC	S57CC
Nickel, 120 Ω $\pm 0.5\%$ at 0°C	0.00672	S59NA	S56NA	S57NA

Specifications

Temperature range: -50 to 260°C (-58 to 500°F).

Case: Stainless steel with copper alloy tip.

Minimum case length:

Single element probes 2.8" (71.1 mm).

Dual element probes 4.0" (101.6 mm).

Maximum case length: 48" (1220 mm), longer on special order.

Leads: 2, 3, or 4 leadwires, stranded copper with Teflon insulation. AWG 22, except 0.188" diameter dual probes AWG 24. For 2-lead RTD's add 0.05 Ω per foot of combined case and lead length to element tolerance. Copper (CA, CC) models must have 3 leads.

Time constant: 2.0 seconds typical in moving water. 3.0 seconds for dual element models.

Pressure rating: 100 psi (6.9 bar).

Insulation resistance:

Single element probes: 1000 megohms min. at 500 VDC, leads to case.

Dual element probes: 100 megohms min. at 100 VDC, between elements and leads to case.

Vibration: Withstands 10 to 2000 Hz at 20 G's min. per MIL-STD-202, Method 204, Test Condition D.

Shock: Withstands 100 G's min. sine wave shock of 8 milliseconds duration.

IN STOCK

Single element models, lengths to 24"

How to order

Model number from table

Case length:
Specify in 0.1" increments:
Ex: 125 = 12.5 inches

Number of leads per sensing element:
Y = 2 leads
Z = 3 leads
X = 4 leads (PD only)

Lead length in inches

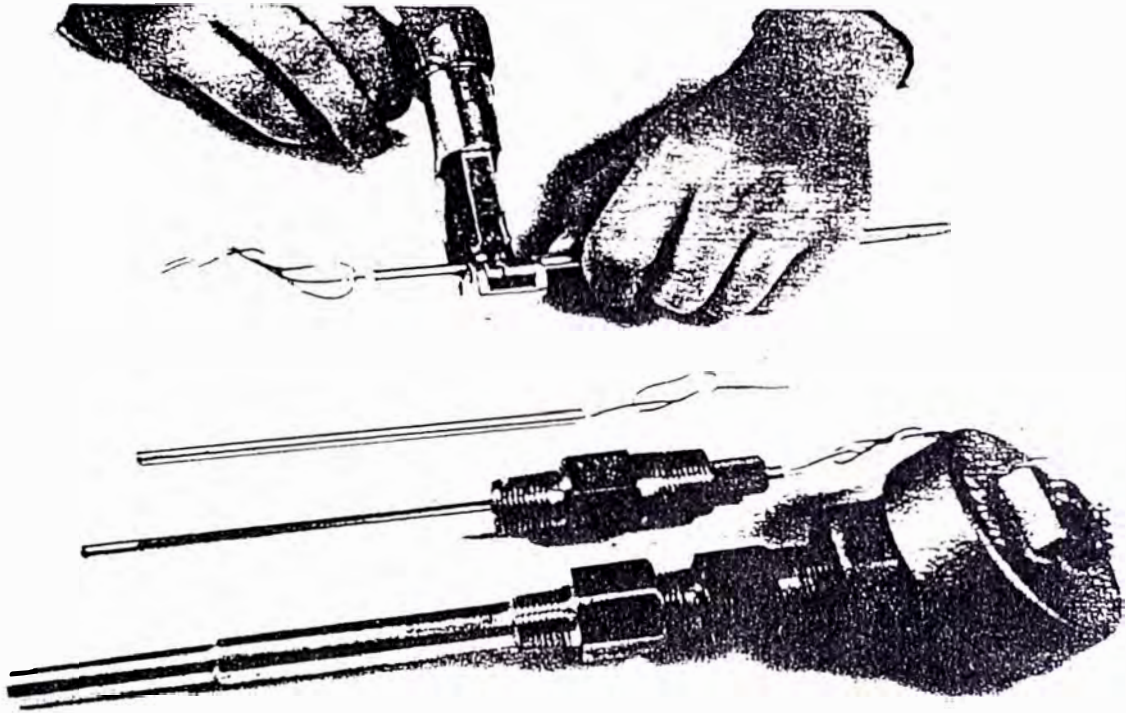


How to shorten probes

Many probe models in this section can be cut to the required length using an ordinary tubing cutter. Benefits are:

- You can keep standard lengths in inventory, and shorten them as needed for urgent requirements.
- Stocking and shortening probes, instead of ordering a few pieces at a time, may let you take advantage of quantity discounts.
- Minco stocks most cut-to-length probes and can trim and ship them within 24 hours of your call.

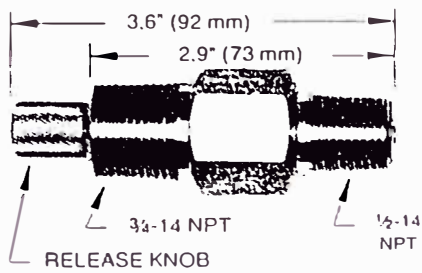
Follow the steps below to shorten probes.



Remove the Teflon or brass ferrule from the leads end of the probe. Mark the proper length, then cut. Use a good quality tubing cutter with a sharp blade. Go slowly to avoid crimping the case or damaging the leads.

Discard the hollow tube section, carefully deburr the cut end, and replace the ferrule. You can slit the Teflon ferrule for easier installation.

Add adjustable fittings: spring-loaded holders, fluid seal fittings, or pressure fittings. Finish off the assembly with a connection head, transmitter, or thermowell.



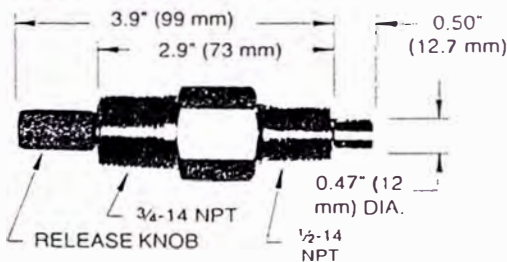
FG110-1, FG113-1, FG114-1 fluid seal spring-loaded holders

Install probes with no special tools. Just pull out the knurled release knob, insert the probe until it bottoms out, and release the knob—the probe is perfectly spring loaded.

Material: Nickel-plated cold rolled steel, Viton O-ring.
Temperature limit: 260°C (500°F).
Pressure rating: 50 psi (3.4 bar).

Model for probe diameter:		
0.188"	0.215"	0.250"
FG114-1	FG110-1	FG113-1

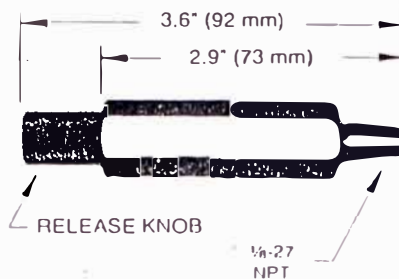
Probe length adder A: 3.6"



FG118 explosion-proof spring-loaded holder

Similar to model FG110-1 but designed and approved for use in explosion-proof assemblies. Use with 0.215" diameter probes.

Probe length adder A: 4.1"



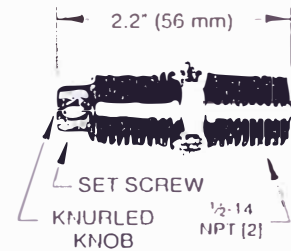
FG111, FG112, FG117 fluid seal spring-loaded holders

Similar to FG110 series but 1/8 NPT pipe thread, no connection head mounting.

Material: Nickel-plated cold rolled steel, Viton O-ring.
Temperature limit: 260°C (500°F).
Pressure rating: 50 psi (3.4 bar).

Model for probe diameter:		
0.188"	0.215"	0.250"
FG112	FG111	FG117

Probe length adder A: 3.6"



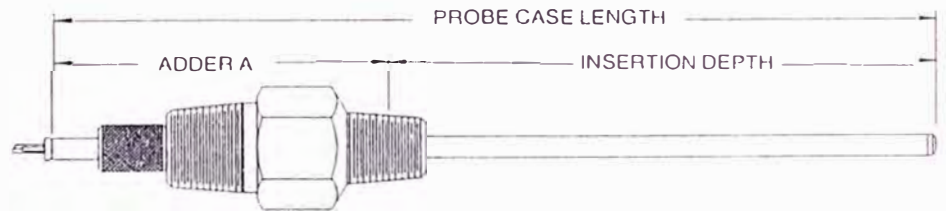
Stainless steel spring-loaded holders

All-purpose holders withstand high temperatures and corrosive environments. Simply insert the probe until it bottoms out, pull back the release knob, tighten the set screw (wrench included), and release. An optional O-ring provides a fluid seal.

Material: 303 stainless steel with Inconel spring; optional Viton O-ring.
Temperature limit: 450°C (842°F).
 With O-ring: 260°C (500°F).
Pressure rating (O-ring models only): 50 psi (3.4 bar).

	Model for probe diameter:		
	0.188"	0.215"	0.250"
No O-ring	FG801	FG802	FG810
With O-ring	FG930	FG931	FG932

Probe length adder A: 2.1"



Spring-Loaded Holders

Spring-loaded holders ensure positive contact of probe tips against sensed surfaces. The improved thermal contact provides faster and more accurate thermal response, while the spring helps to dampen vibrations which could damage the probe.

Minco offers two types of spring-loaded holders. Fluid seal models have an O-ring for oil baths and low pressure fluids. Stainless steel holders are for high temperature use.

IN STOCK

All holders shown

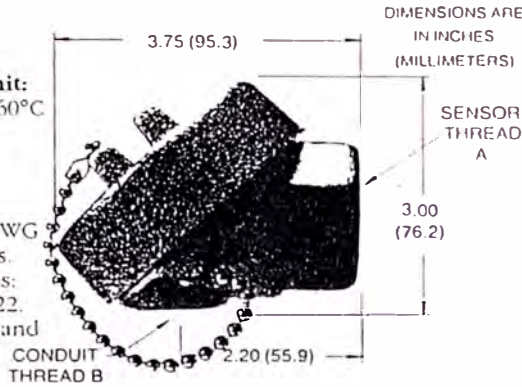


CH102 cast iron connection head

General purpose heavy-duty weatherproof head.

Material: Nickel-plated cast iron.
Temperature limit: Terminal board: 260°C (500°F).
 Wire nuts: 400°C (750°F).

Connections: Terminal board: AWG 14 or smaller wires.
 Porcelain wire nuts: AWG 14 to AWG 22.
Ratings: NEMA 3 and 4.



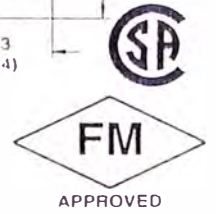
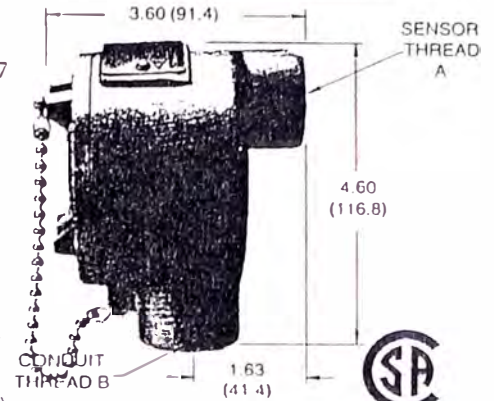
Pipe thread code	Sensor thread A	Conduit thread B
P1	3/4-14	1/2-14
P2	3/4-14	3/4-14
P3	1/2-14	1/2-14
P4	1/2-14	3/4-14

CH105, CH107 explosionproof connection heads

FM approved for use in hazardous areas. Model CH107 includes a Buna-N O-ring for weatherproof rating.

Material: Cast aluminum. Stainless steel chain and label.
Temperature limit: CH105/Terminal board: 260°C (500°F).
 CH105/Wire nuts: 400°C (750°F).
 CH107: 121°C (250°F)

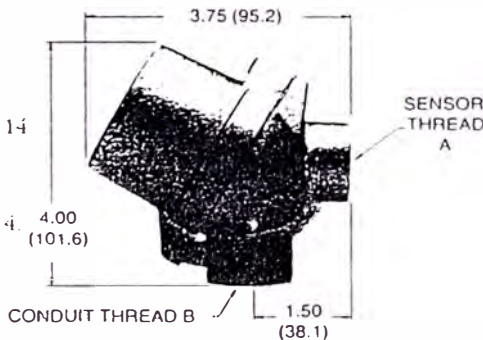
Connections: Terminal board: AWG 14 or smaller wires.
 Porcelain wire nuts: AWG 14 to AWG 22.
Qualifications: Factory Mutual and CSA approved for National Electric Code, Class I, Groups B, C and D (A available); Class II, Groups E, F, and G; Class III. Model CH107 also rated NEMA 3 and 4.



CH333 aluminum connection head

Small, lightweight all-purpose head. Accommodates all standard Temptran transmitters.

Material: Aluminum.
Temperature limit: 150°C (302°F).
Connections: Terminal board: AWG 14 or smaller wires.
 Wire nuts: AWG 14 to AWG 22.
Ratings: NEMA 3 and 4.



Pipe thread code	Sensor thread A	Conduit thread B
P1	3/4-14	1/2-14
P2	3/4-14	3/4-14
P3	1/2-14	1/2-14
P4	1/2-14	3/4-14

Pipe thread code	Sensor thread A	Conduit thread B
P1	3/4-14	1/2-14
P2	3/4-14	3/4-14
P3	1/2-14	1/2-14
P4	1/2-14	3/4-14

CH405, CH407 explosionproof heads

Identical to CH105, CH107 except FM approved for Class I Group A.

CH330 aluminum connection head

Lower cost version of CH107 shown above. No label or FM approval. Chain included.

Material: Cast aluminum.
Temperature limit: 121°C (250°F).
Connections: Terminal board: AWG 14 or smaller wires.
 Porcelain wire nuts: AWG 14 to AWG 22.
Ratings: NEMA 3 and 4.

CH328 epoxy coated connection head

Similar to CH330 but with FDA approved white epoxy coating. No chain.

Connection Heads

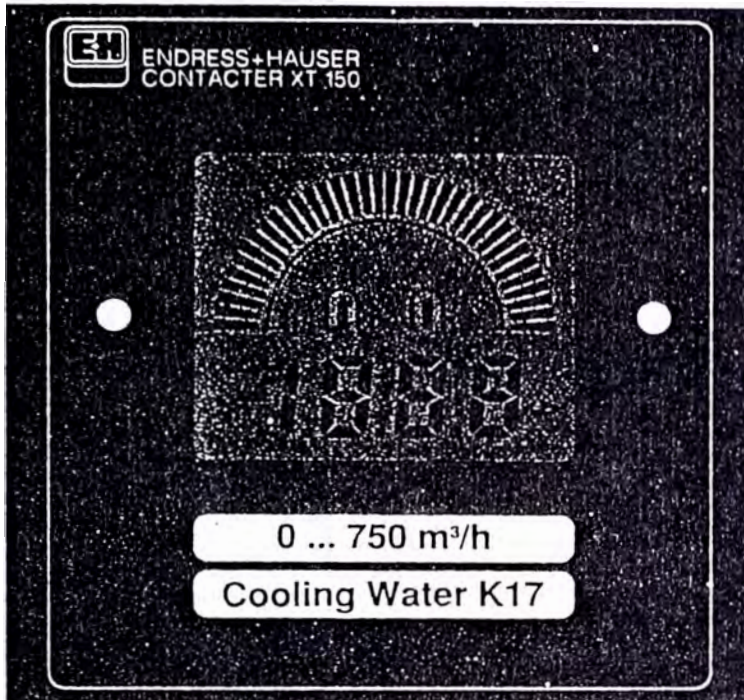
Connection heads provide an enclosure for connection of sensor leads to remote extension wires. Choose a model based on material, size, temperature limits, and pipe threads.

All models except CH105 are weatherproof. Other connection head styles are available.

IN STOCK
 All connection heads.

Digital and Analogue Process Display with Limit and Control Functions CONTACTER XT 150

96 x 96 mm unit for panel mounting



Areas of application:

The CONTACTER XT 150 may be used as a process display, a limit contact maker and optionally as a two/three-step controller. It is connected to a continuously operating measuring instrument with an analogue output, e.g. 0/4...20 mA.

Thanks to the transmitter supply, even 2-wire transmitters can be directly connected to the XT 150, e.g. the following E+H instruments:

Temperature: TMT 2030, TMT 2037, .

Pressure: Cerabar, Deltabar

Analysis: Bitop

Flow rate: Swingwirl DMV 6336

etc.

General performance features:

- qualitative display with range bars
- quantitative 3 1/2-digit liquid crystal display
- display and limits in technical units
- integrated transmitter supply
- up-to 4 limit contacts or
- up to 3 control contacts + 1 limit contact



AC CURRENT TRANSDUCERS



AC CURRENT TRANSDUCER

MODEL CT5

MODELS WITH INTERNAL CURRENT SENSOR



FEATURES

- Accurate; reliable current measurement over a wide frequency range.
- Input/output isolation.

APPLICATIONS

- Designed for use in OEM applications which require inexpensive current measurement.
- Designed to withstand motor start-up transients.

INPUT AC CURRENT	SENSOR SIZE	OPTIONAL OUTPUTS MODEL CT5-				
		0-1mA*	4-20mA	4-20mA**	0-10Vdc*	0-5Vdc*
0 to 1.0	N/A	001A	001E	001E2	ORDER 0-1mA UNIT WITH CONVERTER MODEL LRB-10000	ORDER 0-1mA UNIT WITH CONVERTER MODEL LRB-5000
0 to 5.0		005A	005E	005E2		
0 to 10.0		010A	010E	010E2		
0 to 20.0		020A	020E	020E2		

*0-1mA models are self-powered from measured line.

**4-20mA loop-powered models, (15-40Vdc).

Std. 4-20mA models require 85-135Vac instrument power.

Optional 220Vac instrument power-Add suffix "-22".

ORDERING INFORMATION

Example: 20 Amps ac. input with
4-20mA output.
CT5-020E

Transducer output is derived from the average absolute value of the input and calibrated in terms of the RMS value of the sine wave input.

MODEL CT5 SPECIFICATIONS

INPUT

CURRENT: See tables

FREQUENCY RANGE: 50 to 400 Hz.

BURDEN: 1.0VA F.S.

CURRENT OVERLOAD:

2 times full-scale rating (continuous), except 20A model.

20A model: 1.25 times full-scale rating.

50 times full-scale (1 Sec. transient).

DIELECTRIC TEST (Input/Output/Case): 1500Vac

OUTPUT

OUTPUT RIPPLE: Less than 1.0% F.S.

RESPONSE: 400 milliSeconds

OUTPUT LOADING (OHMS):

0-1mA: 0-10K

4-20mA: 0-1500

FIELD ADJUSTABLE CAL.: +/- 5%

ACCURACY +/- 0.25% F.S. @ 60Hz

Includes effects of linearity and setpoint.

± 0.5% F.S. over frequency range.

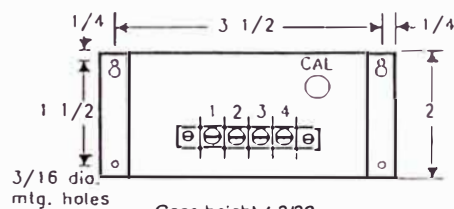
TEMPERATURE EFFECT (-20°C to 60°C): +/- 1.0% RDG.

INSTRUMENT POWER (STD. 4-20mA UNITS):

85-135Vac, 50-70 Hz.

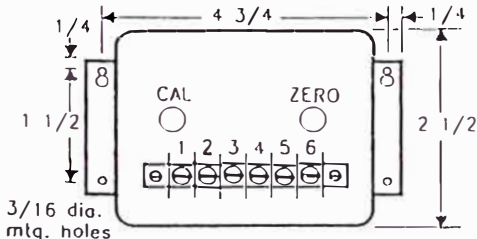
CASE DIMENSIONS

0-1mA OR LOOP PWRD. 4-20mA OUT



Case height 4 3/32

MODEL CT5 WITH 4-20mA OUTPUT

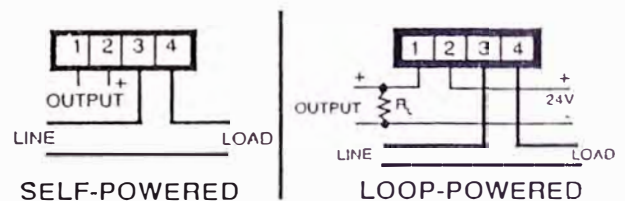


Case height 4 3/8

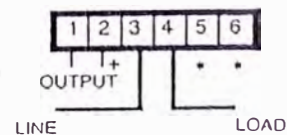
ALL DIMENSIONS IN INCHES

CONNECTION DIAGRAMS

0-1mA OR LOOP PWRD. 4-20mA OUT



MODEL CT5 WITH 4-20mA OUTPUT



* AC instrument power-terminals 5, 6.

MODEL CT5 WITH INTEGRAL SENSOR

4242 REYNOLDS DRIVE, HILLIARD, OHIO 43026-1264
PHONE: (614) 777-1005 FAX: (614) 777-4511
TO PLACE AN ORDER: 1-800-537-6732

OHIO SEMITRONICS, INC.



HIGH AC CURRENT TRANSDUCERS

MODEL CT5

MODELS WITH EXTERNAL CURRENT SENSOR

INPUT AC CURRENT	SENSOR SIZE	OPTIONAL OUTPUTS MODEL CT5-				
		0-1mA*	4-20mA	4-20mA**	0-10Vdc*	0-5Vdc*
0 to 25 †	W	025A	025E	025E2	ORDER 0-1mA UNIT WITH OSI CURRENT TO VOLTAGE CONVERTER MODEL LRB-10000	ORDER 0-1mA UNIT WITH OSI CURRENT TO VOLTAGE CONVERTER MODEL LRB-5000
0 to 50	W	050A	050E	050E2		
0 to 100	W	100A	100E	100E2		
0 to 200	W	200A	200E	200E2		
0 to 300	W	300A	300E	300E2		
0 to 400	X	400A	400E	400E2		
0 to 500	X	500A	500E	500E2		
0 to 600	X	600A	600E	600E2		
0 to 800	X	800A	800E	800E2		
0 to 1000	Y	1000A	1000E	1000E2		
0 to 1500	Y	1500A	1500E	1500E2		

*0-1mA models are self-powered from measured line.

**4-20 mA loop-powered unit, (15-40Vdc).

† Indicates two turns through transformer window.

Standard 4-20mA models require 85-135Vac instrument power.

Optional 220Vac instrument power-Add suffix "-22".

Current sensor dimensions shown on page 39.

HIGHER CURRENT RANGES AVAILABLE-CONSULT FACTORY

Transducer output is derived from the average absolute value of the input and calibrated in terms of the RMS value of the sine wave input.

AVAILABLE WITH UP TO THREE UNITS IN ONE CASE

ORDERING INFORMATION

Example: 200 Amp ac input with
4-20mA output:
CT5-200E

MODEL CT5 SPECIFICATIONS

INPUT

CURRENT: See tables

FREQUENCY RANGE: 50 to 400 Hz.

BURDEN: 1.0VA F.S.

CURRENT OVERLOAD:

2 times full-scale rating (continuous), except 20A model.

20A model: 1.25 times full-scale rating.

50 times full-scale (1 Sec. transient).

DIELECTRIC TEST (Input/Output/Case): 1500V

INSTRUMENT POWER : 85-135Vac, 50-70 Hz.

OUTPUT

OUTPUT RIPPLE: Less than 1.0% F.S.

RESPONSE: 400 milliSeconds

OUTPUT LOADING (OHMS):

0-1mA: 0-10K

4-20mA: 0-15G

FIELD ADJUSTABLE CAL.: +/- 5%

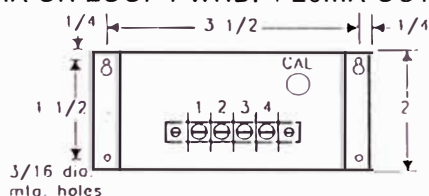
ACCURACY +/- 0.5% F.S.

Includes effects of linearity, frequency and setpoint.

TEMPERATURE EFFECT (-20°C to 60°C): +/- 1.0% RDG

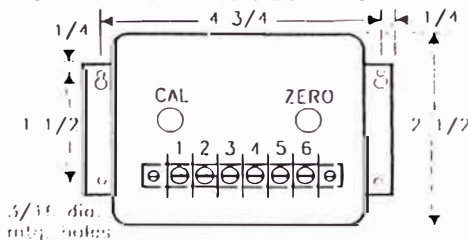
CASE DIMENSIONS

0-1mA OR LOOP PWRD. 4-20mA OUTPUT



Case height 4 3/32

MODEL CT5 WITH 4-20mA OUTPUT



Case height 4 3/32

ALL DIMENSIONS IN INCHES

CONNECTION DIAGRAMS

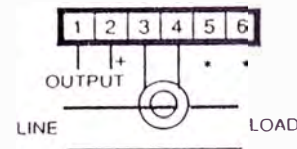
0-1mA OR LOOP PWRD. 4-20mA OUTPUT



SELF-POWERED

LOOP-POWERED

MODEL CT5 WITH 4-20mA OUTPUT



AC instrument power-terminals 5, 6.

† Indicates two turns through transformer window

MODEL CT5 WITH EXTERNAL SENSOR

4242 REYNOLDS DRIVE, HILLIARD, OHIO 43026-1264
PHONE (614) 777-1005 FAX (614) 777-4511
TO PLACE AN ORDER: 1-800-537-6732

OHIO SEMITRONICS, INC.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL MOTOR

- Marca : GEC Machines Limited
- Frame : D250M
- Potencia : 34 / 18.5 Kw
- Velocidad : 3,460 / 1,749 RPM
- Voltaje : 460 Vac
- Amperaje : 53 / 35 Amp
- Fases : 3
- Ciclos : 60 Hz
- Duty type : S2 15 minutos
- Clase de aislamiento : F
- Conexión : YY / Delta
- Factor de potencia : 0.9 / 0.75
- Torque de arranque : 120 % de plena carga
- Corriente de arranque : 600 % de plena carga
- Temperature rise : 100 ° C

ELEMENTOS DEL CONTROL ORIGINAL

ELEMENTO	N° PARTE
Pulsador de arranque	4397031
Pulsador de parada	4397032
Interruptor selector	4397041
Lámpara piloto	4397070
Lente blanca	3955008
Lente azul	3955008

INSTRUMENTOS

ELEMENTO	FABRICANTE	DESCRIPCIÓN
Amperímetro , A	Allen West	Tipo 72 , 0/100/600A , Rel : 100/5
Solicontrolador UCR1	Allen West	Tipo 3A , relación 300/5 , 120 V , Salida : UCR1, NO
Relé de calado SR1	P & B Gold	Tipo B , relación 300 / 5 , 120 V, Salida : SR1 , NC
Relé falla de fases PFR1	Donovan Ltd.	Tipo EEA Phasetec , 460 V Salida : PFR1 , NO
Amp. De Temp. TA1, TA2, TA3	MTE Ltd.	Tipo P72 , Entrada : 2 x 120 Ohm , Salida : TA1 , TA2, TA3

CONTACTORES , RELES

ELEMENTO	N° PARTE	DESCRIPCIÓN
Contactador principal	4141005	LSC , HS1 , HS2
Contactos auxiliares	4131013	LSC/1, 2, 3 ; HS1/ 1,2 ; HS2/ 1, 2, 3, 4
Relé de control	5156001	NVR, H, UCR2, TR1
Contactos aux. NO	4093002	H/1, 2, 3 ; NVR/1 ; UCR2/1,2 TR1/1
Contactos aux. NC	4093003	TR1/2
Relé temporizados	5155001	TDR1 , TDR2 , TDR3

ANEXO E

INDICE DE FALLAS DEL CONTROL DEL MOTOR DE ARRANQUE

- E.1 Cuadro comparativo de fallas de arranque**
- E.2 Gráfico comparativo del IFCMA mensualmente**
- E.3 Gráfico comparativo del IFCMA por turbinas**
- E.4 Cuadro de cantidad de paradas de bombeo**

CUADROS COMPARATIVOS DE FALLAS DE ARRANQUE PERIODO 1996 - 1997

1996

Arranques de turbina	Cantidad	Indice
Realizado	692	No aplicable
Arranques fallidos	220	0.32
Fallas de arranque	166	0.24
Fallas por ATO	26	0.04
Otros tipos de falla	28	0.04

1997

Arranques de turbina	Cantidad	Indice
Realizado	561	No aplicable
Arranque fallidos	121	0.22
Fallas de arranque	58	0.10
Fallas por ATO	34	0.06
Otros tipos de falla	29	0.05

CAUSAS DE FALLA DE ARRANQUE

1996

Causa	Cantidad	Indice
Ignición	80	0.12
No entra motor de arranque	63	0.09
Arranque lento	15	0.02
No sale de tope mínimo	8	0.01
TOTAL :	166	

IFCMA

CAUSAS DE FALLA DE ARRANQUE

1997

Causa	Cantidad	Indice
Ignición	7	0.01
No entra motor de arranque	19	0.03
Arranque lento	22	0.04
No sale de tope mínimo	10	0.02
TOTAL :	58	

IFCMA : Indice de fallas del control del motor de arranque

Figura 7.1

Gráfico comparativo del IFCMA mensualmente 1996 - 1997

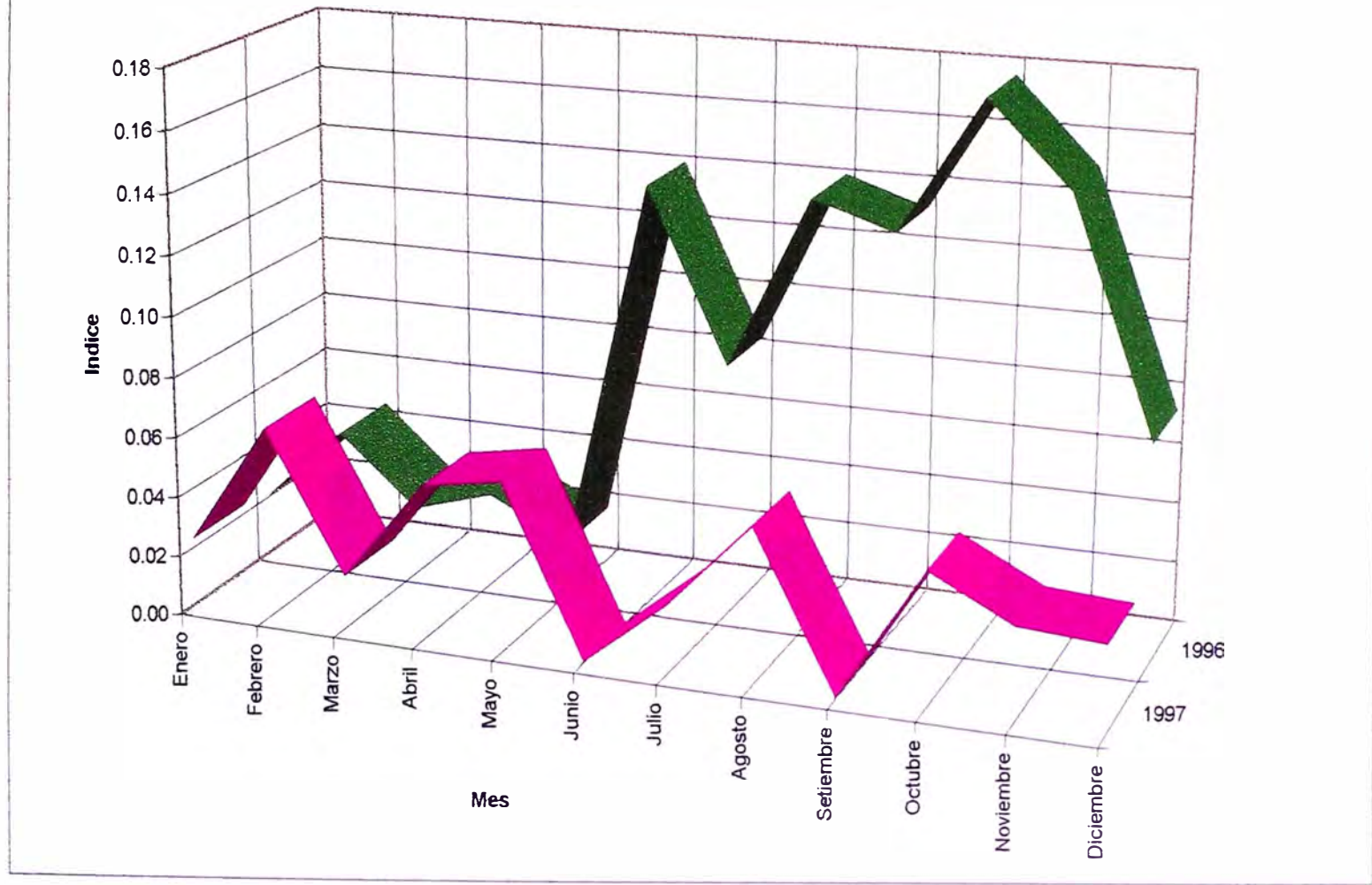


Figura 7.2

Gráfico comparativo del IFCMA por Turbinas 1996 -1997

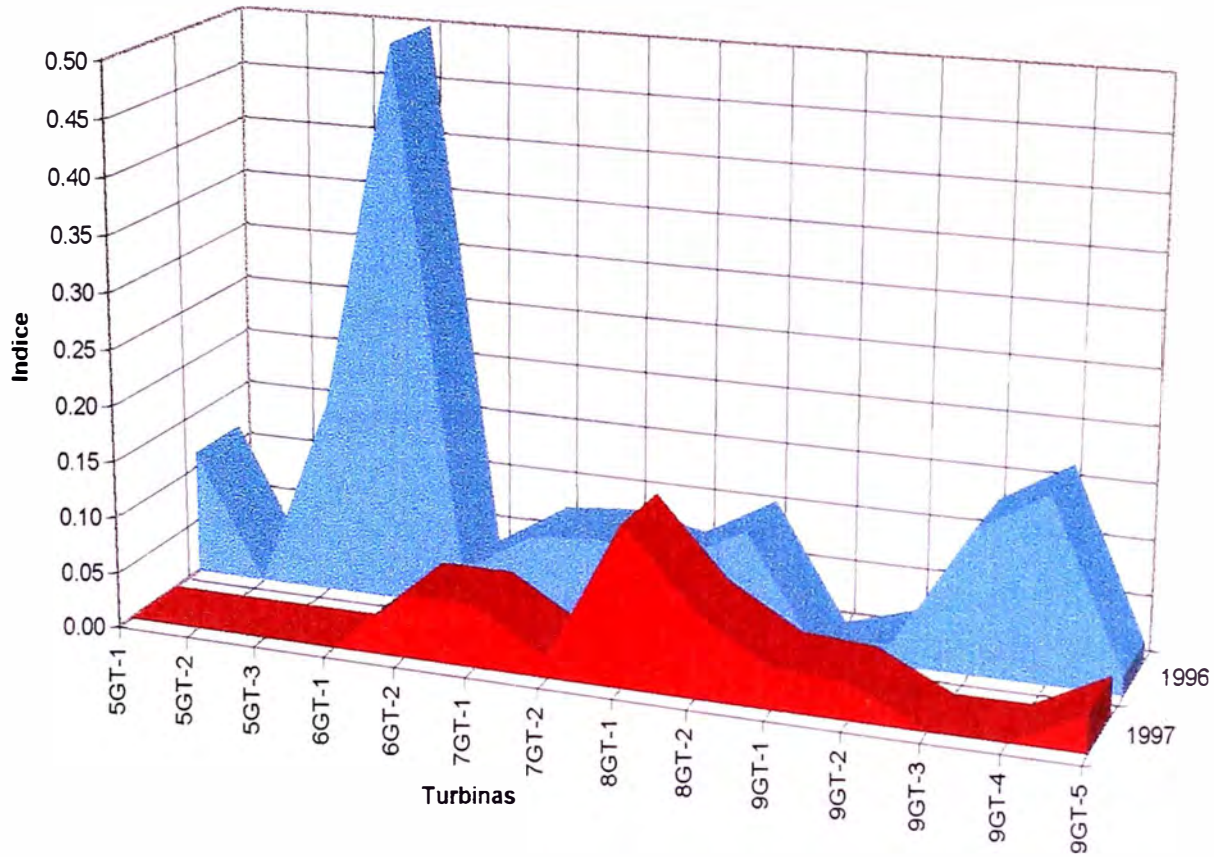


Figura 7.3

CANTIDAD DE PARADAS DE BOMBEO POR FALSA SEÑAL

PERIODO 1988 - 1997

Parada de bombeo por falsa señal	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	TOTAL
ATO	4	3	5	3	4	2	3	4	3	4	35
Falla de sello	1	2	1	0	1	0	0	0	1	1	7
Incendio	2	1	0	3	2	1	3	2	0	0	14
Alta temperatura de aceite	2	3	1	2	0	0	0	0	0	0	8
Alta temperatura de bomba	6	7	6	5	8	10	9	0	0	0	51
Alta presión de descarga	2	1	0	1	0	1	1	0	1	0	7
Alta vibración de bomba	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	5
Parada de emergencia	3	1	2	3	2	0	1	0	1	0	13
TOTAL FALLAS POR AÑO :	21	18	16	17	17	15	17	7	7	5	140

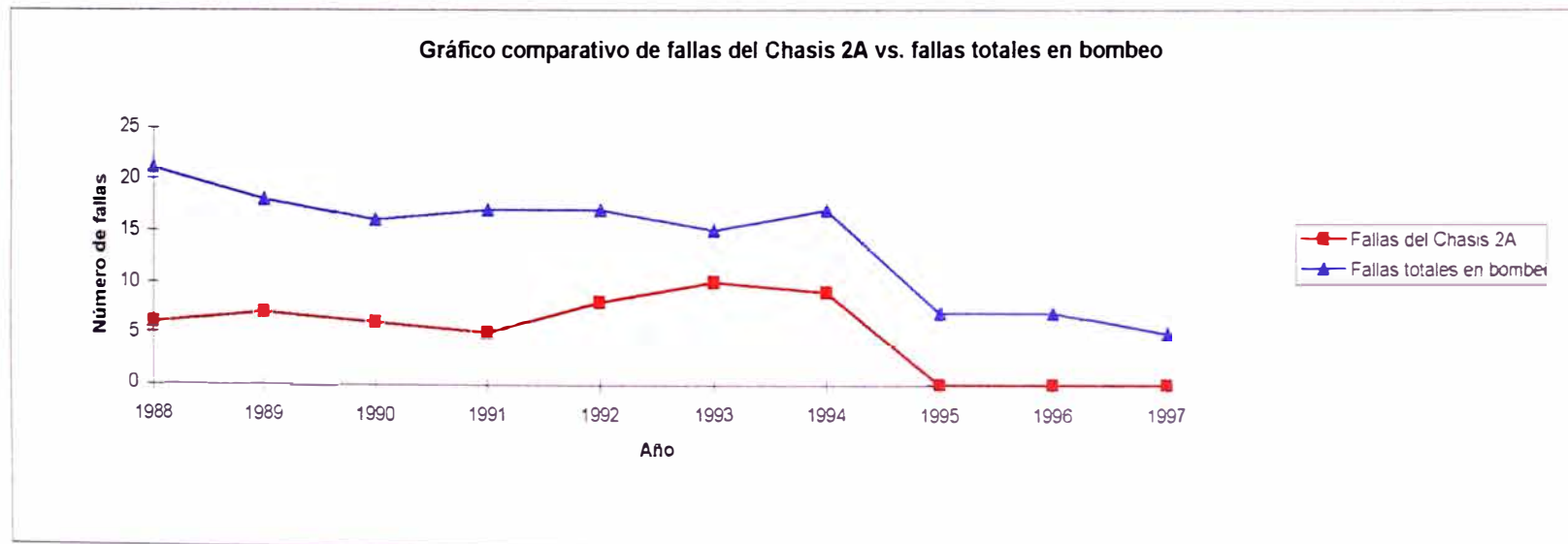


Figura 7.4

BIBLIOGRAFIA

1. Manual de servicio de la turbina Ruston TB - 4000 , EGT
2. Manual de instrucciones de bomba Bingham , Bingham - Willamette.
3. Applied Instrumentation in the Process Industries, W.G. Andrew. Gulf Publishing Company
4. The Temperature Handbook, volume 29, Omega, 1994
5. Temperature Sensors & Transmitters, Minco Products, Inc, 1995
6. Manual del autómata programable SIMATIC S5 - 100U, Siemens, 1992
7. Carpeta Institucional del Oleoducto, 1995